

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

Telekomunikazio-sare eta -zerbitzuak: Teoria

Maidier Huarte Arrayago
Purificación Sáiz Agustín
Iñaki Goirizelaia Ordorika

**EUSKARA ETA ELEANIZTASUNeko
ERREKTOREORDETZAREN SARE ARGITALPENA**

Liburu honek UPV/EHUko Euskara eta Eleaniztasuneko Errektoreordetzaren
dirulaguntza jaso du

Telekomunikazio-sare eta -zerbitzuak: Teoria

© 2011

Maider Huarte Arrayago, Purificación Sáiz Agustín eta Iñaki
Goirizelaia Ordorika

UPV/EHUko Euskara eta Eleaniztasuneko Errektoreordetzaren
sare-argitalpena

ISBN: 978-84-694-6323-9

HITZAURREA

Liburu hau Euskal Herriko Unibertsitateko (UPV/EHUko) irakasgai hauetan oinarrituta sortu da:

- “Telekomunikazio-sare eta -zerbitzuak”, 2001eko ikasketa-planetako Telekomunikazio Ingeniaritza Teknikoetako 2. mailan irakasten zena.
- “Telekomunikazio-sare eta -zerbitzuak I”, 1995eko ikasketa-planetako Telekomunikazio Ingeniaritzako 2. mailan irakasten zena.

Horrela izanik ere, antzeko materia lantzen duten beste unibertsitate-ikasketa edo ikasketa-plan berrietarako lagungarri izan daiteke.

Liburu honen helburua bikoitza da, aipatutako irakasgai horietako ikasleentzat (hortaz, ikasketarako) zein irakasleentzat (hots, irakaskuntzarako) lagungarri izatea. Horregatik, ikasgelan azaldutako kontzeptuen kontsultarako testu-liburutzat har daiteke. Kontzeptu horiek sei kapitulutan sailkatu dira, konplexutasunaren arabera:

- **1.- DATU-SAREAK:** *Telekomunikazio-sare* kontzeptuaren oinarriak aurkezten dira gai horretan (hots, elementu fisikoak, logikoak, egiturak eta teknologia garrantzitsuenak). Telekomunikazio-zerbitzuen definizio eta adibide esanguratsuak ere laburbiltzen dira, baita elkarrekin alderatu ere. Azkenik, beste kapituluetan hain garrantzitsuak diren OSI erreferentzia-eredua eta TCP/IP arkitekturak ere azaltzen dira.
- **2.- LOTURA-MAILA:** OSI erreferentzia-ereduko lotura-mailaren azterketa da gai hori, HDLC protokoloa oinarritzat hartuta.
- **3.- SARE-MAILA:** gaia OSI erreferentzia-ereduko sare-mailaren ingurukoa da, X.25 PLP eta IP protokoloen eskutik.
- **4.- LAN SAREAK:** LAN edo eremu lokaleko sareen beharrianak, IEEE erakundearen zehazpenak eta 802 protokoloak aztertzen dira.
- **5.- WAN SAREAK:** WAN edo eremu zabaleko sareen azterketarako gaia da, horietarako protokolo garrantzitsuenen osaera eta funtzionamendua azaltzen dituena.
- **6.- SARE-INTERKONEXIOA:** Telekomunikazio-sareen elkarlanerako beharrianen zehazpena, ekipamendu motak eta egokiena erosteko jarraitu beharreko metodologia irakasten dira.

Irakasgaiaren konplexutasuna dela eta, liburu honen lagungarri gisa ariketa-bilduma ere argitaratu dugu: *TELEKOMUNIKAZIO-SARE ETA -ZERBITZUAK: Ariketa ebatziak.*

AURKIBIDEA

1.- DATU-SAREAK	1
1.1.- KOMUNIKAZIO-SISTEMAK	1
1.1.1.- Sarrera	1
1.1.2.- Komunikazio-sareak eta haien funtzioak.....	2
1.1.3.- Komunikazio-sareek eskainitako zerbitzuak	2
1.1.3.1.- Telefonía-zerbitzua	2
1.1.3.2.- Irrati- eta telebista-hedapenerako zerbitzuak.....	3
1.1.3.3.- Posta elektronikoa	3
1.1.3.4.- WWW zerbitzua	3
1.1.3.5.- Eskaeraren araberako bideo-zerbitzua	4
1.1.3.6.- Audiokonferentzia	4
1.2.- MEZUEN, ZIRKUITUEN ETA PAKETEEN KOMMUTAZIOA	4
1.2.1.- Telegrafia-sarea eta mezuen kommutazioa	7
1.2.2.- Telefonía-sareak eta zirkuituen kommutazioa	7
1.2.2.1.- Zirkuituen kommutazio-teknologia	9
1.2.3.- Internet eta paketeen kommutazioa	13
1.2.3.1.- Terminal-sareak.....	13
1.2.3.2.- Konputagailu-konputagailu sareak.....	15
1.2.3.3.- Sare lokalak. Ethernet.....	15
1.2.3.4.- ARPANET	16
1.2.3.5.- Internet	17
1.2.3.6.- Paketeen kommutazio-teknologia.....	17
1.2.3.7.- Konexiorik gabeko pakete-kommutazioa: datagrama modua	19
1.2.3.8.- Konexioa darabilen pakete-kommutazioa: Zirkuitu birtual modua.....	20
1.2.4.- Kommutazio moten arteko aldeak.....	22
1.2.4.1.- Komunikazio-prozesua.....	22
1.2.4.2.- Ezaugarriak.....	24
1.3.- KOMUNIKAZIO-SAREEN EBOLUZIORAKO ERAGILE NAGUSIAK	24
1.4.- PROTOKOLO-ARKITEKTURA	25
1.4.1.- Arkitekturen beharra.....	25
1.4.2.- Kontzeptuen definizioak	25
1.4.2.1.- Interfaze eta zerbitzuak.....	26

AURKIBIDEA

1.4.2.2.- Zerbitzuetarako oinarrizko eragiketak.....	27
1.4.2.3.- Zerbitzu eta protokoloen arteko erlazioa.....	28
1.4.3.- OSI erreferentzia-eredua	28
1.4.3.1.- OSIren zazpi mailen printzipioak	29
1.4.3.2.- Datu-transmisioa, OSIri jarraituz.....	29
1.4.3.3.- Mailen deskribapena.....	31
1.4.4.- TCP/IP arkitektura.....	34
1.4.4.1.- TCP/IPren historia	34
1.4.4.2.- TCP/IP arkitekturaren mailak.....	34
1.4.5.- OSI eta TCP/IP arkitekturen arteko aldeak	36
1.5.- ESTANDARIZAZIO-ERAKUNDEAK	37
1.5.1.- Nazioarteko estandarrak	38
1.5.2.- Telekomunikazioen estandarizazioa	38
1.5.3.- Interneten estandarrak	38
2.- LOTURA-MAILA.....	41
2.1.- LOTURA-MAILAREN DESKRIBAPENA	41
2.1.1.- Tramen sorrera	41
2.1.2.- Fluxu-kontrola	42
2.1.3.- Erroreen tratamendua	42
2.1.3.1.- Erroreen detekziorako kodeak	42
2.1.3.2.- Erroreen zuzenketarako kodeak	45
2.1.4.- Loturaren kudeaketa	45
2.2.- LOTURA-MAILAKO PROTOKOLOAK	45
2.3.- HDLC.....	46
2.3.1.- Tramen egitura eta motak	47
2.3.2.- HDLCren funtzionamendua.....	51
2.3.2.1.- HDLC bertsioak	51
2.3.2.2.- Loturaren kudeaketa	52
2.3.2.3.- Datu-transferentzia	54
2.3.3.- Erabiltzailearekiko interfazea	61
2.4.- HDLCren ONDORENGOAK	62
2.4.1.- LAPB.....	62
2.4.2.- LAPD.....	63
2.4.3.- LLC	63

3.- SARE-MAILA	65
3.1.- SARE-MAILAREN FUNTZIONALITASUNA	65
3.2.- HELBIDE-EGITURAK	66
3.2.1.- OSI: NSAP Helbide-egitura	66
3.2.2.- TCP/IP: IP helbideratzea.....	68
3.3.- SARE-MAILAKO PROTOKOLOAK.....	69
3.3.1.- X.25 PLP	70
3.3.1.1.- X.25en paketeen formatua.....	72
3.3.1.2.- X.25-en funtzionamendua.....	75
3.3.1.3.- X.25 PLPren erabiltzailearekiko interfazea	87
3.3.1.4.- Terminalen sarbidea	87
3.3.2.- IP.....	88
3.3.2.1.- Sarrera.....	88
3.3.2.2.- IP paketeen formatua.....	89
3.3.2.3.- IPren funtzionamendua.....	92
3.3.3.- X.25 PLP eta IP protokoloak alderatzea.....	99
4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN).....	101
4.1.- SARRERA	101
4.1.1.- Eremu lokaleko sareen definizioa	101
4.1.2.- LANen abantaila eta desabantailak.....	101
4.1.3.- LANen aplikazioak	102
4.1.4.- LAN baten makina motak.....	103
4.2.- LAN SAREEN EZAUGARRIAK.....	104
4.2.1.- Transmisio-moduak.....	104
4.2.2.- Kontrol motak	105
4.2.3.- Transmisio-bitartekoak.....	105
4.2.4.- LAN sareetako topologiak	107
4.2.4.1.- Puntutik punturako moduko topologia.....	107
4.2.4.2.- Izar-topologia.....	108
4.2.4.3.- Bus-topologia.....	109
4.2.4.4.- Eratzun-topologia.....	109
4.3.- TRANSMISIO-BITARTEKOA PARTEKATZEKO METODOAK	110
4.3.1.- Kanal-banaketa dinamikoa: sarbide-teknika deterministikoak.....	112
4.3.1.1.- Lekukoa darabilen teknika	112

AURKIBIDEA

4.3.1.2.- Galdeketa-teknika.....	112
4.3.2.- Kanalaren banaketa dinamikoa: sarbide-teknika lehiakorrak	113
4.3.2.1.- ALOHA	113
4.3.2.2.- CSMA	114
4.4.- LAN PROTOKOLO-ARKITEKTURA	116
4.5.- ETHERNET SAREA. IEEE 802.3.....	117
4.5.1.- Protokolo fisikoa.....	118
4.5.2.- MAC protokoloa	120
4.6.- TOKEN BUS. IEEE 802.4.....	123
4.6.1.- Protokolo fisikoa.....	124
4.6.2.- MAC protokoloa	124
4.6.2.1.- 802.4 trama.....	125
4.6.2.2.- Lehentasunen kudeaketa.....	126
4.6.2.3.- Eratzun logikoaren mantentzea	126
4.7.- TOKEN RING. IEEE 802.5	127
4.7.1.- Protokolo fisikoa.....	128
4.7.2.- MAC protokoloa	129
4.7.2.1.- 802.5 trama.....	130
4.7.2.2.- Lehentasunen kudeaketa.....	131
4.7.2.3.- 802.5 eratzunaren mantentzea	132
4.8.- 802.3, 802.4 ETA 802.5 ARAUEN ALDERATZEA.....	133
4.9.- ABIADURA HANDIKO LAN SAREAK	135
4.9.1.- Switch Ethernet.....	135
4.9.2.- Fast Ethernet. IEEE 802.3u.....	136
4.9.3.- Gigabit Ethernet. IEEE 802.3z	137
4.9.4.- FDDI.....	137
4.9.5.- 100VG-AnyLAN.....	137
4.10.- KABLERIK GABEKO LAN SAREAK. IEEE 802.11	138
4.11.- MAC AZPIMAILAREN ERABILTZAILEAREKIKO INTERFAZEA.....	140
4.12.- LLC AZPIMAILA. IEEE 802.2.....	141
4.12.1.- Helbideratzea	141
4.12.2.- LLC-PDU formatua.....	141
4.12.3.- LLCren erabiltzailearekiko interfazea	142

4.13.- MAN SAREAK.....	143
5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN).....	145
5.1.- SARRERA	145
5.1.1.- WAN sareen jabetza	145
5.1.2.- Konexio motak	146
5.1.3.- Trafiko mota	146
5.1.4.- Sarearen zatiak	147
5.2.- X.25.....	147
5.3.- FRAME RELAY	148
5.3.1.- Protokoloen arkitektura	149
5.3.2.- Datu-tramaren formatua	151
5.3.3.- Prozedurak.....	153
5.3.3.1.- Konexioa ezartzea eta askatzea	153
5.3.3.2.- Datu-transferentzia	154
5.3.4.- LMI	157
5.4.- ISDN.....	157
5.4.1.- ISDN kontzeptua	157
5.4.1.1.- ISDNren historia	157
5.4.1.2.- ISDNren printzipioak.....	158
5.4.1.3.- Erabiltzailearen interfazea	158
5.4.1.4.- Helburuak	159
5.4.2.- Sarbide-sarearen egitura	160
5.4.2.1.- ISDN kanalak.....	160
5.4.2.2.- Transmisio-egiturak	161
5.4.2.3.- Talde funtzionalak eta erreferentzia-puntuak.....	162
5.4.3.- Protokolo-arkitektura	163
5.4.3.1.- Maila fisikoa	164
5.4.3.2.- Lotura-maila.....	164
5.4.3.3.- Sare-maila	165
5.4.4.- ISDN zerbitzuak	165
5.5.- ATM.....	166
5.5.1.- ATM erreferentzia-eredua	167
5.5.1.1.- Maila fisikoa	167
5.5.1.2.- ATM maila.....	168

AURKIBIDEA

5.5.1.3.- ATMra egokitzeko maila (AAL)	169
5.5.1.4.- Goiko mailak	172
5.5.2.- Trafiko- eta kongestio-kontrola	172
5.5.2.1.- Trafiko-kontrola	173
5.5.2.2.- Kongestio-kontrola	174
5.6.- INTERNET	174
5.6.1.- Ethernet eta IEEE 802 kapsulazioak	174
5.6.2.- SLIP	176
5.6.3.- Konprimatutako SLIP (CSLIP).....	177
5.6.4.- PPP	177
6.- SARE-INTERKONEXIOA	181
6.1.- SARRERA	181
6.2.- SARE-INTERKONEXIORAKO GAILUAK.....	183
6.2.1.- Maila fisikoko interkonexioa	183
6.2.1.1.- Errepikagailuak	184
6.2.1.2.- Hubak	185
6.2.2.- Lotura-mailako interkonexioa	185
6.2.2.1.- Bridgeak	187
6.2.2.2.- Switchak	189
6.2.3.- Sare-mailako interkonexioa.....	190
6.2.3.1.- Routerrak	194
6.2.4.- Maila gorenetaiko interkonexioa	195
6.2.4.1.- Gatewayak.....	195
6.3.- INTERKONEXIO-BEHARRIZANEN AZTERKETA.....	195
6.3.1.- Eroslearen beharrizanen azterketa	195
6.3.2.- Erosketa-prozesuaren faktore garrantzitsuak.....	197

1.- DATU-SAREAK

guztiek ondo ezagutu eta bete beharko dituzte. Horrela, alde batean, informazioa kodetzea eta transmititzea posible da, eta, bestean, informazio hori hartzea eta interpretatzea. Arau horien multzoari **protokolo** deritzo.

1.1.2.- Komunikazio-sareak eta haien funtzioak

Telekomunikazio-sare bat da puntu geografiko urrunetan dauden erabiltzaileen arteko informazio-trukerako gailu eta erraztasun multzoa. Horrela, komunikazio-sistema sinple batekin nahikoa ez denean (muturretako sistemen arteko urruntasunagatik, edo helmuga bat baino gehiago hautatzeko aukera eduki nahi denean), komunikazio-sare bat behar da.

Komunikazio-sareetan bi motatako baliabideak erabiltzen dira, **transmisio-sistemak** eta **kommutazio-sistemak**. Transmisio-sistemak osatzen dituzte transmisio-bitartekoek (kablea, irratia edo zuntz optikoa) eta horiek modu egokian erabiltzeko gailuek (multiplexadoreek, adibidez). Kommutazio-sistemak, berriz, kommutazio-nodo izeneko makinek. Guztien artean, sarearen erabiltzaileak (jatorriak eta helmugak) elkarrekin komunikatzea lortzen da.

Sarearen funtzionamenduak baliabide horiek modu egokian erabiltzea ziurtatu behar du, edozein egoeratan. Horrela, informazio-fluxu egoki bat ziurtatzeko, beharrezkoa da sare osoan trafikoa kontrolatzea. Trafiko-igoerengatik edo gailuren baten matxuragatik sarea lanez gainezka badago (hau da, *kongestionatuta*), sareak kongestio-kontrolerako mekanismoak erabili beharko ditu. Komunikazio-sareek, beraz, funtzionamendu egokia ziurtatzeko mekanismoak ere beharrezko dituzte. Mekanismo horien multzoari **sare-kudeaketa** deritzo. Mekanismo horien eginkizun zehatzak hauek lirateke:

- Sareko baliabideak jagotea.
- Okerrak detektatzea eta zuzentzea.
- Baliabideak konfiguratzea: modu jakin batean lan egiteko prestatzea.
- Fakturazio-informazioa mantentzea.
- Saretik dabilen informazioaren segurtasuna ziurtatzea.

1.1.3.- Komunikazio-sareek eskainitako zerbitzuak

1.1.3.1.- Telefonia-zerbitzua

Bi pertsona elkarrekin komunikatzea ahalbidetzen du, haien ahotsa aldi berean sare baten bitartez transmitituz. Teknikoki hitz eginda, esaten da *denbora errealeko* zerbitzu bat dela; hau da, aurrez aurreko elkarrizketa batean bezala aritu ahal

1.- DATU-SAREAK

izateko, beharrezkoa da seinalearen garraioan gertatzen diren atzerapenak oso txikiak eta konstanteak izatea. Zerbitzua ziurra izatea eta beti prest egotea ere beharrezkoak dira.

Gaur egun, telefonia-operadoreek, oinarrizko deiez gainera, zerbitzu gehigarriak ere eskaintzen dituzte.

Telefonia mugikorreko zerbitzuak telefonia-zerbitzu arrunta erabiltzaile mugikorretara zabaltzen du. Zerbitzu horrek irratia erabiltzen du transmisio-sistema modura, eta horrek diseinuan hartu beharreko hainbat konpromiso ezartzen ditu.

1.1.3.2.- Irrati- eta telebista-hedapenerako zerbitzuak

Irrati- eta telebista-hedapenerako zerbitzuak zerbitzurik erabilienak dira, segur aski. Zerbitzu horietan, hainbat estaziok seinale multzo bat transmititzen dute aldi berean, kableak edo irradi bidezko banaketa-sareak erabiliz, eta helmugak eremu batean kokatuta dauden telebista edo irradi-terminal gehienak dira (ez dago helmuga konkretu bat). Kanala aukeratzeaz gainera, erabiltzaileak ez du ezer egiten. Audio eta bideo aldetik, kalitate ona espero da. Teknikoki, *denbora diferituko* zerbitzu bat dela esaten da; hau da, denbora errealean baino atzerapen handiagoak izan ditzake, konstanteak mantentzen diren bitartean.

1.1.3.3.- Posta elektronikoa

Zerbitzu honen erabiltzaileak testu-mezu bat eta helmugaren helbidea ematen dizkio posta elektronikoko aplikazioari. Aplikazioak posta-zerbitzari batekin egiten du lan. Mezua konputagailu-sare baten bidez iristen da helmugako posta-zerbitzariraino. Helmugako erabiltzaileak, posta-aplikazio batekin, bere posta-zerbitzaritik eskuratzen du mezua, eta azkenik, bistaratzen.

Ez da denbora-menpeko zerbitzu bat.

Zerbitzu honek fidagarritasun handia eskatzen du, mezua errorerik gabe eta helmuga egokian jaso behar baita.

1.1.3.4.- WWW zerbitzua

Telekomunikazio-zerbitzu mota batzuk, bezero/zerbitzari moduko aplikazioekin gauzatzen dira. WWW zerbitzua mota horretakoa da.

WWW zerbitzuak Interneteko konputagailuetako dokumentuetarako sarbide bat eskaintzen du. Dokumentu horiek testuak, grafikoak edo beste mota batzuetakoak izan daitezke, eta elkarrekin loturik daude haietan agertzen diren estekei esker. WWW zerbitzua *browser* (nabigatzaile) erako aplikazio baten bidez erabiltzen da. Hor, erabiltzaileak eskatutako dokumentuak ikusten dira, eta beste dokumentu

1.- DATU-SAREAK

batzuk lor daitezke loturetan klik eginez. Lotura bakoitzak URL (Uniform Resource Locator) deiturikoa pasatzen dio nabigatzaileari. URLak dokumentua dagoen makinaren izena, makinaren barruko kokapena eta fitxategiaren izena zehazten ditu.

Hau ere ez da denbora-menpeko zerbitzu bat.

1.1.3.5.- Eskaeraren araberako bideo-zerbitzua

Beste zerbitzu interaktibo mota bat da. Bideoklub batean bezala, erabiltzaileak bideo-liburutegi baterako sarrera dauka, eta hainbat kontrol-funtzio ere erabil ditzake, etxeko bideoan daudenen antzekoak.

Bideo-seinaleak informazio kopuru oso handia du.

Denbora diferituko zerbitzua da. Seinale-atzerapenak izan ditzake, kontrol-funtzioak ondo dabilzan bitartean.

1.1.3.6.- Audiokonferentzia

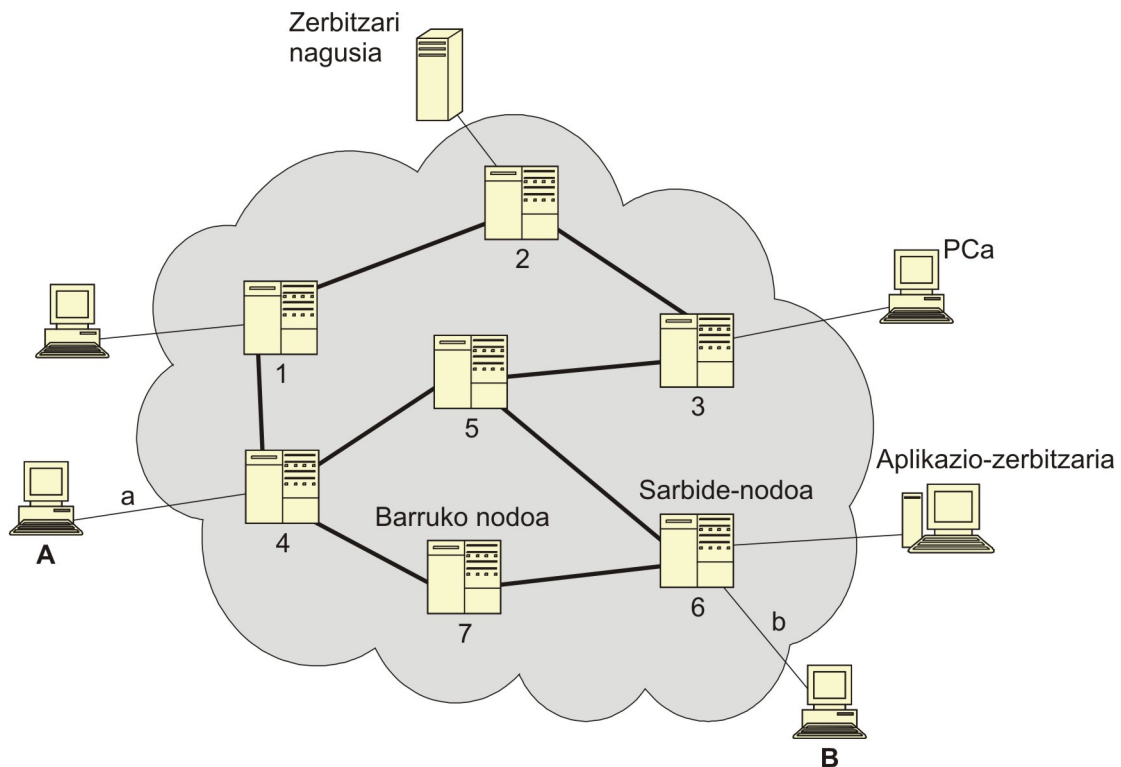
Zerbitzu interaktibo bat da, eta bertan bi erabiltzailek baino gehiagok har dezakete parte, ahots-seinaleak trukatur. Telefonia-zerbitzuaren beharrez gainera, parte-hartzaile guztiei konexioa eman behar die, eta ahots-seinale guztiak konbinatu, elkarrizketa arrunt bat emulatzeko.

Denbora errealeko zerbitzua da.

1.2.- MEZUEN, ZIRKUITUEN ETA PAKETEEN KOMMUTAZIOA

Irudi honetan, komunikazio-sare bat irudikatu da, transmisio-sistema eta konmutazio-sistemekin:

1.- DATU-SAREAK



2. irudia. Komunikazio-sarea.

Transmisio-sistemak bi motatakoak dira, sarean betetzen duten lanaren arabera:

- **Sarbiderako transmisio-sistemak.** Erabiltzailearen terminal bat komunikazio-sarearekin lotzen duten transmisio-sistemak dira. Bakoitza bere erabiltzailearen komunikazioetarako **bakarrik** erabiltzen da. Aurreko irudian, a eta b letrekin adierazitako lerroak adibidez, A eta B terminalen sarbiderako transmisio-sistemak dira. Sarbiderako transmisio-sistemek **sarbide-sarea** osatzen dutela esaten da.
- **Garraiorako transmisio-sistemak.** Komunikazio-sare barruko kommutagailuak elkarrekin konektatzen dituzten transmisio-sistemak dira. Horietako bakoitzetik, erabiltzaile **baten baino gehiagoren** komunikazioetako informazioa garraia daiteke, ez beti bakar batena. Aurreko irudian, marra lodiz marraztutako lerroak dira garraiorako transmisio-sistemak.

Kommutazio-sistema eratzen duten kommutazio-nodoak ere bi motatakoak dira:

- **Sarbide-nodoak.** Sareko beste nodoekin garraiorako transmisio-sistema batez konektaturik egoteaz gainera, sarbiderako transmisio-sistemekin erabiltzaile-terminaletara konektatuta dauden nodoak dira. Horregatik, sare barruan informazioa kommutatzeaz gainera, terminaletatik edo terminaletara doan informazioaren kommutazioa ere egiten dute. Aurreko irudian, 1, 2, 3, 4 eta 6 nodoak sarbide-nodoak dira.
- **Barruko nodoak.** Sareko beste nodoekin garraiorako transmisio-sistemen bitartez konektaturik dauden nodoak dira. Haien eginkizuna, beraz, sare barruan

1.- DATU-SAREAK

informazioa kommutatzea izango da. Aurreko irudian, 5 eta 7 nodoak dira barruko nodoak.

Kommutazio-sistemak eratzen dituzten nodoak hainbat topologiari jarraituz egon daitezke konektatuta.

Kommutazio-sistemek eta garraiorako transmisio-sistemek **garraiorako kommutazio-sarea** osatzen dutela esaten da. Komunikazio-sare bat, beraz, bi zatitan banatzen da, sarbide-sarea eta garraiorako kommutazio-sarea.

Komunikazio-sarearen erabiltzaileek dituzten terminalak hainbat motatakoak izan daitezke; betiere sarbide-sarearen espezifikazioak bete behar dituzte.

Kommutazio-nodoetan, hara iristen diren datuen **kommutazioa** gertatzen da. Kommutazioa da portu jakin batetik iristen dena beste portu jakin batetik ateratzea. Nodo baten portuak zerak dira, nodo hori beste nodo edo terminalekin konektatzen duten transmisio-sistemak lotzeko hardwareko elementuak (ateak edo ahoak). Kommutazioa egin ahal izateko, datuak zein portutatik atera behar diren jakin behar da. Ezagutza hori datuen helmugaren arabera hartutako **erabakiaren ondorioa** izango da; horrela, kommutazioa baino lehen **bideratzea** (erabakia hartzea) egiten dela esaten da.

Garraiorako kommutazio-sarearen arkitektura diseinatzerakoan, badira bideratze-prozesuan eragina duten bi baldintza:

- **Eraginkortasuna.** Garraiorako kommutazio-sarearen osagaiak (kommutazio-nodoak eta garraiorako transmisio-sistemak) ahalik eta gutxienak izan behar dute, espero den lan-karga guztia jasan behar dutela kontuan harturik. Hau da, espero den lan-karga ahalik eta kostu txikienarekin jasan behar da.
- **Malgutasuna.** Gerta daiteke sareko kommutagailuren batek edo garraiorako transmisio-sistemaren batek huts egitea. Egoera horietan ere, zerbitzu-maila onargarria emateko, sareak malgua izan behar du.

Sarearen diseinuaren oinarria eraginkortasunaren eta malgutasunaren artean oreka aurkitzean datza.

Bestalde, terminal batetik beste terminal batera komunikazio-sare baten bidez mezu bat bidali nahi denean, mezu horretan hiru denbora mota neur daitezke:

- **Nodoaren atzerapen-denbora.** Sareko nodo batean, datuak iristen zaizkionetik dagokien portutik ateratzen diren arte pasatzen den denbora; nodo barruan izan beharreko prozesamenduaren arabera da.
- **Txertatze-denbora.** Mezu batek oso-osorik portutik ateratzen ematen duen denbora. Portuan lotutako transmisio-sistemaren abiaduraren eta mezuaren tamainaren arabera da.

1.- DATU-SAREAK

Adibidea:

Nodo biren artean 10 kb/s-ko transmisio-sistema bat badugu; horrek esan nahi du bertan 10.000 biteko mezu oso bat jartzeko txertatze-denbora segundo bat izango dela.

- **Hedapen-atzerapena.** Seinale batek ingurune fisiko batean hedatzeagatik jasaten duen denbora-atzerapena da.

Komunikazio-sare bat hainbat teknologiatakoa izan daiteke. Gaur egun gehien erabiltzen diren komunikazio-teknologiak hauek dira: zirkuituen kommutazioa eta paketeen kommutazioa.

Hala ere, bi teknologia horien aurretik, beste teknologia bat izan zen, lehen komunikazio-sareetan erabili zena: mezuen kommutazio-teknologia.

1.2.1.- Telegrafia-sarea eta mezuen kommutazioa

Telegrafian, testu-mezuak urrutira bidaltzen dira. Morseren sistema telegrafikoa (puntuak eta marrak) gaur egungo transmisio digitaleko sistemen aurrekaria izan zen. Sistema digitaletan, seinale bitarrak (0 eta 1) erabiltzen dira, eta informazio guztia digitalizatu behar da.

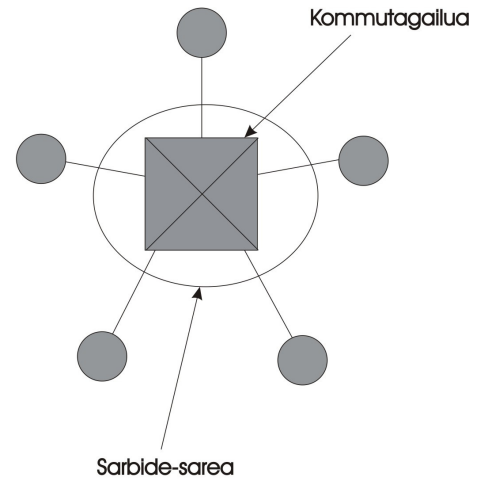
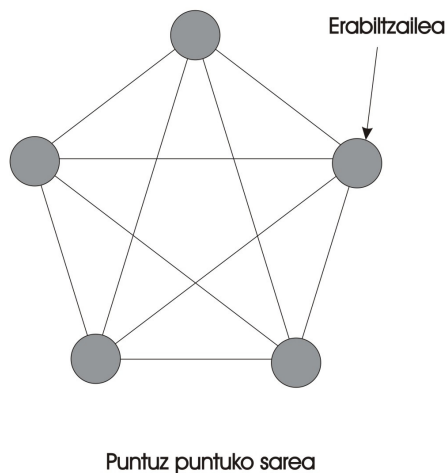
Telegrafiak estazio telegrafikoetako sareak ezartzea ekarri zuen. Sare horietan, kommutaziorako estazio telegrafiko bakoitzera iristen zen mezu bakoitzeko, giza operadoreak bideratze- eta kommutatze-lanak egiten zituen, helbidearen arabera. Mezua irteerako kablea libre egon arte gorde behar zen, gero transmititu ahal izateko. Sare horren funtzionamendua, beraz, **mezuen kommutazio** erakoa zen.

1.2.2.- Telefonia-sareak eta zirkuituen kommutazioa

Telefonia-sarea telefoniako oinarrizko zerbitzua eskaintzeko garatu zen.

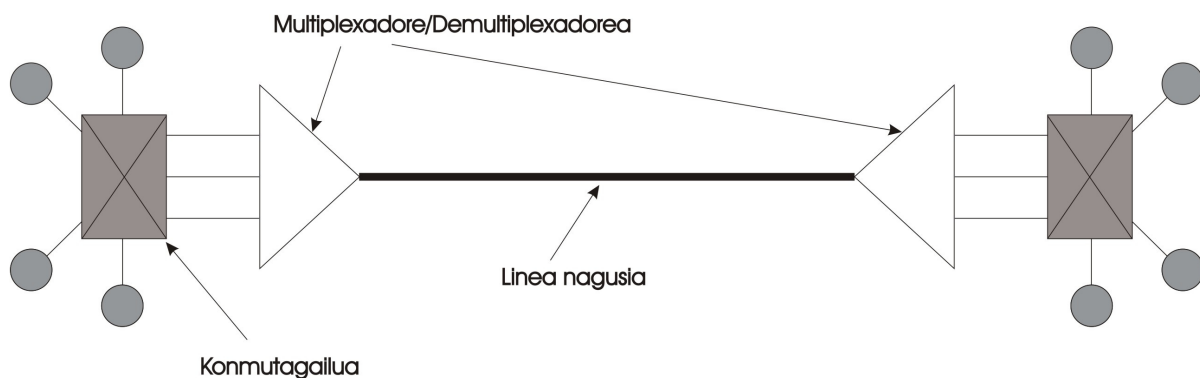
Lehen telefono-komunikazioak erabiltzaile-bikoteen artean kable analogikoak jarritz egin ziren. Berehala ikusi zen horrelako topologia (puntu-puntu sarea) oso garestia zela. N erabiltzaile egonik, $N*(N-1)$ kable beharko lirateke konexio osoa lortzeko, eta hori kable asko dira N handia denean. Horregatik, hiri bateko erabiltzaileen artean komunikatu ahal izateko, kommutazio-nodoak sartu ziren; banagune deitu zirenak. Irudi honetan agertzen dira aipatutako bi egoeretako topologiak.

1.- DATU-SAREAK



3. irudia. Kommutagailu batekin gauzatutako konexioa.

Aurrerago, hiri ezberdinetako erabiltzaileen artean komunikazioa lortzeko, eskualdeko sareak sortu ziren, irudi honetan agertu bezala:



4. irudia. Eskualdeko sarea.

Eskualdeko sare horietan, “linea nagusi” izeneko garraiorako transmisio-sistema sartu zen. Bertan hainbat elkarrizketetako informazioa garraiatzen zen multiplexazio-teknika baten bitartez. Teknika hori gauzatzeko, nagusiaren bi muturretan multiplexadoreak/demultiplexadoreak zeuden. Telefonia-sare horiek, beraz, jada bazituzten sarbiderako eta garraiorako zatiak.

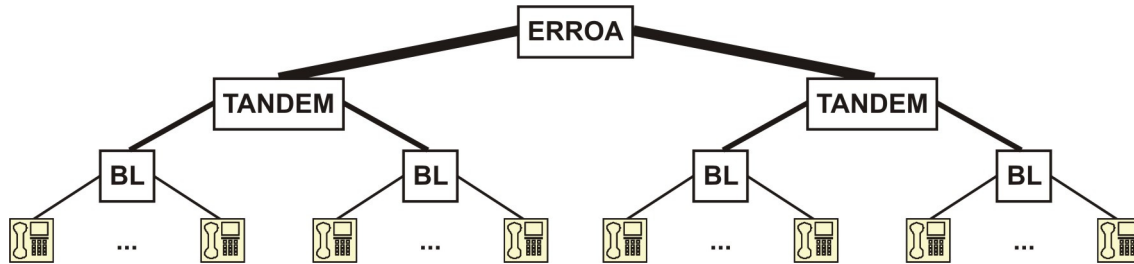
Gaur egun, telefonia-sare guztiak transmisio digitalean eta konputagailuetan oinarritzen dira. Transmisio-sistema digitalek ahotsa kostu baxuagoan transmititzen dute.

Telefonia-sareen digitalizazioa ez zen aldi berean osorik gertatu; lehen pausoa transmisio-sistema digitalak jartzea izan zen, baina kommutagailu analogikoak erabiltzen jarraituz. Kommutagailu analogikoetan, analogiko/digital aldaketak egiteko gailuak gehitu behar izan ziren. Transmisio-sistema digitalak hedatu ahala, kommutagailu analogikoak kommutagailu digitalekin ordeztzea errentagarria suertatu zen.

Gaur egun, telefonia-zerbitzuko erabiltzaileak, sarbide-sare baten bitartez, “**banagune lokal**” kommutagailura (BLra) konektatuak daude. Kommutagailu

1.- DATU-SAREAK

horiek, linea nagusi azkarragoekin, elkarrekin konektatuak daude **Tandem** izeneko kommutagailuen bitartez. Tandem kommutagailuak maila altuagoko kommutagailuen bitartez konektatzen dira elkarrekin. Konexio horien guztien ondorioz, gaur egungo telefonia-sareen topologia **zuhaitz hierarkikoa** da.



5. irudia. Telefoniako sare-topologia hierarkikoa.

Telefonia-zerbitzuan, helbideratze-sistema hamartarra eta hierarkikoa erabiltzen da. Telefono bakoitzaren helbidea zenbaki bakun bat da. Zenbaki horietan, zenbait zifra multzo daude, eta bakoitzak eremu geografiko bat zehazten du.

Lehen giza operadoreek egiten zuten lana, gaur egun, konputagailuek egiten dute. Gainera, konputagailuen erabilerak **seinaleztatze-sare** bat ere sortzea ahalbidetu du. Seinaleztatze-sare hori telefoniako oinarritzko zerbitzua ematen duen saretik (oinarritzko telefonia-saretik) bananduta dago, eta kommutagailuen artean sarea mantentzeko beharrezkoa den informazioa bidaltzeko erabiltzen da. Kudeaketa-funtzioak inplementatzen dira, beraz, seinaleztatze-sare paralelo horretatik.

1970eko hamarkadaren hasieran, telefonia-konpainiek pentsatu zuten seinaleztatze-sarea eta konputagailuak zerbitzu gehigarriak eskaintzeko erabiltzea.

Telefonia-sareetan bezala, hainbat komunikazio-saretan, beharrezkoa da **konexioa ezartzea informazio-transferentzia egin ahal izateko**. Sare horiek **konexioan oinarritutako zerbitzua** ematen dutela esaten da. Telefonia-zerbitzuaren kasuan, gainera, ezartzen den konexioa fisikoa da muturretik muturrera (terminal batetik bestera). Muturretik muturrerainoko konexio fisikoa ezartzeak dakarren transferentzia-teknologiari **zirkuituen kommutazioa** deritza.

1.2.2.1.- Zirkuituen kommutazio-teknologia

Zirkuituen kommutazio-teknologian, bi terminalen arteko komunikazioa horretarako sortutako bide fisiko batetik gauzatzen da. Bide horri zirkuitu deritza, eta nodoen arteko **transmisio-sistemako kanal fisikoen sekuentzia** bat izango da.

MULTIPLEXAZIOA

Transmisio-sistema bakoitzean, bertatik pasatzen den komunikazio bakoitzerako kanal fisiko bat erreserbatzen da. Kanalak multiplexazioa eginez lortzen dira; Zirkuituen kommutazioan, bi multiplexazio mota erabiltzen dira:

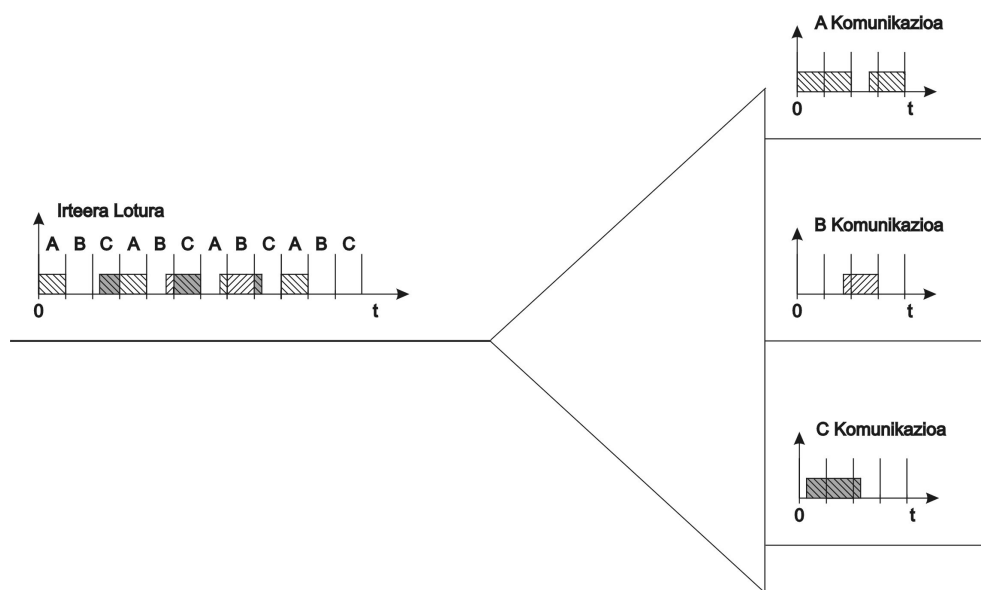
1.- DATU-SAREAK

- **Denbora-zatiketa bidezko multiplexazioa (TDM).** Denbora txandakatu egiten da multiplexazio mota honetan. Denbora-txanda bakoitza kanal bat dela jotzen da, eta bertan, dagokion komunikazioko seinaleak transmititzen dira. Txanda guztiek iraupen berdina dute, eta komunikazio guztienak pasatu ondoren, berriro hasten da prozesua. Denbora-txanda horiek oso txikiak izaten dira, eta horrela, gizakioi kanal guztiak batera transmititzen direla iruditzen zaigu.

Gerta daiteke une jakin batean kanal batek isilunea edukitzea. Multiplexazio mota honetan, kanalari dagokion denbora-txanda errespetatu behar da. Hori gertatzean, kanal baliabideak alferrik galtzen ari dira.

Adibidea

3 komunikazioren TDM multiplexazioa



- **Maiztasun-zatiketa bidezko multiplexazioa (FDM).** Seinaleak transmititzeko erabiltzen den maiztasun-espektroa zatitzen da multiplexazio mota honetan. Horrela, espektro zati bakoitza kanal bat da, eta bakoitzean, dagokion komunikazioren seinaleak transmititzen dira. Une berean, beraz, hainbat komunikazio gertatzen dira transmisio-sisteman, bakoitza dagokion kanalean (maiztasun zatian).

Kasu honetan ere, gerta daiteke komunikazio batean isiluneak egotea. Multiplexazio mota honetan ere, hori errespetatu behar da. Kasu honetan ere, kanal-baliabideak alferrik galtzen dira.

ZIRKUITUEN BIDEZKO KOMUNIKAZIOA

Zirkuituen konmutazio-teknologian, komunikazioa hiru fasetan gertatzen da:

- **Zirkuitu-ezarpeneko fasea.** Komunikatu nahi diren terminalen artean, elkarri bidali nahi dizkieten datuak transmititu baino lehen, komunikazioren muturretik

1.- DATU-SAREAK

muturrerainoko zirkuitu bat ezarri behar da. Zirkuitu hori lehen fase honetan ezartzen da

Seinale edo datu berezi batzuk bidaliz ezartzen da zirkuitua. Komunikazioa ezarri nahi duen terminalak bere sarbide-nodoari horren berri eman behar dio. Horretarako, ezarpen-eskaerako seinale bat bidaltzen dio sarbide-nodoari, zirkuitua norekin ezarri nahi duen adieraziz. Zirkuituaren lehen kanal fisikoa, beraz, jatorriko terminalaren eta beraren sarbide-nodoaren artekoa da.

Sarbide-nodoak erabaki behar du zirkuituaren hurrengo kanala zer lotura fisikotan gertatuko den. Horri, **bideratzea** deritzo. Bideratze-erabaki hori helmugako terminalaren kokapenaren arabera hartu beharko da, baina bide batetik baino gehiagotatik iristea posible denean, irizpide ezberdinak erabiliko dira.

Bideratze-erabakia hartzearen ondorioz, irteerako lotura fisikoan beharrezko baliabide fisikoak erreserbatzen dira; haien artean, kanala. Multiplexazioa TDM erakoa bada, komunikazio horretarako denbora-txanda bat erreserbatzen da; FDM erakoen kasuan, maiztasun-espektroaren zati bat erreserbatuko da. Edozein kasutan, zirkuituen konmutazioan erreserbatutako kanalak fisikoak dira.

Irteerako kanal erreserbatu berri horretatik, hurrengo nodoari ezarpen-eskaerako seinalea bidaliko zaio ondoren, seinalearen konmutazioa gauzatu. Horrela, hurrengo nodoak terminal biren artean zirkuitu fisiko bat ezarri nahi dela jakingo du, eta bideratze- eta konmutazio-prozesuak egingo ditu.

Azkenik, ezarpen-eskaerako seinalea helmugako terminalera iritsiko da. Helmugako terminalean komunikazioa onartzen bada, jatorrirako noranzkoan onarpen-seinalea bidaliko da, eta zirkuitua ezarririk geratuko da. Zirkuituaren bideko lotura guztietan erreserbatutako baliabideak komunikazio horretarako egongo dira erreserbatuak une horretatik aurrera, eta ezingo dira beste ezertarako erabili komunikazioak dirauen bitartean.

Helmugako terminalak komunikaziorik onartzen ez badu, ezeztapen-seinale bat bidaliko du zirkuituaren bidetik atzera (onarpen-seinalearen ordeztu), eta loturetan erreserbatutako baliabideak askatu egingo dira, beste zirkuitu batean erabiliak izan ahal izateko.

Adibidea

Demagun aurreko 2. irudian A terminalak B terminalarekin komunikatu nahi duela.

Zirkuitu fisiko ezartzeko, A terminalak bere sarbide-nodoari zirkuitua ezartzeko eskaera bidaltzen dio, zirkuitua B terminalarekin ezarri nahi duela adieraziz.

4 nodoak, zirkuitua ezartzeko, B terminalera doan bideko hurrengo nodoari adierazi behar dio B terminaleraino zirkuitu fisiko bat ezarri nahi dela. 4 nodo horrek, lau lotura ditu; zirkuitua haietako zeinetatik ezarriko den erabakitze, bideratze-informazioaz gainera, loturen erabilgarritasuna eta ere kostua har ditzake kontuan.

Horrela, zirkuitu fisiko 5 nodoaren bitartez ezartzea erabaki dezake, nodo horri dagozkion ezarpen-eskaerako seinaleak bidaliz.

Azkenik, zirkuitua ezartzeko prozesua B terminaleraino iritsiko da. B terminalak komunikazioa onartzen badu, zirkuitua ezarrita geratuko da. Bestela, zirkuitua ez da ezarriko, eta komunikaziorik ez da izango.

1.- DATU-SAREAK

- **Datu-transferentziako fasea.** Behin zirkuitu fisikoa ezarrita egonik, komunikazioaren muturreko terminalen artean informazioa transmiti daiteke. Datuak analogikoak edo digitalak izan daitezke. Gaur egun, digitalak izaten dira gehienbat.
- **Zirkuitu-askapeneko fasea.** Komunikazioaren muturreko terminalerako edozeinek komunikazioa amaitzea erabakitzen badu, bien artean ezarritako zirkuitua askatu beharko da

Horretarako, zirkuitu-ezarpeneko fasean gertatzen zen modura, seinale berezi bat bidali beharko da. Seinale horiek zirkuitua askatzeko seinaleak izango dira, eta zirkuituaren bideko lotura batetik bestera pasatuz joango dira, loturretan zirkuitua desagertu (askatu) ahala. Lotura jakin batean zirkuitua askatzeak zera dakar: seinalea jaso duen nodoak zirkuitu horretarako erreserbatuak zituen baliabideak (kanala, memoria,...) dagoeneko erreserbatuak ez daudela jotzea.

EZAUGARRIAK

Zirkuituen konmutazio-teknologia ez da oso eraginkorra izaten, erabiltzen duen multiplexazio motak direla eta. Azken batean, lotura fisiko batean zirkuitu bati dagokion kanala komunikazioak dirauen denbora guztian dago erreserbatuta, baita isiluneetan ere, dagozkion baliabideak ezer egin gabe okupatuta mantenduz.

Bestalde, ematen dituen prestazioen ikuspuntutik, komunikazioaren datuak transmititu aurretik, denbora-atzerapen bat dago, zirkuituaren ezarpenak hartzen duena.

Zirkuitua ezarrita dagoenean, sarea gardena da erabiltzaileentzat. Hau da, erabiltzaileek ez dakite sarerik badagoen, edo muturretik muturrerainoko transmisio-sistema zuzen bat (puntutik punturako kable bat) erabiltzen ari diren. Gardentasun hori dela eta, informazioa muturrek erabakitako edozein formatutan bidal daiteke (edozein protokolarekin) datu-transferentziako fasean.

Informazioa, behin zirkuitua ezarrita dagoenean, abiadura finkoan transmititzen da, eta hedapen-atzerapena besterik ez da jasaten. Nodoen barruan prozesamendurik behar ez denez, haietan gertatzen den atzerapena baztergarria da. Hala, edonolako teknologiarekin egon daitezkeen txikiak da beti.

Datu guztiak zirkuitu fisiko beretik doazenez, komunikazio modu ziurra da, batez ere denbora errealean informazio-fluxu konstanteak bidali behar dituzten aplikazioentzat (telefoniarako, adibidez). Bestalde, zirkuitu fisikoan akatsik badago, konexioa eten eta beste berri bat hasi behar da, eta akatsagatik galdutako datuen berreskuratzea erabiltzailearen esku geratzen da.

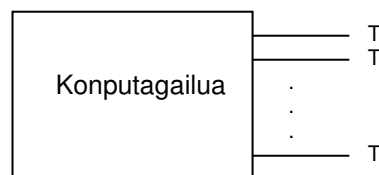
1.2.3.- Internet eta paketeen konmutazioa

Internet zenbait motatako konputagailu-sareez osatua dago. Sare horietako batzuk azalduko ditugu lehendabizi.

1.2.3.1.- Terminal-sareak

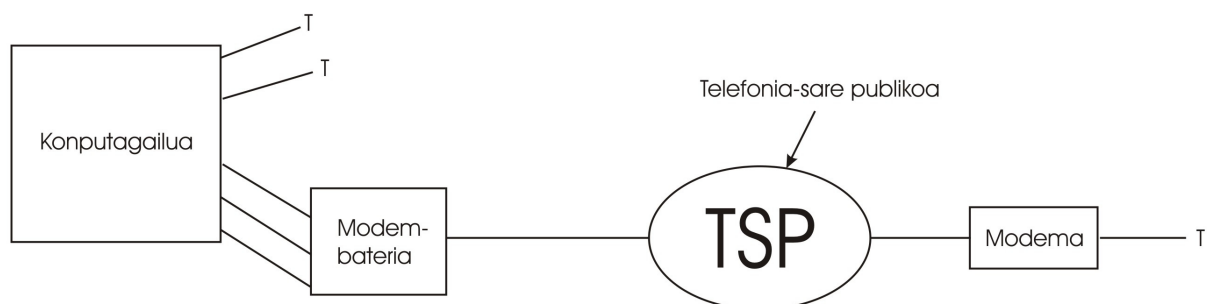
Historiako lehen konputagailuak oso garestiak ziren. Horregatik, erabiltzaileek partekatu ahal izateko teknikak sortu ziren. Denbora partekatuko sistemetan, adibidez, konputagailuak denbora-tarte batez prozesu bat egiten du, eta hurrengo denbora-tartean beste bat, horrela prozesu guztiak txandakatuz. Denbora partekatuko konputagailuak erabili ahal izateko, **terminal-sareak** sortu ziren. Haietan, terminalak prozesamendu- eta memoria-gaitasunik gabeko makinak ziren.

6. irudian azaltzenenez, terminal bakoitza konputagailura konektatzen da; hala, konputagailura aginduak bidali eta bertatik lortutako emaitzak jasotzen dira.



6. irudia. Terminal-sare lokala.

Geografikoki urrunago zeuden terminalak konektatzeko (7. irudia), **telefonía-sare publikoa** erabiltzea aukeratu zen, jada zabalduena eta frogatuena zen telekomunikazio-sarea zelako. Horretarako, modem gailuak sortu ziren, konputagailu eta terminalak informazio digitala telefonía-sare publiko analogikotik bidali ahal izateko.

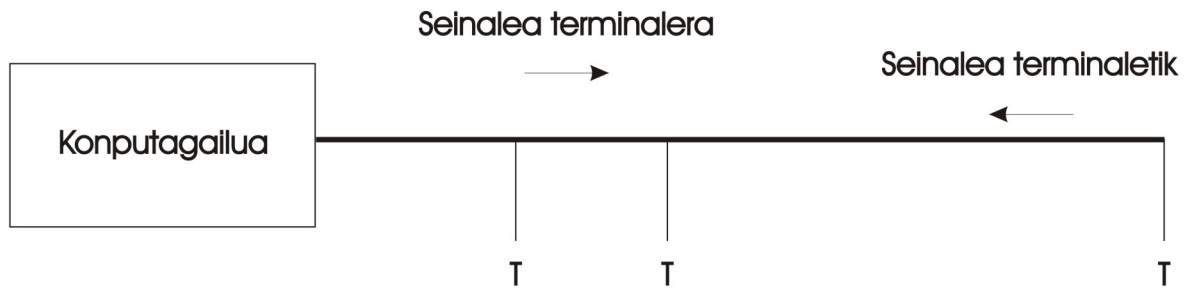


7. irudia. Terminalen sarea zabala.

Aplikazio gehienetan, terminalek **informazio sortak** eratzen zituzten, hau da, transmititu beharreko mezuen bolumena ertaina edo handia zen, eta haien artean denbora luzea igarotzen zen; ez zen informazio-fluxuaren bidalketa jarraitua.

Eboluzioaren hurrengo pausoa izan zen terminal bakoitzeko kable bat ez jarri behar izatea. Terminal batzuek transmisio-kable bera erabiltzeko teknikak sortu ziren. Hurrengo irudian azaltzen da teknika horietako baten eskema.

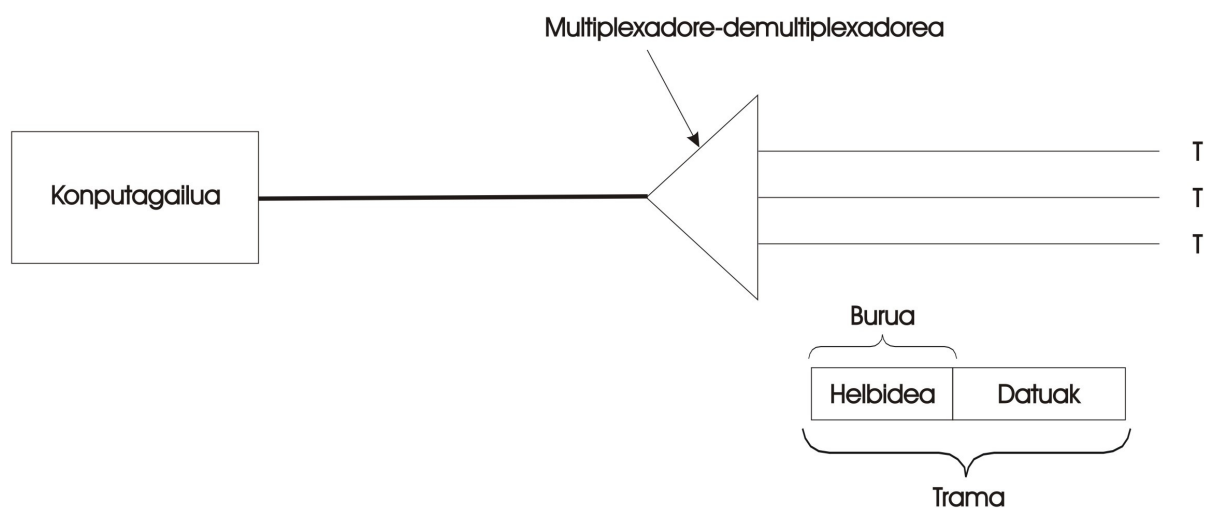
1.- DATU-SAREAK



8. irudia. Terminalen arteko linea-partiketa.

8. irudiko eskeman, kablea partekatzeko **Master-Slave** moduko **konfigurazioa** erakusten da. Konputagailuak galdeketa-seinale bat bidaltzen dio terminal jakin bati. Terminal guztiek jasotzen dute seinalea partekatutako kable nagusitik, baina dagokionak bakarrik erantzungo du transmititu beharreko informazioa bidaliaz.

Informazio sortak eratzen dituzten terminalek linea bat partekatu dezaten, badago beste modu bat: **multiplexadore estatistikoak** erabiltzea. Terminalek sortutako mezuak **trama** deitutako egituran kapsulatzen (sartzen) dira. Trama horiek buru bat izango dute hasieran eta, gero, terminalaren mezua. Buruan, terminalaren identifikazioa (helbidea) egongo da.



9. irudia. Multiplexazio-sistema.

Horrez gain, beharrezkoa izango da tramaren **mugatze-informazioa** ere gehitzea, trama bakoitzaren hasiera eta bukaera non diren jakiteko. Terminaletik iritsitako mezuak multiplexadorearen barruko memorian gordetzen dira ilara ordenatu batean, lineatik banan-banan transmitituak izateko. Mezuak galdu egin daitezke, multiplexadorera gehiegi iritsi eta guztiak gordetzeko memoriarik ez badago.

Erabili ziren lehenengo transmisio-sistemak linea telefonikoak izan ziren, eta errore asko zeuden haietan (seinaleen interferentziak, zarata termikoa,...). Horregatik, **erroreak kontrolatzeko teknikak** sortu ziren. Horretarako, trama-egituretan (gehienetan, tramaren buruan) **egiaztapen informazioa** gehitu zen.

1.2.3.2.- Konputagailu-konputagailu sareak

Konputagailuen kostua jaitsi eta erabilera handitzen joan zen heinean, konputagailuak elkarrekin komunikatzeko beharra sortu zen. Horretarako, ez zuen terminal-sareen moduko topologiak balio. Are gehiago, terminalak adimen handiagoko makinez eta, beranduago, PCez ordeztu zirenean, sare malguagoak sortu behar izan ziren informazioa konputagailu askoren artean trukatzeko.

Konputagailu-sare horietan, transferentzia-denbora laburra izatea bilatu zen, mezu interaktiboen bidezko aplikazioak garatzeko. Horrela, sarean sartzen diren mezuen tamainak mugatua izan behar zuen, mezu handiek transferentzia- eta itzarote-denbora luzeak dakartzatelako.

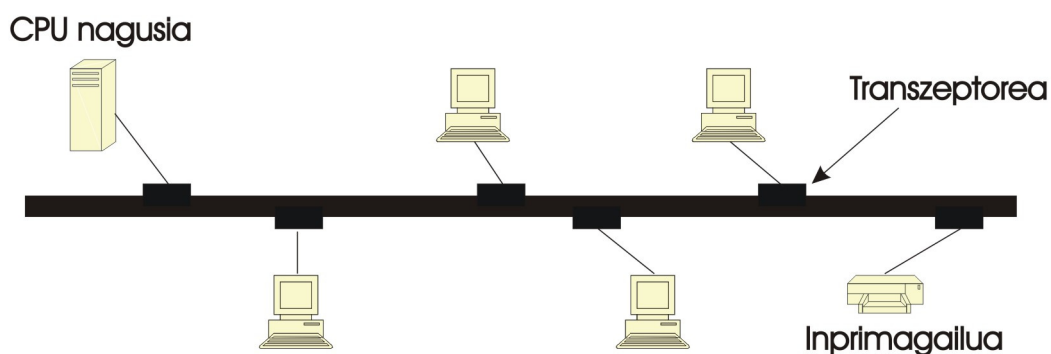
1.2.3.3.- Sare lokalak. Ethernet

Prozesurako ahalmena zuten lan-estazio merkeak agertzeak konputagailu horiek lantokietan ugartzea ekarri zuen. Sistema osoaren kostua merkatzeko, beharrezkoa zen garai hartan garestiak ziren gailuak (inprimagailuak, disko-kontroladoreak,...) partekatzea. Horrek **LAN** (*Local Area Network*) edo **sare lokalen** beharra sortu zuen.

LAN batean, konputagailuak gertu daude; horrek komunikazioa merkeagoa, errore gutxiagokoa eta abiadura handikoa izatea ahalbidetzen du. Errore-kontrolerako prozesu konplexurik ere ez da behar.

Konputagailu bakoitzari, **NIC** (*Network Interface Card*) edo **sareko interfaze-txartela** instalatzen zaio, helbide identifikatzaile bat dakarrena. Bidaltzen den edozein mezu LAN sarean konektaturiko konputagailu guztietara iristen da (difusio moduko transmisioa), baina dagokionak bakarrik erantzungo luke. Horrela, LAN sarera konektaturiko konputagailuek transmisio-bitartekoa partekatzen dute. Horrek **transmisio-bitartekorako sarbidea kontrolatzeko tekniken** beharra dakar, transmisio-bitartekoaren erabilera koordinatzeko.

LAN sare arrakastatsuenak, **Ethernet** izenekoak, irudian azaltzen den bus-topologia zuen.

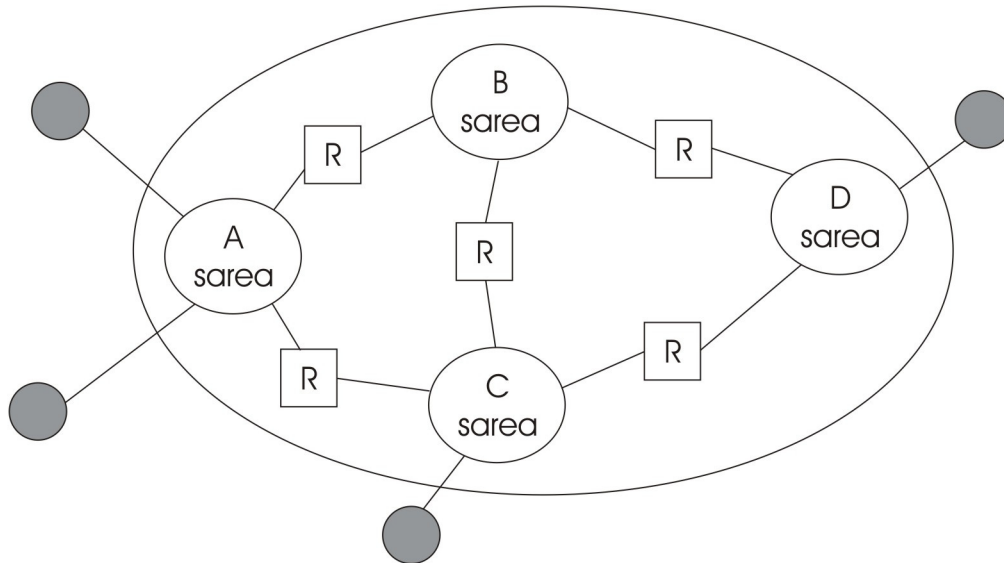


10. irudia. Ethernet sare.

1.2.3.5.- Internet

1960ko hamarkadaren amaieran, ARPA proiektuan satelite- eta irrati-sare mugikorrek aztertu ziren. Horrela, paketeen transmisioa hainbat saretan zehar (azken batean, baldintza ezberdinetan) egiteko **protokoloen** beharraz ohartu zen.

Internet, beraz, sare askoren loturaz osatutako sare handia da.



12. irudia. Askotariko sareen konexioa.

Interneten diseinuaren premisetako bat sinpletasuna zen. Horrela, sareko nodoetan inplementatuko funtzionalitateak paketeak dagozkien helmugaraino iritsarazteko minimoak ziren. Terminaletan, jasotako paketeekin arazorik balego detektatu eta konpontzeko, lehen esandako muturretik muturrerako mekanismoak behar dira.

1.2.3.6.- Paketeen konmutazio-teknologia

1970eko hamarkadan, distantzia handietan konputagailuen arteko datu digitalen trukea egiteko teknologia berri bat asmatu zen: paketeen konmutazio-teknologia.

Hasiera batean, esandako eginkizuna betetzeko, zirkuituen konmutazio-sareak erabili ziren, baina konputagailuen arteko komunikazioak denbora errealekoak ez ziren zerbitzuetarako izanik, bi arazo ikusi ziren:

- Datu-konexio batean (adibidez, giza erabiltzaile bat PC batekin datu-base bateko zerbitzarira konektatzen denean), linea, denbora gehiena erabili gabe dago. Horregatik, zirkuituen konmutazio-teknologia ez da eraginkorra.
- Zirkuituen konmutazioan, sareak abiadura konstantea ematen die datuei. Horrek esan nahi du komunikatzen ari diren bi makinek datuen transmisio eta hartzea abiadura berdinean egin behar dituztela. Ezaugarri horrek komunikazio-sarearen

1.- DATU-SAREAK

erabilgarritasuna mugatzen du, mota ezberdinetako makinak ezingo lirakeelako elkarrekin komunikatu.

Paketeen kommutazioan, bi arazo horiei egiten zaie aurre.

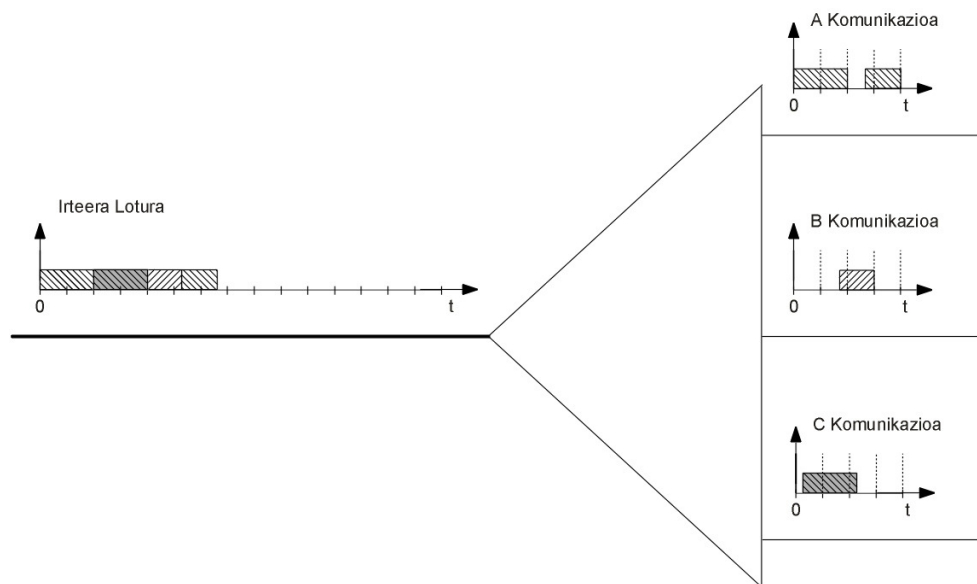
MULTIPLEXAZIOA

Pakete-kommutaziozko sareetako lotura fisikoetan, multiplexazio mota berezi bat erabiltzen da, *multiplexazio estatistikoa* deritzona.

Multiplexazio estatistikoan, komunikazioetako isiluneak ez dira errespetatzen. Transmitzeko paketerik dagoen bitartean, transmititu egiten da, multiplexadorera noiz iritsi den kontuan izan gabe. Baldin eta transmitzeko pakete bat baino gehiago badaude, memorian gordetzen dira iriste-ordenaren arabera.

Adibidea

Demagun TDM multiplexazioan aurkeztutako 3 komunikazioak ditugula. Multiplexazio estatistikoa hau izango litzateke:



Irudian ikusten denez, irteerako loturaren ahalmena hobeto aprobetxatzen da denboran, 3 komunikazioak azkarrago gertatzen direlako.

OHARRA: marraztutako denbora-tarteak irudian erreferentzia modura erabiltzekoak dira; multiplexazio estatistikoan denbora ez dago tartekatuta.

PAKETE-KOMMUTAZIO BIDEZKO KOMUNIKAZIOA

Paketeen kommutazioan, datuak pakete mugatuetan bidaltzen dira (luzera minimo eta maximo bat dute, sarearen arabera). Pakete bakoitzean, *erabiltzaile-datu* zati bat eta *kontrol-informazio* zati bat daude. Kontrol-informazio zati horretan, gutxienez,

1.- DATU-SAREAK

sareak paketea helmugaraino bideratzeko eta/edo kommutatzeko behar duen informazioa dago.

Terminal edo sareko nodo batean, bidaltzeko dagoen pakete bat luzeegia izatea gerta daiteke. Orduan, pakete horren erabiltzaile-datuak zatikatu egin beharko dira zati bakoitzarekin pakete berri bat sortuz.

Sareak bi modutan garraia dezake pakete-sekuentzia bat helmugara:

- Konexiorik gabe: *Datagrama* modua
- Konexioarekin: *Zirkuitu birtual* modua

1.2.3.7.- Konexiorik gabeko pakete-kommutazioa: datagrama modua

Komunikazio modu honetan, paketei datagrama deritze. Datagrama bakoitza independenteki kudeatzen da sarean; horrela, jatorri batetik helmuga berera doazen datagramak ibilbide ezberdina eduki dezakete sare barruan.

Zatikatzeko kasuetan, helmuga terminalaren zeregina izango da mezu beraren zatiak garraiatzen dituzten datagramak jaso, identifikatu, ordenatu eta jatorrizko mezu osoa eratzea.

Datagrama modu honetan, paketeak transmititzen hasi baino lehen biderik ezartzen ez denez, konexiorik gabeko zerbitzua ematen da. Datagrama bat sareko nodo batera iristen denean, ilaran jartzen da. Ilara horretan txanda iristen zaionean, nodoak datagrama bideratu eta dagokion loturatik bidaltzen du (kommutatzen du), iritsitako beste datagramaren batekin zerikusirik duen arduratu gabe. Datagrama guztiek jasaten dute, beraz, bideratze eta kommutazioa.

Datagrama moduko sareko nodoetan, bideratze-taulak eduki eta mantentzea besterik ez da behar. Teknologia hau da Interneten erabiltzen dena.

ONDORIOAK

Zirkuitu-kommutaziozko teknologia baino eraginkorragoa da, datagrama moduko pakete-kommutazioan ez baita baliabide fisikorik alferrik galtzen.

Prestazioen aldetik ere, hobea da. Paketeak zuzenean bidaltzen dira, zirkuitu bat ezartzen denborarik galdu gabe.

Sareko nodo bakoitzean bideratzea egin behar denez, paketeek formatu berezi bat eduki beharko dute. Sarea ez da, beraz, terminalentzat gardena. Gainera, bideratze hori egin dadin, datagrama guztiek bideratze-informazioa eraman behar dute.

1.- DATU-SAREAK

Informazioaren transmititzea ere ez da abiadura finkoan gertatuko. Datagrama bakoitzak, nodo bakoitzean, bideratzeak eta konmutatzeak dakarten denbora-atzerapena jasango du. Atzerapen hori ez da finkoa, nodoaren lan-kargaren arabera baita.

Gerta daiteke helmugako terminalera mezu berdineko zatiak daramatzaten datagramak desordenaturik iristea. Helmugako terminalaren eginkizuna izango da datagramak elkarren artean ordenatu eta jatorriak bidalitako mezu originala berregitea.

Bestalde, komunikazioan akatsen bat izan eta datagrama bat galtzea ere gerta daiteke. Berrito ere, helmugako terminalaren eginkizuna izango da datagramak garraiatutako mezuaren galera detektatu eta berreskuratzea.

Datagrama bakoitza helmugara bide ezberdinetatik irits daitekeenez, mezu laburrak bidaltzen dituzten aplikazioentzat da komunikazio modu egokia (posta elektronikoa, bezero/zerbitzari aplikazioak,...). Zirkuitu-konmutazioa baino malguagoa da, datagramen bideratzea sarearen egoeraren arabera egin baitaiteke.

1.2.3.8.- Konexioa darabilen pakete-konmutazioa: Zirkuitu birtual modua

Modu honetan, berriz, komunikazio bateko paketeak bidali baino lehen, zirkuitu-konmutazioan bezala, muturretik muturrerainoko zirkuitu bat ezartzen da, baina, kasu honetan, ez da fisikoa, *birtuala* baizik, hau da, ez da baliabide fisikoen erreserbarik egiten.

Zirkuitu birtual moduan, *kanal birtual* kontzeptua erabiltzen da. Komunikazio baterako zirkuitu birtual bat da jatorritik helmugarainoko loturetan gertatzen diren kanal birtualen sekuentzia. Kanal birtual horiek transmisio-sistema batean komunikazio bat identifikatzeko modua besterik ez dira (adibidez, bakoitzari identifikazio-zenbaki bat esleitzea). Hau da, ez dira erreserbaturik geratzen den baliabide fisiko bat (denbora-txanda edo maiztasun-espektrora zatia), baliabide birtualak baizik.

Zirkuitu birtual modu honetan ere komunikazioa 3 fasetan gauzatzen da; faseok zirkuitu-konmutaziozko teknologiko izen berdina dute, hots, zirkuitu-ezarpeneko fasea, datu-transferentziako fasea eta zirkuitu-askapeneko fasea.

Zirkuitua ezartzeko, ezarpen-eskaerako paketeak bidaltzen dira komunikazioaren jatorritik helmugara; nodo batek horrelako pakete bat jasotzen duenean, bideratze bat egin behar du, irteerako lotura aukeratzeko. Bideratze-taula erabiltzen da erabakia hartzeko, eta **konexio-taula** deiturikoa betetzen, kanalaren erreserba eginez. Modu honetako sareko nodoek, beraz, bideratze-taulez gainera, konexio-taulak ere eduki eta mantendu behar dituzte. Helmugak komunikazioa onartzen badu, onarpen-paketea bidaliko dio jatorriari, ezarritako zirkuitu birtual beretik.

Datu-transferentziako fasean, pakete guztiak bide beretik doaz (nodo beretatik, lotura beretatik eta kanal birtual beretatik). Fase honetan ez da pakete bakoitzean bideratze-informaziorik bidali behar, nahikoa izango baita paketea zer kanal birtuali dagokion adieraztea. Horrela, fase honetan, sareko nodoetan ez da bideratzerik

1.- DATU-SAREAK

egiten, kommutazioa bakarrik baizik; horregatik, *kommutazio-nodo* ere baderitze. Pakete bakoitzarekin, iriste-portu eta -kanalaren arabera, konexio-taulan zein portutatik eta zein kanal zenbakirekin atera behar duen aztertuko dute kommutazio-nodoek. Hori jakinda, paketeari kanal-zenbakia aldatu eta dagokion irteera-portutik bidaliko dute, kommutazioa gauzatuz.

Zirkuitu-askapeneko fasea ere zirkuitu-kommutaziozko teknologian gertatzen zenaren antzekoa izango da, baina, kasu honetan, lotura jakin batean kanal birtualaren identifikatzailea beste zirkuitu birtual baterako erabili ahal izatea bakarrik gertatuko da (hau da, loturaren muturretako nodoen konexio-tauletatik ezabatzen da). Fase honetako paketeek ere kommutazio-informazioa besterik ez dute behar.

ONDORIOAK

Zirkuitu-kommutazioa baino eraginkorragoa da, muturretik muturrerainoko zirkuitu bat ezartzen bada ere zirkuitu hori birtuala baita, baliabide fisikoen erreserbarik gabea.

Prestazioen aldetik, zirkuitu-kommutazioaren antzekoa da; zirkuitu birtual bat ezarri behar da datuen transferentzia egin ahal izan baino lehen.

Datagrama moduan ez bezala, zirkuitu birtuala behin ezarrita dagoela, paketeek ez dute bideratze-informaziorik eramane behar, nahikoa da kommutazio-informazioa eramatea. Aldi berean, komunikazioa ez da gardena; informazioa ez da edozein formatutan garraiatzen, pakete-formatu jakinetan baizik.

Informazioa transmititzea ere ez da abiadura finkoan gertatuko. Multiplexazio estatistikoak denbora-atzerapen bat ekar dezake. Atzerapen hori ez da finkoa nodoak duen lan-kargaren araberakoa baizik, ez baitago aurretik erreserbatutako baliabide fisikorik.

Mezu berdinen zatiak garraiatzen dituzten paketeak helmugara bide beretik iristen direnez, beti iristen dira dagokien ordenan. Jatorrizko mezua berregitea errazagoa izango da datagrama moduan baino.

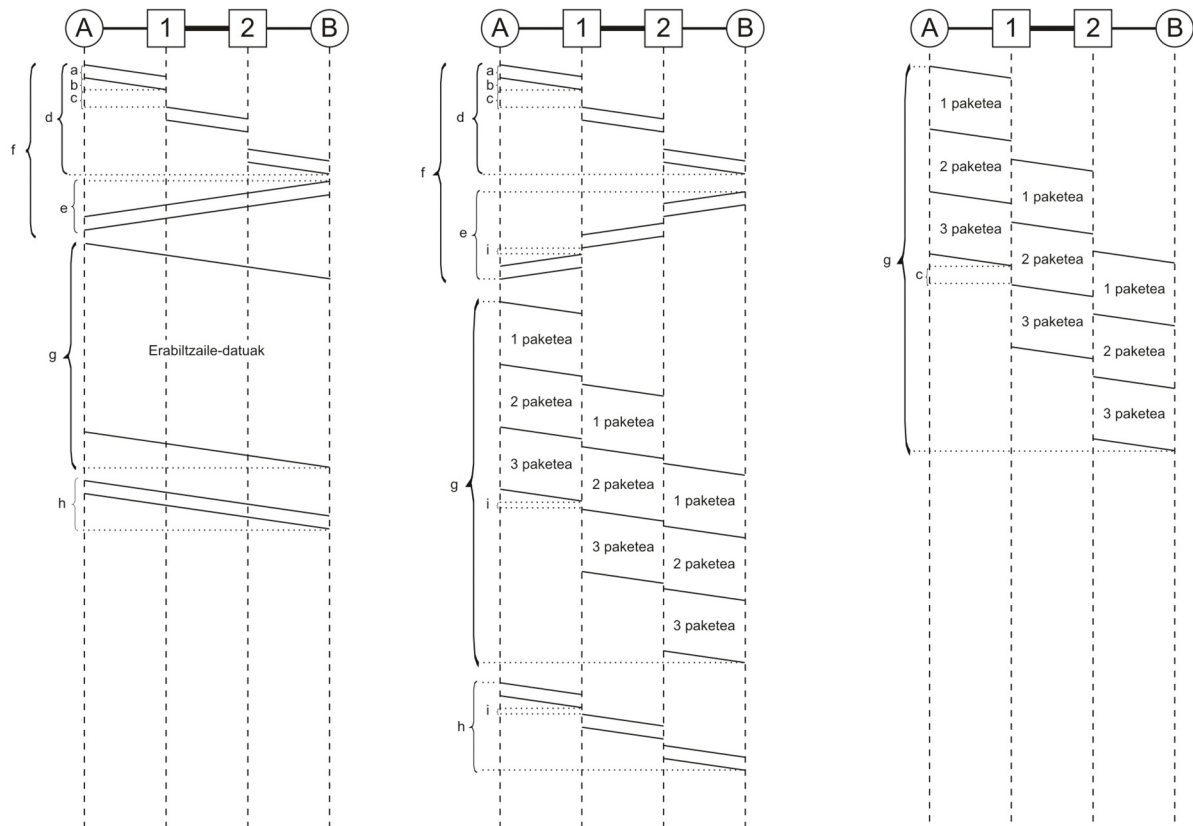
Bestalde, gerta daiteke zirkuituan akatsen bat izan eta paketeren bat galtzea. Datagrama moduan baino errazagoa da galdutako paketeak detektatzea, baina zirkuitua sarearen akatsetara egokitzea, berriz, zailagoa.

Pakete guztiak zirkuitu birtual beretik doazenez, komunikazio modu ziurra da informazio-transferentzia handiko edo denbora diferituko aplikazioentzat. Zirkuitu birtualean akatsik badago, komunikazioa berriro hasi behar da.

1.2.4.- Kommutazio moten arteko aldeak

1.2.4.1.- Komunikazio-prozesua

Demagun A eta B terminalak komunikazio-sare baten bitartez komunikatu nahi direla, eta haien arteko bide posible bakarra 1 eta 2 kommutazio-nodoetatik pasatzen dena dela. Egoera horretan, erabiltzen den teknologiararen arabera, komunikazio-prozesua modu batekoa izango da:



a: Transmisio-denbora
b: Hedapen-atzerapena
c: Prozesamendu-atzerapena (bideratzea+kommutazioa)
d: Ezarpen-eskaera
e: Ezarpen-onarpena

f: Ezarpeneko fasea
g: Datu-transferentziako fasea
h: Askapeneko fasea
i: Prozesamendu-atzerapena (kommutazioa)

13. irudia. Komunikazio-prozesua, hiru teknologietan.

Horrela, komunikazio-prozesuaren inguruan, ondorio hauek ateratzen dira:

- Ekipamendu-baldintza berdinekin, hedapen-atzerapena eta transmisio-denbora berdina izango da lotura guztietan. Ezberdintasuna nodoaren prozesamendurako atzerapen-denboran egongo da:
 - **Zirkuitu-kommutazioa:** Zirkuituaren ezarpen-eskaera seinaleak bakarrik jasaten du (13. irudiko c denbora).

1.- DATU-SAREAK

- **Zirkuitu birtualen kommutazioa:** Komunikazioaren prozesu guztian jasaten da, baina zirkuitu-ezarpeneko faseko ezarpen-eskaerako paketea da gehien jasaten duena (c denbora). Beste pakete guztiek kommutazioa bakarrik jasaten dutenez, atzerapen txikiagoa dute (i denbora).
 - **Datagramen kommutazioa:** Datagrama guztiek nodo guztietan jasaten dute prozesamenduaren atzerapena, bideratze eta kommutazioarengatik (c denbora). Zirkuitu birtualetan datu-paketeek jasaten dutena baina handiagoa izango da, haien prozesamendua kommutazioa bakarrik baita.
- Bidali beharreko mezuak laburrak badira:
 - **Zirkuitu-kommutazioa:** Zirkuitu-ezarpeneko fasea eta datu-transferentziako fasea alderagarriak dira. Hala, zirkuitua ezarri behar izatea denbora-galera gisa ikusten da.
 - **Zirkuitu birtualen kommutazioa:** Kasu honetan ere, zirkuitua ezarri behar izatea denbora-galera gisa ikusten da. Gainera, zirkuitua birtuala denez, ezarpen-denbora zirkuitu-kommutazioan baino handiagoa da, onarpen-paketearen kommutazio-atzerapena dela eta.
 - **Datagramen kommutazioa:** Zirkuiturik ezarri behar ez denez, ez dago denbora-galerarik datuen transferentzia hasi baino lehen. Mezuak laburrak izanda, errorearen probabilitatea ere asko gutxitzen da. Beraz, mezu laburren kasu honetan, hau da teknologiarik egokiena.
 - Bidali beharreko mezuak luzeak badira:
 - **Zirkuitu-kommutazioa:** zirkuitu-ezarpeneko fasea, datu-transferentziako fasearen aldean, baztergarria da. Datu-transferentziako fasean, nodoetan ez da atzerapenik gertatzen; beraz, transferentzia-denborak minimoak dira (transmisio- eta hedapen-atzerapeneko denborak bakarrik). Izatez, mezu luzeen kasu honetan, hau da teknologiarik egokiena.
 - **Zirkuitu birtualen kommutazioa:** Honetan ere, zirkuitu-ezarpeneko fasea, datu-transferentziako fasearen aldean, baztergarria da. Datu-transferentziako fasean, zirkuitua birtuala denez, paketeek nodoetan kommutazio-prozesamendua jasaten dute, atzerapena dakarrena. Horregatik, mezu osoak jatorritik helmugara iristeko behar duen denbora, zirkuitu- kommutazioan baino handiagoa da.
 - **Datagramen kommutazioa:** Datagrama bakoitzak bideratze- eta kommutazio-atzerapena jasaten ditu. Horregatik, mezu osoak mutur batetik bestera iristeko behar duen denbora handiagoa da zirkuitu birtualen kommutazioan behar duena baino. Gainera, mezuak luzeak izanda, errorearen probabilitatea ere asko handitzen da, eta nodoetako lan-karga ere bai.

1.- DATU-SAREAK

1.2.4.2.- Ezaugarriak

	Zirkuitu-kommutazioa	Pakete-kommutazioa	
		Zirkuitu birtual modua	Datagrama modua
Bidali beharreko informazioa	Datuak	Tamaina mugatuko paketeak	Tamaina mugatuko datagramak
Bidea	Zirkuitu fisikoa	Zirkuitu birtuala	Ez dago aurretik ezarritako biderik, pakete bakoitza bide ezberdinetik irits daiteke helmugaraino.
Iriste-sekuentzia	Datu guztiak, zirkuitu fisiko berdinetik doazenez, ordenaturik iristen dira	Pakete guztiak, zirkuitu birtual beretik doazenez, ordenaturik iristen dira.	Paketeak bide ezberdinetik joan daitezkeenez, ez dira zertan ordenan iritsi behar.
Informazioaren formatua	Datuen transferentzia muturrek erabakitako edozein formatutan egin daiteke; sarea gardena da.	Zirkuitu birtuala erabili ahal izateko, paketeek formatu jakin bat eduki beharko dute; sarea ez da gardena.	Bideratzea egin ahal izateko, datagramak formatu jakin bat eduki beharko dute; sarea ez da gardena.
Sareko baliabideen erabilera	Zirkuitua ezartzean, lotura eta nodo bakoitzean, baliabide fisikoak erreserbatzen dira.	Zirkuitua ezartzean, kanal birtualak erreserbatzen dira	Ez da baliabiderik erreserbatzen.
Sendotasuna sareko akatsen aurrean	Eskasa. Zirkuitu fisikoa hondatzen bada, muturreko terminalek arduratu behar dute berri bat ezartzeaz.	Eskasa. Zirkuitu birtuala hondatzen bada, muturreko terminalek arduratu behar dute berri bat ezartzeaz.	Ona. odoek bide jakin bat hondatuta dagoela badakite, datagramak bideratzean kontuan izango dute.
Hasiera batean erabilitako aplikazioen ezaugarriak	Datu-fluxu konstanteak, denbora errealean.	Informazio sortak (informazio asko, denboran ausaz sakabanatuta), denbora diferituan.	Mezu laburrak, denborarekiko menpekotasunik gabe: posta elektronikoa, bezero/zerbitzari aplikazioak.

1. taula. Zirkuitu eta paketeen kommutazioak.

1.3.- KOMUNIKAZIO-SAREEN EBOLUZIORAKO ERAGILE NAGUSIAK

Lau eragile nagusi dira, **teknologia**, **araudia**, **merkatua** eta **estandarrek**. Estandarrak zehazpen teknikoen multzoak dira, zerbitzu-emaile eta ekipamendu-fabrikatzaileek jarraitzen dituztenak.

Telekomunikazio-zerbitzu berri bat eskaintzeko, teknologiak gai izan behar du kostu handirik gabe lortzeko. Gainera, araudiak zerbitzu hori ematea ahalbidetu behar du. Azkenik, zerbitzu hori eskatzen duen merkatua (erabiltzaile kopuru garrantzitsua) behar da.

Estandarrek zerbitzu-emaile eta ekipamendu-fabrikazioan monopolioak agertzea eragozten dute.

1.4.- PROTOKOLO-ARKITEKTURA

1.4.1.- Arkitekturen beharra

Komunikazioa arazo konplexua da baliabide telematikoen bidez egitean, eginkizun asko bete behar baitira ordena zehatzean. Errazteko, komunikazio-prozesua **maila** edo **geruzatan** banatzen da. Maila bakoitzak komunikazio-prozesu osoaren funtzio bat betetzen du (edo gutxi batzuk), azpiko mailarentzat.

Telekomunikazio-sare bat diseinatzerakoan, nodo bakoitzak egin beharko dituen funtzioak definitu behar dira, edo, beste modu batera esanda, nodo bakoitzaren geruza- edo maila-egitura zein den adierazi behar da.

Mailetan oinarritutako arkitekturaren filosofia honetan, makina bateko n maila beste makina bateko n mailarekin komunikatzen da. Komunikazio horretan jarraitzen diren arau eta hitzarmen multzoari, **n mailako protokolo** deritzo.

Sare bateko nodoetako **maila eta protokolo multzoari, sareko protokolo-arkitektura** edo **protokolo-pila** deritzo. Arkitektura baten zehazpenak maila bakoitzari dagokion protokoloa adierazi behar du; hori da implementatzaile batek dagokion softwarea edo hardwarea eraikitzeke beharko duen informazio nagusia.

Badira, komunikazioen estandarren garapenean, oinarritzko eta erabakigarriak izan diren **bi arkitektura: OSI erreferentzia-eredua** eta **TCP/IP protokolo-pila**. TCP/IP da gaur egun sistema ezberdinak konektatzeko gehien erabiltzen den arkitektura. OSI erreferentzia-eredua, berriz, komunikazio-funtzioak sailkatzeko eredu estandarra bilakatu da.

1.4.2.- Kontzeptuen definizioak

Entitateak: Maila bakoitzean dagozkien funtzioak aurrera eramango dituzten elementuak (softwareko programa bat, hardwareko txartel bat,...).

Interfazea: Makina berean segidan dauden bi mailen arteko muga.

Bikote-entitateak: Makina ezberdinetan maila berdina eratzen duten eta elkarrekin jatorri eta helmuga moduan komunikatzen diren entitateak. Komunikatzeko, bikote-entitateek mailako protokoloa erabiltzen dute.

Datuak makina batetik beste batera bidaltzen direnean, maila bakoitzak azpikoak eskainitako zerbitzuak erabiltzen ditu. Erabilera hori egiteko, datu- eta kontrol-informazioa pasatzen dira azpiko mailara, mailarik baxuenera iritsi arte. Azken maila horri zerbitzua emateko, transmisio-bitarteko fisikoa dago. **Komunikazio fisikoa transmisio-bitarteko fisikoan gertatzen da**, eta helmugako makinan jatorrikoan gertatutakoaren alderantzizko prozesua gertatzen da. Hala, **bikote-entitateen artean, komunikazio birtuala** gertatzen da.

1.- DATU-SAREAK

Maila bakoitzeko protokoloak alda daitezke, bikote-entitate guztietan berdin aldatuz, baina interfazerik eta zerbitzurik aldatu gabe, ez goiko mailarekin ezta beheko mailarekin ere.

1.4.2.1.- Interfaze eta zerbitzuak

n maila eratzen duten entitateek goiko n+1 mailak erabiltzen dituen zerbitzuak inplementatzen dituzte. Kasu horretan, n maila **zerbitzu-emailea** da, eta n+1 maila, berriz, **zerbitzu-erabiltzailea**.

Maila baten zerbitzuak **SAP** (*Service Access Point*) deiturikoan aurkitzen dira. Hala, n mailaren SAPak dira n+1 mailak azpikoak (n mailak) eskaintzen dizkion zerbitzuak aurkitu ditzakeen elementuak, eta elkarren arteko interfazea eratzen dute.

Mailen arteko informazio-trukea **datu-unitateekin** egiten da. 5 datu-unitate daude; batzuek bikote-entitateen artean (protokoloaz) informazioa garraiatzeko balio dute, eta besteek, berriz, makina beraren barruan jarraian dauden mailetako entitateen artean SAPetik zerbitzuaren erabiltzaileen eta emaileen arteko informazioa pasatzeko.

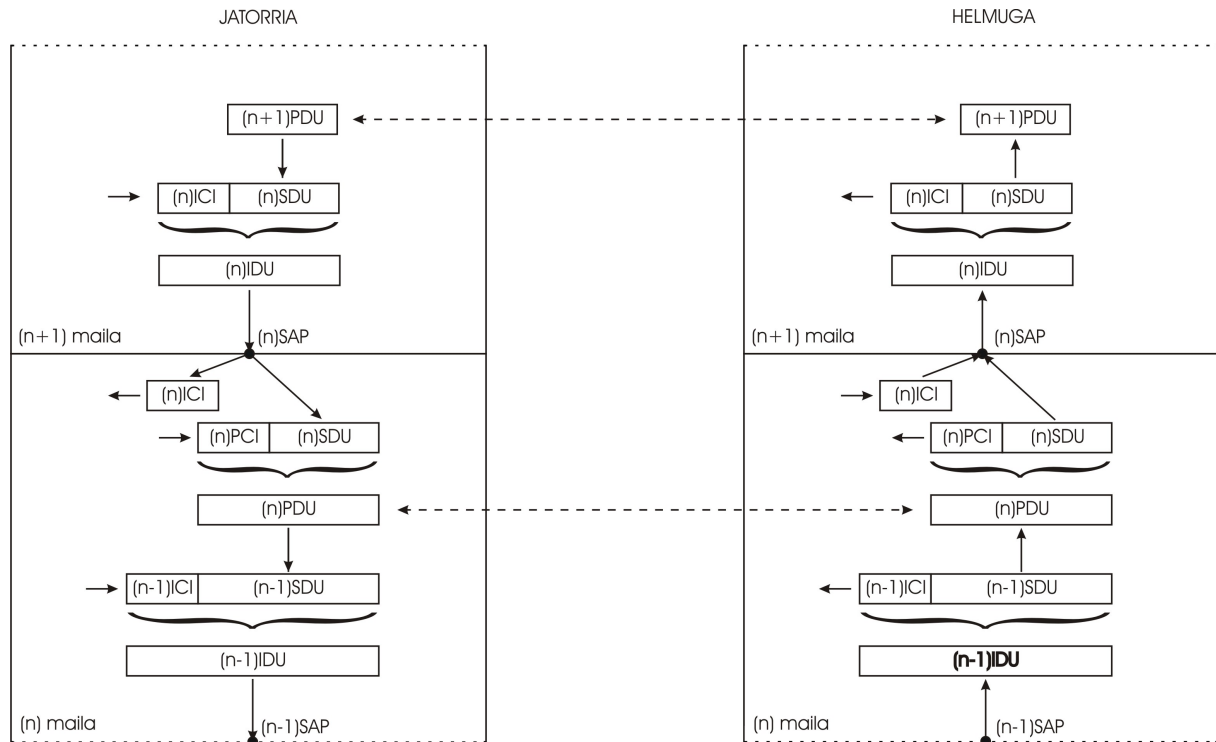
SDU (*Service Data Unit*): jatorriko makinan, n mailak n+1 mailatik jasotako **erabiltzaile-datuak**. Egin beharreko atazak (n)SDU-aren gain beteko ditu n mailak, haren esanahiaz arduratu gabe.

PCI (*Protocol Control Information*): n bikote-entitateen artean trukaturako datuen **kontrolerako informazioa**.

PDU (*Protocol Data Unit*): n bikote-entitateen artean n mailako protokoloari jarraituz trukaturako informazioa. PDUek bi ezaugarri hauek dituzte:

- $(n)PDU = (n)PCI + (n)SDU$: (n)PDUa, gainerako mailatik jasotako erabiltzaile-datuak ((n)SDUak) helmugara egokiro iristeko kontrol-informazioa gehituz eratzen da, n mailako protokoloari jarraituz.
- $(n)PDU = (n-1)SDU$: hau da, bikoteari n mailako protokoloaz bidali beharreko informazioa, azpiko n-1 mailari erabiltzaile-informazio moduan pasatu behar zaio.
- **ICI** (*Interface Control Information*): Jarraian dauden bi mailen interfazetik trukaturako datuen **kontrolerako informazioa**.
- **IDU** (*Interface Data Unit*): Jarraian dauden bi mailen artean trukaturako informazio osoa, hau da, $(n)IDU = (n)ICI + (n)SDU$.

1.- DATU-SAREAK



14. irudia. Mailen arteko datu-unitateak.

1.4.2.2.- Zerbitzuetarako oinarrizko eragiketak

Zerbitzu bat, bera erabiltzeko eskaintzen dituen oinarrizko eragiketekin definitzen du emailak. Lau motatako oinarrizko eragiketa daude:

Oinarrizko eragiketa	Esanahia
Eskaera	Zerbitzu-erabiltzaileak azpiko zerbitzu-emailari lan bat egitea eskatzeko.
Adierazpena	Zerbitzu-emailak zerbitzu-erabiltzaileari gertatutako zerbaiten berri emateko.
Erantzuna	Zerbitzu-erabiltzaileak adierazpen baten ondoriozko erantzuna emateko.
Baieztapena	Zerbitzu-emailak zerbitzu-erabiltzaileari eskaera baten erantzuna emateko.

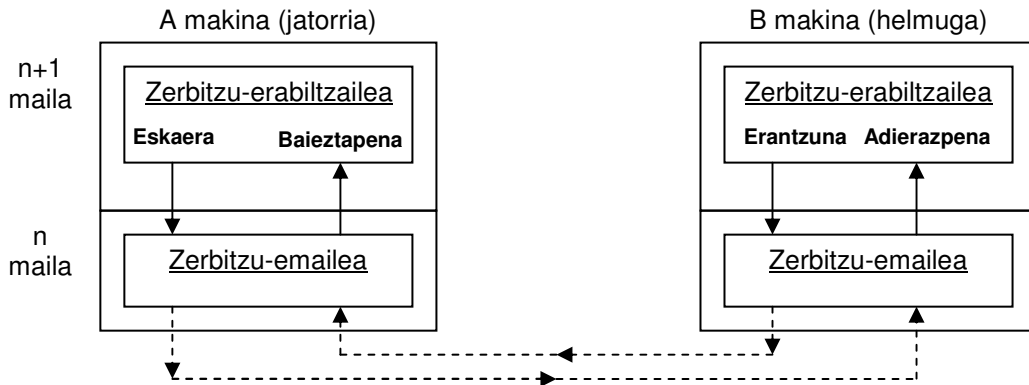
2. taula. Mailen arteko zerbitzuen oinarrizko eragiketak.

Eskaintzen dituen oinarrizko eragiketen arabera, n mailak mota ezberdinetako zerbitzuak eskaintzen dizkio n+1 mailari:

- **Baieztatutako zerbitzuak:** lau eragiketak erabiltzen dituztenak.
- **Baieztapenik gabeko zerbitzuak:** eskaera- eta adierazpen-eragiketak bakarrik.
- **Zerbitzu-emailak hasitako zerbitzuak:** Adierazpen-eragiketa bakarrik.

Eragiketa horiek erabiliz, beraz, n mailak zerbitzua ematen dio n+1 mailari. Irudi honetan ikusten da nola erabiltzen diren oinarrizko eragiketak.

1.- DATU-SAREAK



15. irudia. Oinarrizko eragiketak komunikazioa A makinatik B makinara ematen denean.

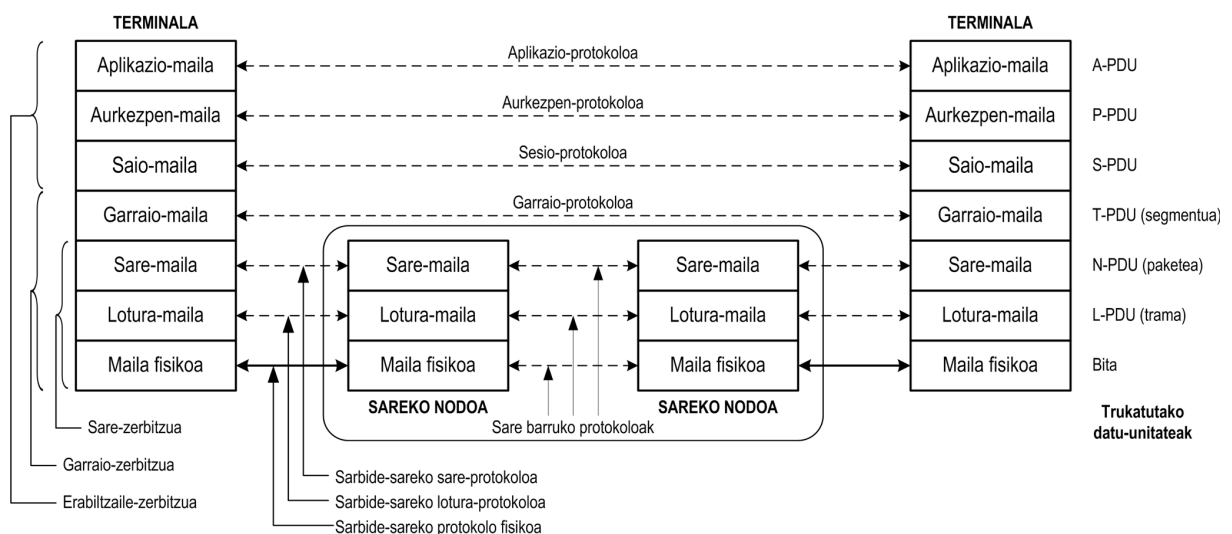
1.4.2.3.- Zerbitzu eta protokoloen arteko erlazioa

Zerbitzu bat da maila batek bere gainekoari oinarrizko eragiketen bidez eskaintzen dion funtzionalitate multzoa.

Protokolo bat, bikote-entitateek trukaturako pakete, mezu edo biten formatu eta esanahia ezartzen duten arau multzoa da. Bikote-entitateek protokoloa alda dezakete, baldin eta interfazean beren erabiltzaileei (goiko mailari) eskaintako zerbitzua aldatzen ez badute.

1.4.3.- OSI erreferentzia-eredua

OSI erreferentzia-ereduak zazpi mailatako protokolo-arkitektura bat definitzen du. OSI erreferentzia-eredua irudian azaltzen da.



16. irudia. OSI erreferentzia-eredua.

1.- DATU-SAREAK

1.4.3.1.- OSIren zazpi mailen printzipioak

Eredu hau ISO erakundearen proposamen batean oinarritu zen. Ereduaren izenak Open Systems Interconnection esan nahi du, beste sistemekin komunikatzeko irekita dauden sistemez arduratzen delako.

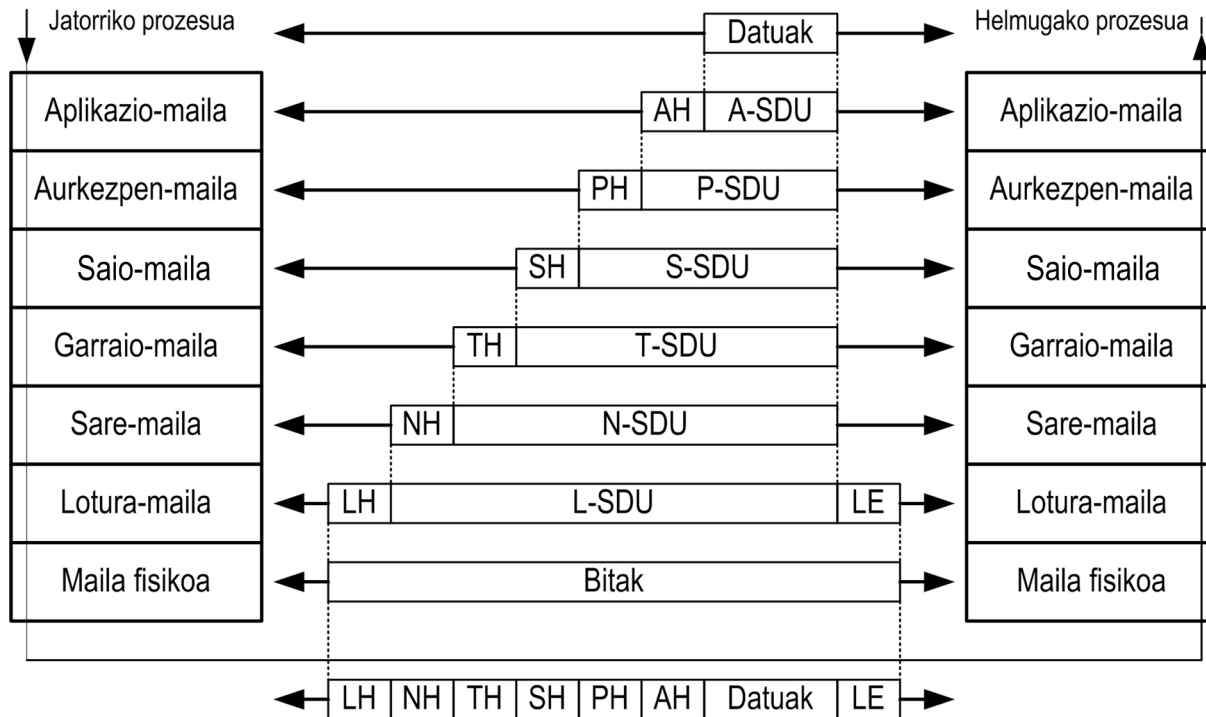
16. irudian ikusten den bezala, zazpi maila ditu. Zazpi maila horietara iristeko, hainbat printzipio aplikatu ziren:

- 1- Maila bakoitzak ondo definitutako funtzio bat gauzatu behar du.
- 2- Maila bakoitzaren funtzioa, nazioartean estandarizatutako protokoloen definizioak kontuan hartuta aukeratu behar da.
- 3- Mailen arteko mugak, interfazeen bitarteko informazio-fluxua minimoa izan dadin definitu behar dira.
- 4- Mailen kopuruak maila berean funtzio ezberdinak pilatu beharra ez izateko behar den bezain handia izan behar du, eta aldi berean, arkitektura erabilezin bihur ez dadin behar den bezain txikia.

1.4.3.2.- Datu-transmisioa, OSIri jarraituz

Demagun, jatorri-terminal bateko prozesu edo programa batek datuak bidali nahi dizkiola helmuga terminaleko beste bati (adibide honetan, gauzak sinpletzearren, komunikaziorako transmisio-sistema simple bat erabiltzen dela kontsideratuko dugu, hots, sarerik ez dagoela).

1.- DATU-SAREAK



17. irudia. Elkarrekin zuzenean lotutako bi makinaren arteko datuen transmisioa, OSIren arabera.

Jatorriko prozesuak bidali beharreko datuak aplikazio-mailako entitateari ematen dizkio (A-SDU, aplikazio-mailaren SDU), eta azken horrek buru bat jartzen dio, *AH* (*Application Header*) deiturikoa (PCI), eta guztiarekin A-PDUa eraten du. A-PDU horrek helmugako aplikazio-mailara iritsi behar du, eta bertako entitateak A-SDUa ateratzen jakin beharko du, berarekin PCIan adierazten zaiona eginez, helmuga-prozesuak datuak modu egokian jaso ditzan. Horretarako, jatorriko aplikazio-entitateak A-PDU hori aurkezpen-mailari pasatzen dio, helmugara bidaltzeko behar duen informazioarekin batera (ICI).

Aurkezpen-mailak ICiaz batera iritsitako P-SDUa (berak A-PDUa P-SDU moduan kontsideratzen du) hainbat modutan alda dezake; azkenik, buru bat gehituko dio (bere PCI propioa), eta guztia saio-mailari pasatuko dio. Kontuan izan behar da aurkezpen-mailak ez dakiela aplikazio-mailatik jasotako datuetatik (P-SDUtik) norainokoa den burua (AHa) eta non hasten diren aplikazioaren datuak, baina berdin zaio.

Prozesamendu hori maila guztietan errepikatzen da, maila fisikora iritsi arte. Orduan, bitak transmisio-bitarteko fisikoan sartu eta helmugako makinara garratzen dira. Horrela, helmugako makinan alderantzizko prozesamendua gauzatzen da, hau da, maila bakoitzak dagokion burua irakurri (PCI) eta geratzen dena (SDUa) goiko mailara pasatzen du, jatorriko prozesuaren datuak helmugako prozesura iristen diren arte.

Horrekin azaldu nahi dena zera da, datuen benetako transmisioa mailen artean bertikalki egiten bada ere (ICI+SDU=IDUen bitartez) maila bakoitzak entitate-bikoteen artean transmisio horizontal bat egingo balu bezala garatzen dela (PDUak).

1.4.3.3.- Mailen deskribapena

APLIKAZIO-MAILA

Terminalean, giza erabiltzailearekin kontaktuan dagoen maila da. A terminalean dagoen erabiltzaileak B terminalekoari datuak bidali nahi badizkio, aplikazio batekin idatziko ditu. Bidaltzeko, aplikazioak bere makinako aplikazio-mailako entitateari (softwareari) idatzitako datu horiek eta helmugaren informazioa pasatuko dizkio. Aplikazio-mailako entitateak bere protokoloaren arabera A-PDUa idatziko du, eta horaxe iritsiko da helmugako aplikazio-mailako entitateara.

Aplikazio-mailak informazioa trukatu behar duten aplikazioei ematen die zerbitzua.

AURKEZPEN-MAILA

Maila honen helburua da aplikazio-maila ez egotea makinaren sistema eragileek datuak gordetzeko erabiltzen dituzten formatuen mende. Jatorrietan, aplikazio-mailak pasatutakoa, makinaz independentea den formatu batera itzultzen du. Helmugetan, berriz, azpiko mailatik makinaz independente den formatuan jaso beharko ditu datuak, eta makina bakoitzean dagokion formatura itzuli beharko ditu.

SAIO-MAILA

Azpiko garraio-mailak ematen duen transferentzia-zerbitzu fidagarria hobetzen du, makinaren arteko elkarrizketaren kontrola gauzatzuz.

GARRAIO-MAILA

Garraio-mailako protokoloak garraio-mailako PDUa transferitzen du, T-PDU edo **segmentu** deitzen dena. Komunikazioaren muturretako makinetan (terminalean) bakarrik dagoen lehen/azken maila da. Hala, T-PDUak muturretan bakarrik lantzen dira. Sareko nodoek garraio-mailarik ez dutenez, jatorrian sortutako T-PDU bera iristen da helmugara, bidea sare batetik edo transmisio-sistema bakar batetik egin duen zantzurik gabe.

Garraio-mailak saio-mailari **kalitate** ezberdineko transferentzia-zerbitzuak eskaintzen ahal dizkio:

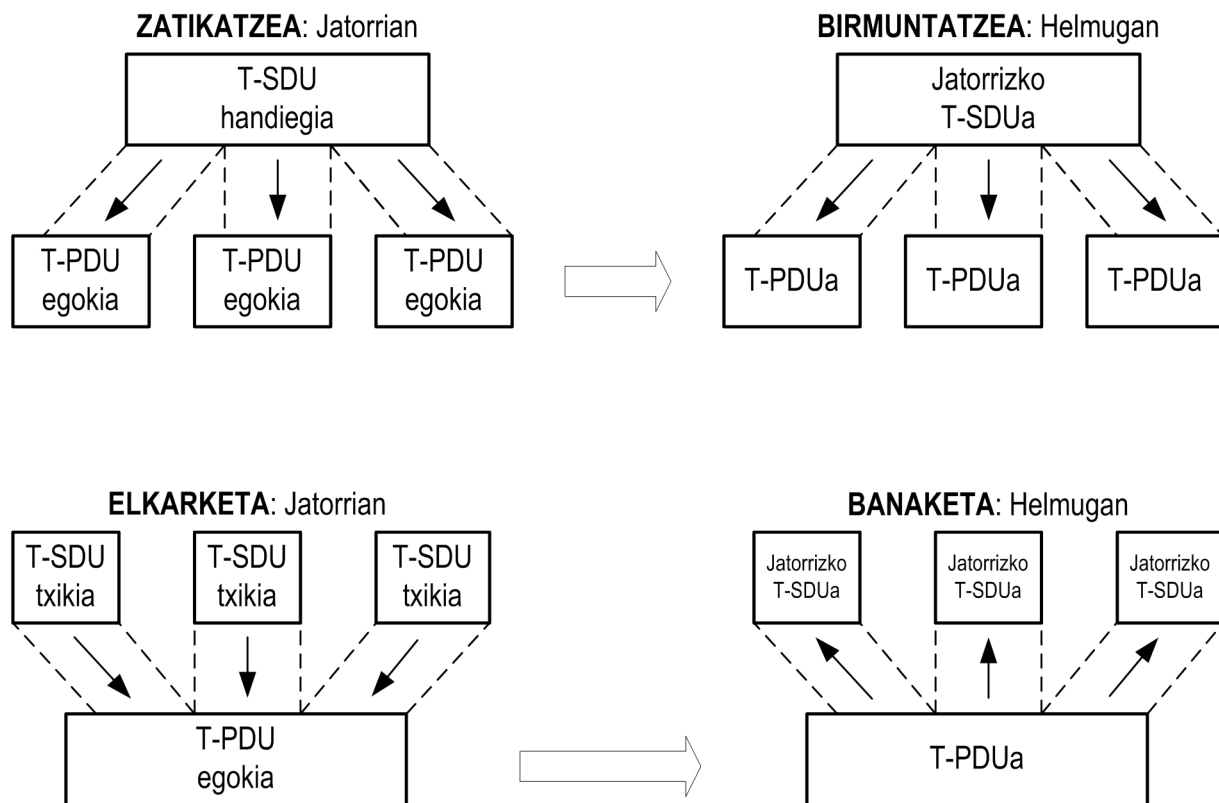
- **Konexioa darabilen zerbitzu fidagarria:** helmugako saio-mailari, jatorriko saio-mailak bidalitako PDU **guztiak ordena berean** pasatzen dizkio, terminalen arteko sarea edonolakoa izanda ere. Sarean erabilitako teknologia zirkuitu birtualen bidezkoa balitz, garraio-mailako entitateak lan gutxiago izango luke. Bestela,

1.- DATU-SAREAK

datagrama modukoa balitz, zerbitzu-kalitate hori lortzeko, fluxu-kontrola eta errore-detekzioa eta berreskuratzea egin beharko lituzke.

- **Konexiorik gabeko zerbitzu ez fidagarria:** Kasu honetan, garraio-mailaren eginkizuna jatorriko saio-mailako PDUak helmuga egokiaren saio-mailako entitateera bidaltzea besterik ez litzateke. Sarean erabilitako teknologia datagrama modukoa denean gerta daitezkeen erroreak (PDUak desordenatzea, galtzea edo errepikatuta iristea) detektatu eta konpontzea beharrezkoa den ala ez, gainera mailek erabaki eta egin beharko dute (aplikazioaren arabera izan ohi da).

Garraio-mailak, gainera saio-mailak pasatutako SDUekin eratzen dituen segmentuen tamaina azpiko sare-mailak kudeatzen duen tamainara egokitzeko, SDU horien **zatikitzea eta birmuntatzea** edo **elkarketa eta banaketa** egiten ditu. Irudi honetan azaltzen da:



18. irudia. Zatikitze/birmuntatzea eta elkarketa/banaketa.

SARE-MAILA

Sarearen bidez, garraio-mailako T-PDUak **pakete** moduan bidaltzeaz arduratzen da. Terminaletan zein nodoetan gertatzen den lehen/azken maila da. OSI jarraitzen duten sareetan, sare-mailako protokoloek bi bertsio izan ohi dituzte, terminaletako entitateena (jatorri- eta helmuga-muturrena) eta nodoetako entitateena. Terminaletako entitateak dira bikote-entitateak; nodoetako entitateak ezin dira jatorri edo helmuga izan. Horregatik, OSIn, terminaletako entitateentzat **helbide** deituriko

1.- DATU-SAREAK

identifikatzaile bakunak definitzen dira, komunikazioen jatorri edo helmuga moduan lan egin ahal dezaten.

Informazio-transferentzia jatorriko terminaletik helmugaraino paketeak **bideratuz** egin behar da, eta bideratze hori sareko nodoetako sare-mailako entitateek egiten dute. Kasu batzuetan, bideratzea komunikazioko pakete guztiek jasango dute, eta besteetan, berriz, ez, sare-mailan erabiltzen den teknologiaren arabera (datagramak edo zirkuitu birtualak). Sare-mailak sarearen existentzia bera ezkututzen dio garraio-mailari; sarea garden bihurtzen du harentzat.

Bi terminal sare berera konektaturik daudenean, paketeek jasaten duten bideratze-prozedura berdina da nodo guztietan. Sare ezberdinekin, berriz, bideratze-prozedura ere ezberdina izan daiteke. Kasu horretan, **interkonexio-prozedurak** behar dira, paketeen bideratzea sare ezberdinak elkarrekin lotzen dituzten interkonexiorako makina berezietan egiteko.

Sare-maila arduratzen da, halaber, paketeen trafiko-igoeragatik gerta daitezkeen kongestioak ondo kudeatzeaz.

LOTURA-MAILA

Lotura-mailak **trama** deituriko blokeen (PDUen) transferentzia egiten du, bi nodo zuzenean konektatzen dituen transmisio-sistema simple baten bidez. Lotura hitza, beraz, elkarrekin zuzenean konektatzen dituen transmisio-sistema izendatzeko erabiltzen da.

Maila hau sare-mailatik iritsitako L-SDUekin tramak sortzeaz arduratzen da. Helmugan, berriz, maila honi dagokio transmisio-sistemaren kalitatea dela-eta gertatzen den tramen hondaketa (bitak txarto iristea), galera edo bikoizketen arazoez arduratzea. Beste eginkizun garrantzitsu bat da loturaren alde bateko jatorri azkar batek beste aldeko helmuga geldo bat ez asetzeaz arduratzea; horri fluxu-kontrol deritzo.

Lotura kontzeptuak nodo bi baino gehiago difusiozko transmisio-sistema berera konektatuta dauden kasua ere hartzen du. Kasu horretan, **transmisio-bitartekora sartzeko kontrola** beharrezkoa da, transmisio-sistemaren erabilera koordinatzeko.

MAILA FISIKOA

Maila fisikoa transmisio-bitarteko fisiko batetik bitak transmititzeaz arduratzen da. Maila fisikoaren diseinuak ziurtatu behar du alde batean 0 bat bidaltzen denean bestean ere 0 bat jasotzen dela. Hala, 0 bat adierazteko zenbat volt erabili, bit bakoitzaren iraupena, konektoreen punta kopurua eta bakoitzaren erabilera,... maila honen ardura dira.

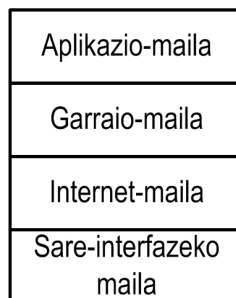
1.4.4.- TCP/IP arkitektura

1.4.4.1.- TCP/IPren historia

ISO erakundea jada OSI erreferentzia-ereduan lanean ari zela, maila bakoitzean erabili beharreko protokolo estandarrak garatuz, TCP/IP arkitektura OSIren alternatiba moduan agertu zen. TCP/IP, AEBko Berkeley unibertsitateko UNIX sistema eragilearekin batera banatu zen dohainik, eta instituzio akademiko askotan era askotako aplikazioak garatu ziren. Garapen horretatik, Internet sortu zen.

1.4.4.2.- TCP/IP arkitekturaren mailak

Irudian, TCP/IP arkitekturaren mailak azaltzen dira:



19. irudia. TCP/IP arkitektura.

APLIKAZIO-MAILA

TCP/IP arkitekturako aplikazio-mailak OSI erreferentzia-ereduko hiru maila gorenen funtzioak biltzen ditu.

Protokolo horietako zaharrenak TELNET (terminal birtualen aplikazioetarakoa), FTP (fitxategien transferentziarakoa) eta SMTP (posta elektronikoarena) dira. Urteekin, protokolo gehiago sortu dira; adibidez, DNS zerbitzuarena, zerbitzari moduko terminalen helbideak beren URL izenekin erlazionatzeko balio duena eta HTTP (web orrien transmisiorako protokoloa) TCP/IPko aplikazio-mailako protokoloak dira.

GARRAIO-MAILA

TCP/IP arkitekturako garraio-maila, OSIko garraio-maila bezala, muturretako makinetan gertatzen den lehen/azken maila da. Horrela, muturretik muturrerainoko bi protokolo definitu ziren, TCP eta UDP.

1.- DATU-SAREAK

- **TCP** (*Transmission Control Protocol*): **Konexioa darabilen protokolo fidagarria** da. Makina batean sortutako mezuak (A-PDUak) beste makina bateko aplikazio-mailako entitatera errorerik gabe (errepikapen edo galerarik gabe) eta ordenan iristea ahalbidetzen du. Protokolo hau gai da **zaticatze/birmuntatze** prozesuak egiteko. Konexio kontzeptua garatzeko, **komunikazioa 3 fasetan** gauzatzen da, konexio-ezarpenaren fasea, datu-transferentziako fasea eta konexio-askapenaren fasea.
- **UDP** (*User Datagram Protocol*): **Konexiorik gabeko protokolo ez fidagarria** da, TCPk eskaintako fluxu- eta errore-kontrolak erabili behar/nahi ez duten aplikazioentzat diseinatu. Aplikazio horiek berek inplementatu beharko dituzte fluxu- eta errore-kontrolak. Komunikazio azkarra komunikazio ziurra baino garrantzitsuagoa den aplikazioetan erabiltzen da. **Ez** ditu **zaticatze/birmuntatze** prozesurik egiten.

INTERNET-MAILA

Internet-maila OSIko sare-maila bezalakoa da, baina **konexiorik gabeko pakete-kommutazioa besterik** ez du gauzatzen. Horregatik, maila honetako paketei datagrama deritze.

Internet-maila honetan protokolo ofizial bat erabiltzen da, **IP** deiturikoa, paketeen bideratzea eta zaticatze/birmuntatze prozesuak egiteko. Kongestio-kontrolaz eta sareko nodoen arazoez arduratzeko, berriz, **ICMP** protokoloa erabiltzen da maila honetan. Azkenik, difusiozko transmisio-bitartekoetan sortzen diren helbideratze-arazoez arduratzeko, **ARP** eta **RARP** protokoloak.

OSIren sare-mailarekiko bi ezberdintasun garrantzitsu ditu: terminal zein nodoetan IP bertsio bera erabiltzen da eta guztietarako **helbide global bakarrak** definitzen ditu.

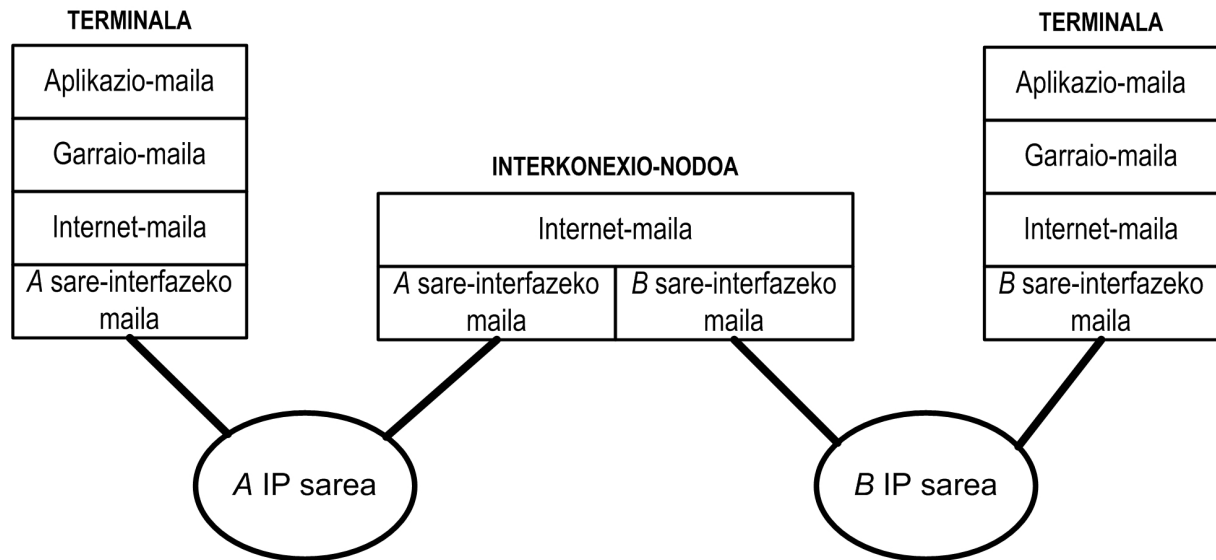
Datagramak ez dira zertan ordenaturik iritsi behar; beraz, Internet-mailatik gorako mailen eginkizuna da datagramak ordenatzea.

SAREKO INTERFAZE-MAILA

IP datagramak transmisio-sistemaren arabera bidaltzeaz arduratzen da.

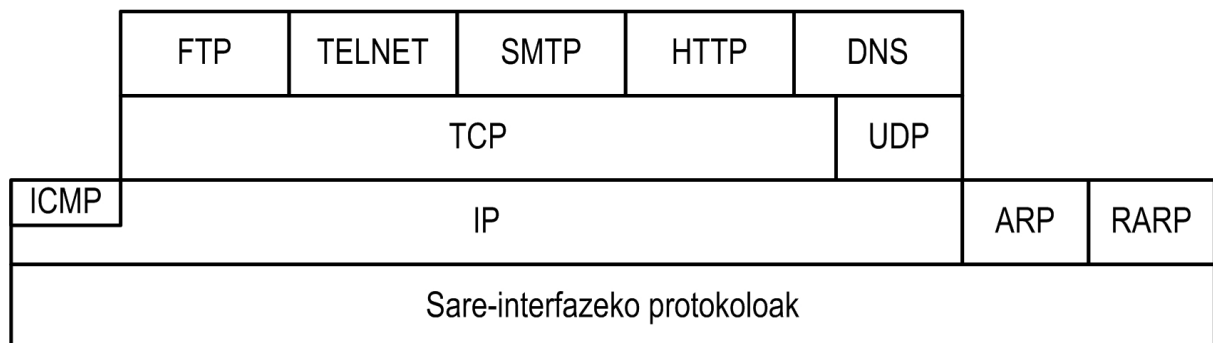
TCP/IP arkitektura darabilten bi sareetako makinak irudi honetan ikusten den modura interkonektatzen dira:

1.- DATU-SAREAK



20. irudia. TCP/IP sareetako makinaren interkonexioa.

Beste irudi honetan, berriz, TCP/IP arkitekturaren erabiltzen diren protokoloen eskema ikusten da:



21. irudia. TCP/IP arkitekturako protokoloen eskema.

1.4.5.- OSI eta TCP/IP arkitekturen arteko aldeak

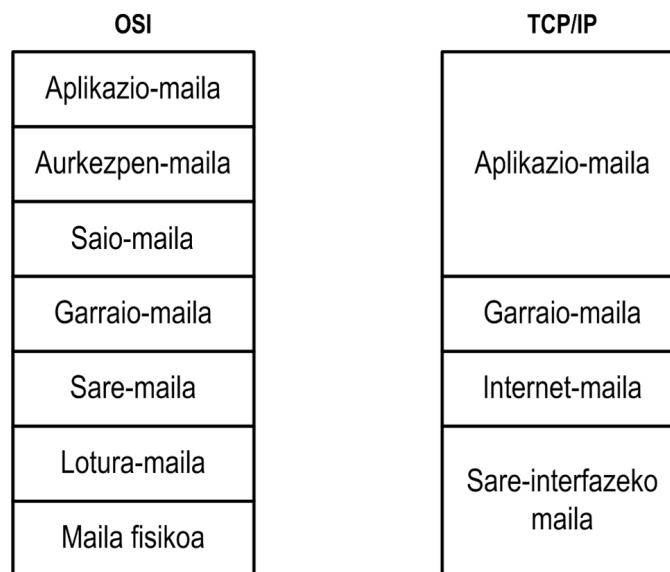
OSI eta TCP/IP arkitekturek badauzkate antzekotasunak: biek protokolo independenteak erabiltzen dituzte, definitutako mailek antzeko funtzionaltasuna dute. eta garraio-mailak eta haren gainekoak muturretik muturrerainoko zerbitzua ematen dute (muturreko terminaletan bakarrik inplementatzen dira).

Baina badira ezberdintasun asko ere:

- OSI eremuan, zerbitzu, interfaze eta protokolo kontzeptuak ondo definituak daude, eta OSI erabiltzen duten sareetan, definizio horiek errespetatzen dira. TCP/IP arkitekturak ez zuen hasiera batean kontzeptu horien bereizketa handirik egin. Ondorioz, OSI eremuan errazagoa da protokolo-aldaketa bat egitea TCP/IPn baino.

1.- DATU-SAREAK

- OSI ereduak protokoloak garatu baino lehen sortu zen. Horregatik, eredu hori ez zen protokolo zehatzetan oinarritu, eta oso orokor bilakatu zen. Prozesu horrek bazuen alderdi txar bat: diseinatzaileek ez zuten esperientzia handirik, eta ez zuten oso ondo jakin zein funtzionalitate eman maila bakoitzari. Adibidez, Lotura-maila puntutik punturako loturetan pentsatuz diseinatu zen hasieran; difusio moduko transmisio-sistemak iristean, maila horretan azpimaila berri bat sartu behar izan zen. TC/IPrekin alderantzizkoa gertatu zen. Lehenengo, protokoloak zeuden, eta TCP/IP arkitektura hori protokoloen aurkezpen modura sortu zen.
- Bi ereduaren arteko ezberdintasun ikusgarriena mailen kopurua da.



22. irudia. OSI eta TCP/IP arkitekturen mailen arteko alderaketa.

- Beste ezberdintasun bat da komunikazioak konexioa darabilen ala konexiorik gabekoa den. OSI ereduko sare-mailan bi komunikazio motak gerta daitezke, eta garraio-mailan OSI konexioduna hobesten du. TCP/IPk, aldiz, Internet-mailan konexiorik gabeko komunikazioa darabil, eta garraio-mailan bi komunikazio motak eskaintzen ditu, erabiltzaileak aukeratzeko.

1.5.- ESTANDARIZAZIO-ERAKUNDEAK

Sareen estandarizazioan, arauak bi kategoriatan sailkatzen dira:

- **De facto** motako arauak inongo plan formalik gabe agertutakoak dira.
- **De jure** motako arauak estandar legal eta formalak dira, estandarizazio-erakunderen batek garatutako eta/edo onartutakoak.

1.- DATU-SAREAK

1.5.1.- Nazioarteko estandarrak

- **ISO** (*International Standard Organization*): Nazioarteko erakunde bat da, industria eta merkataritzarako estandarrak idazten eta zabaltzen dituena. Haren partaideak estatuetako estandar-erakundeak dira (ANSI, AEBn; DIN, Alemanian;...).

ISO erakundearen barruan arau berriren bat argitaratu nahi denean, pauso hauek eman behar dira:

- **CD** (*Committee Draft*): Komitearen zirriborroa.
- **DIS** (*Draft International Standard*): Nazioarteko estandarraren zirriborroa.
- **IS** (*International Standard*): Argitaratutako estandarra.

Prozesu hori guztiz amaitzeko, ia urtebete behar da, gutxienez.

- **IEEE**: Elektronika eta Industria Ingeniarien Institutua. Ipar Amerikan sortutako erakundea da, eta estandarrak ematen ditu zenbait arlotan.

1.5.2.- Telekomunikazioen estandarizazioa

- **PTT**: Gobernuak komunikazioen monopolioa duen estatuetan, telekomunikazioen kontrola gobernuaren esku egoten da. Kasu horietan, PTT delakoak posta, telegrafo eta telefonoen kudeaketa egiten du.
- **ETSI**: Telekomunikazio Estandarretarako Europako Institutua.
- **ITU**: Nazioarteko Telekomunikazioetarako Elkartea. Telekomunikazioei buruzko estandarrak finkatzen dituen nazioarteko erakunderik garrantzitsuena da. ITUren barnean bi erakunde hauek daude:
 - **ITU-T**: Datuen telekomunikaziorako aholku elektriko eta funtzionalak zehazten dituena. Garai batean, **CCITT** izena izan zuen. ISO erakundea ITU-Tko partaide da. 5 partaide mota ditu: PTTak, operadore pribatu ezagunak, eskualdeko telekomunikazio-erakundeak (ETSI, adibidez), telekomunikazio-erakunde komertzial eta zientifikoak, eta beste erakunde interesatu batzuk.
 - **ITU-R**: Irrati-komunikazioetarako estandarrak zehazten dituena.

1.5.3.- Interneten estandarrak

1.- DATU-SAREAK

IAB (*Internet Activities Board*): ARPANET hasi zenean, DoDek jarraipena egiteko batzorde bat sortu zuen, IAB izango zena. Beranduago, *Internet Architecture Board* izenez berrizendatu zen.

IAB barnean bi batzorde daude:

- **IETF**: Interneteko ingeniartzarako batzordea.
- **IRTF**: Interneteko ikerkuntza batzordea.

Internetarako arauak zehazteko prozedura ISOrena baino errazagoa da. Erabiltzaileen batek zerbait berria asmatzen duenean, **RFC** (*Request For Comments*) izeneko txostena sortzen du. Txostena IETF batzordera bidaltzen da, eta 6 hilabetez probatan ipintzen da. Arazorik ez badago, ontzat ematen da.

2.- LOTURA-MAILA

2.1.- LOTURA-MAILAREN DESKRIBAPENA

OSIren lotura-maila fisikoki elkarrekin loturik dauden ekipoen arteko komunikazioaz arduratzen da. Bi ekipo fisikoki elkarrekin loturik daudela edo lotura fisiko bat dutela esatean, elkarren artean transmisio-sistema simple bakarra dagoela esan nahi da.

Transmisio-sistema baten muturretan edozein motatako ekipoak egon daitezke, hau da, terminalak zein sareko nodoak. Gai honetan ikusiko ditugun lotura-mailako protokoloek ez dute ekipo moten artean bereizten; horregatik, "estazio" hitzarekin izendatuko dira muturretako ekipoak.

OSIk maila honetako lana konexioduna eta fidagarria izatea zehazten du; horrela, jatorriko sare-mailak bidalitako datu guztiak ordena berean iritsiko dira transmisio-sistemaren helmuga-muturreko sare-mailara .

OSIren lotura-mailak 4 funtzionaltasun ditu:

- Tramen sorrera
- Fluxu-kontrola
- Erroreen tratamendua
- Loturaren kudeaketa

2.1.1.- Tramen sorrera

Transmisio-bitarteko fisikora bidaltzen diren bitek lotura-mailako PDU datu-unitate (L-PDU) bat eratuz taldekaturik egon behar dute (**1.- DATU-SAREAK** gaiko 1.4.2.1.- Interfaze eta zerbitzuak puntua). Lotura-mailako PDUei **trama** izena ere ematen zaie.

Transmisio-bitarteko fisiko batetik jasotzen diren tramak elkarren artean bereizi ahal izateko, seinale bereziak erabili behar dira. Komunikazio digitaletan, bit-sekuentzia jakinak bidaliz egiten da hori. Bit-sekuentzia horiek *mugatze-informazioa* direla esaten da. Lotura-mailako entitateen zeregina da jatorrian mugatze-informazio hori transmisiorako modu egokian sortzea, helmugan ondo identifikatzea eta transmisio-bitartekoan gerta daitezkeen interferentziekin ez nahastea.

Trama horietan, bikote-entitateari zuzendutako kontrol-informazioa egongo da (L-PCI), eta, batzuetan, tramaren jatorriaren erabiltzailetik (jatorriko sare-mailatik) iritsitako informazioa ere bai (L-SDU). Tramak lotura-mailan erabiltzen den protokolo zehatzaren arabera sortzea ere lotura-mailaren zeregina da.

2.1.2.- Fluxu-kontrola

Bi makinak lotzen dituen loturaren erabilera egokia izan dadin, eragotzi behar da estazio azkar batek estazio geldo bat asetzea, eta kontrakoa, estazio geldo batek estazio azkar bat gaizki funtzionaraztea. Horretarako, fluxu-kontrola inplementatu behar du lotura-mailak, estazioen **sinkronizazioa** gauzatzuz.

Fluxua kontrolatzeko zenbait teknika daude, eta, oro har, trama bat noiz transmititu behar den erabakitzeko balio dute. Denbora oso garrantzitsua da fluxu-kontrolan; horregatik, denbora neurtzeko gailuak, *tenporizadoreak*, 2. mailako entitateen parte dira.

2.1.3.- Erroreen tratamendua

Bitak adierazten dituzten seinaleak transmisio-bitarteko fisikoetan hedatzean, transmisio-bitartekoaren luzera eta kanpoko seinaleen interferentzien arabera degradazioak jasaten dituzte; hots, transmisio-bitartekoaren hasieran sartutako seinalea eta amaieran ateratakoa ez dira guztiz berdinak. Degradazio hori transmisio-bitartekoaren kalitatearen arabera da, batzuetan txikiagoa eta besteetan handiagoa.

Helmugan, lotura-mailak jasotako traman erroreak dauden detektatzeko gai izan behar du gutxienez. Horrela, protokolo fidagarria inplementatu behar badu, erroreak dituzten tramak konpondu edo jatorritik berriz lortzeko gai izan behar du; aldiz, protokolo ez fidagarria erabiltzen duenean, sare-mailari erroreak dituen L-SDUrik ez dio pasatu behar.

Erroreen detekzioa egiteko, jatorri-estazioak bidaltzen duen trama bakoitzean, helmugan ondo iritsi den egiaztatzeko informazioa sartzan du. Informazio hori *erredundantea* dela esaten da, bitak egiaztatzeko bakarrik balio baitu.

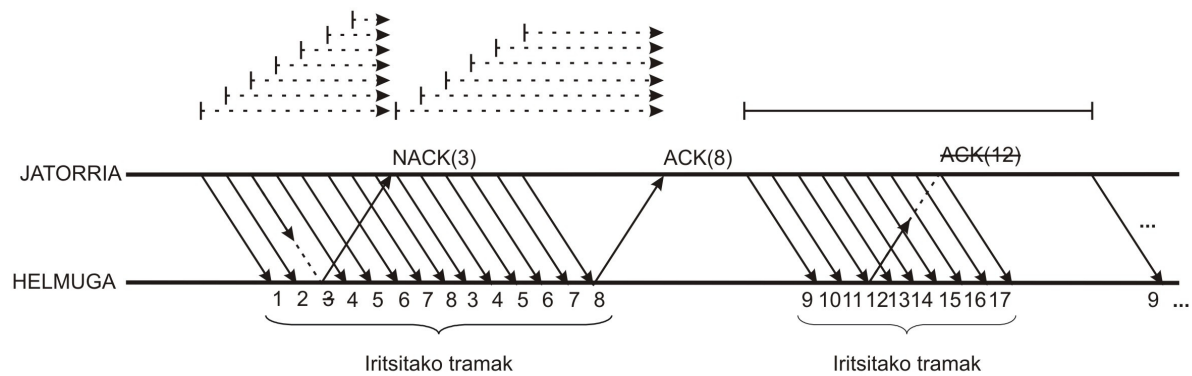
Bi estrategia ezberdin daude erroreen tratamenduan: erroreen detekzioa eta erroreen zuzenketa.

2.1.3.1.- Erroreen detekziorako kodeak

Kode horiek iritsitako trama bateko biten batzuk txarto dauden jakiteko balio dute, baina ez zein diren jakiteko. Horrelako kodeak eraginkorrak dira beste estrategiakoen aurrean. Fidagarriak diren lotura-mailako protokoloetan, gainera, erroreekin iritsitako tramak jatorriari berriz eskatzeko modua egongo da.

Lotura-mailako protokolo fidagarrietan erroreekin iritsitako tramak berriro eskatzeko, teknika bat baino gehiago dago; ezagunenekoak ARQ teknikak dira. Horietan, bi motatako tramak erabiltzen dira, informazio-tramak (sare-mailak pasatutako SDUa daramatenak) eta kontrol-tramak (SDUrik ez daramatenak, soilik erroreekin jasotako

2.- LOTURA-MAILA



2. irudia. Go-Back N ARQ.

Jatorriak hainbat datu-trama segidan bidal ditzake. Aurreko kasuan bezala, datu-trama bakoitzeko tenporizadore bat hasten da, tramaren zuzentasunari buruzko informazioak noiz iritsi behar duen kontrolatzeko. Helmugak datu-tramen zuzentasunari buruzko informazioa adierazteko, bi kontrol-trama mota ditu, ACK (ondo iritsitakoentzat) eta NACK (txarto iritsitakoentzat).

Teknika honetan, jatorriak datu-tramak elkarrengandik bereizteko eta helmugak haien zuzentasunaren inguruko informazioa adierazteko, **sekuentzia-zenbakiak** erabiltzen dira, trama bakoitzarentzako zenbaki moduko identifikatzaileak alegia. Trama batean sekuentzia-zenbakiak adierazteko erabil daitezkeen bit kopurua mugatua denez, haien zuzentasunari buruzko erantzunik gabe segidan gehienez bidal daitezkeen trama kopurua ere mugatu behar da; muga horri **leiho labainkorraren tamaina** deritzen.

Helmugak ez du zertan ondo iritsitako datu-trama bakoitzeko ACK bat erantzun; leiho labainkorraren tamaina eta tenporizadoreen balioak jakinak eta beti berdinak izanik, datu-trama zuzenen erantzuna "taldeka" eman dezake. Jatorriak, datu-trama bati buruzko NACKa jaso badu edo dagokion tenporizadorearen denbora amaitu bazaio, **trama hori eta beraren ondoren bidalitako guztiak** berriro bidaltzen ditu. NACKa, berriz, trama oker bat detektatu bezain laster bidali behar du helmugak. NACKak, aldi berean, errorea detektatu aurreko trama guztiak zuzenak izan direla ere adierazten du.

2. Irudian, adibidez, ACK(8)k 3tik 8ra arteko sekuentzia-zenbakia duten tramak egiaztatzen ditu. NACK(3)k, berriz, 1 eta 2 tramak ondo iritsi direla eta 3tik aurrerako guztiak errepikatzea adierazten du.

Hala, transmisio-sistema Stop&Wait ARQn baino hobeto erabiltzen da, jatorriak ez baitu tenporizadorearen denbora amaitu arte itxaron behar dagokion informazio-trama txarto iritsi dela konturatzeko. Helmugak ere ez ditu hainbeste erantzun transmititu behar. Helmugaren lana, ordea, Stop&Waitekin baino konplexuagoa da, erroreak detektatzeaz gainera (Stop&Waitekin egin beharreko bakarra), tenporizadoreak eta sekuentzia-zenbakiak ere kontrolatu behar baititu.

2.- LOTURA-MAILA

- **Selective Repeat ARQ:**

Aurreko Go-back N teknikarekiko ezberdintasun bakarra zera da, jatorriak NACK bat jasotzen duenean hartan adierazitako **trama bakarrik** errepikatzen duela.

Aurreko teknika baino eraginkorragoa da, transmisio-sistemaren erabilera aldetik. Helmugaren lana, berriz, are konplexuagoa da. Demagun leiho labainkorraren tamaina 5 dela, jatorriak 1-5 sekuentzia-zenbakidun tramak segidan bidaltzen dituela eta 3 zenbakiduna txarto iristen dela. Helmugak, fidagarritasuna betetzeko, jatorritik 3 zenbakiduna zuzen iritsi arte ezingo dizkio 3, 4 eta 5 datu-tramak gaineko sare-mailari pasa. Go-back N teknikan ez bezala, harrera-memoria bat behar du helmugak, txarto iritsitako datu-trama baten ondorengo trama zuzenak gordetzeko.

2.1.3.2.- Erroreen zuzenketarako kodeak

Iritsitako trama batean txarto zein bit dauden antzeman eta, beraz, zuzentzea ahalbidetzen dute.

Kode hauek ez dira aurrekoak bezain eraginkorrak, erroreen zuzenketa egin ahal izateko informazio erredundante gehiago bidali behar baita trama bakoitzean. Transmisio-bitarteko fisikoa oso txarra izan eta fidagarritasuna nahi denean bakarrik izango dira eraginkorrak.

2.1.4.- Loturaren kudeaketa

Sare-mailari ematen ari zaion zerbitzuaren araberakoa izango da loturaren kudeaketa funtzionalitate hau. OSIk, lotura-mailan, konexioa darabilen komunikazioa erabiltzea ezartzen du. Hala, OSRi jarraitzean, beraz, loturaren kudeaketa izeneko funtzionalitate hau lotura-mailako bikote-entitateen arteko konexioa ezartzeaz, mantentzeaz eta askatzeaz arduratzen da.

2.2.- LOTURA-MAILAKO PROTOKOLOAK

Lotura-mailako protokoloen lehen sailkapen batean, protokolo asinkronoak eta protokolo sinkronoak bereizten dira.

Protokolo asinkronoetan, loturaren mutur bakoitzak bere erloju propioa erabiltzen du bit bakoitzaren denbora neurtzeko. Datuak karakterez karaktere bidaltzen dira; **segidan doazen datu-karaktereen arteko denbora** aldi **bakoitzean ezberdina** izan daiteke, eta **ez da aurretik jakina**.

Protokolo sinkronoetan, loturaren mutur bakoitzak elkarrekin sinkronizatutako erlojuak erabiltzen dituzte, eta **segidan doazen datu-karaktereen arteko denbora aurretik finkatutako denbora-unitate jakin baten multiploa** da beti.

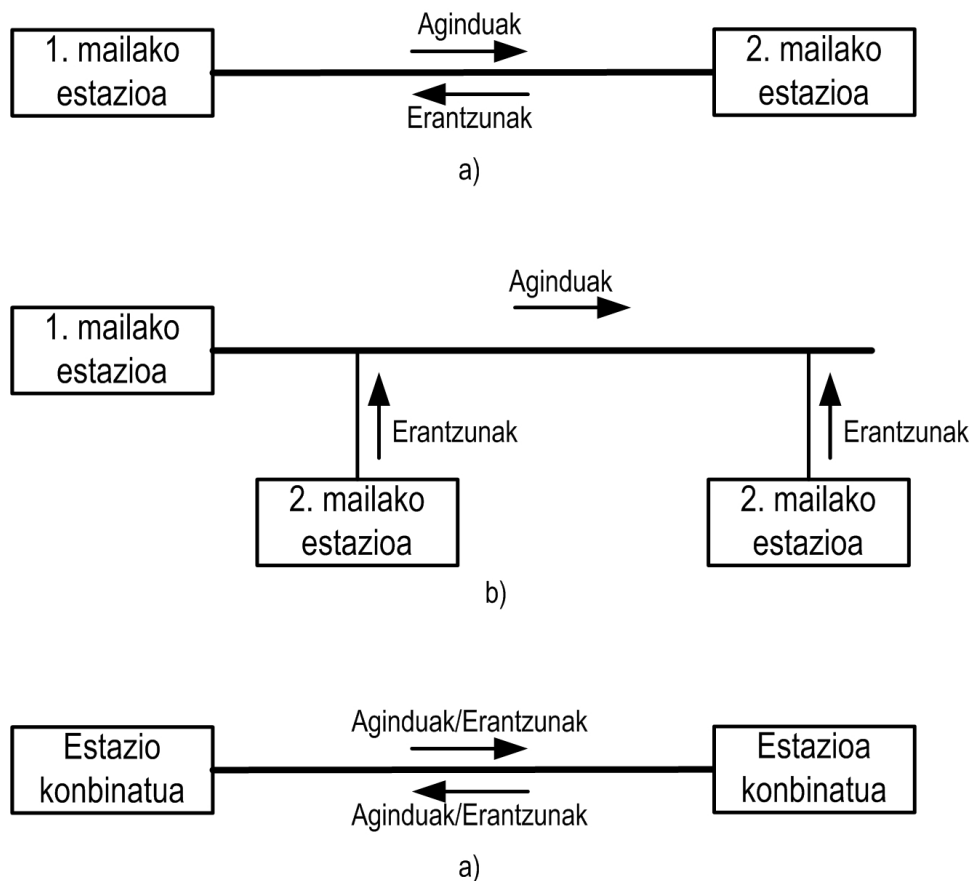
2.- LOTURA-MAILA

Protokolo sinkronoen barruan, badira beste bi protokolo mota:

- **Karakteretan oinarritutako protokoloak:** Zaharrenak dira. Informazio-unitate modura, karaktereak erabiltzen dituzte. Adibidez: TTY, BSC, UTS,...
- **Bitetan oinarritutako protokoloak:** OSI ereduak erabiltzen dituenak dira. Informazio-unitate modura, bit edo bit multzoak erabiltzen dituzte. Adibidez: HDLC, LAPB, LAPD,...

2.3.- HDLC

HDLC protokoloa ISOk loturetarako definitutako nazioarteko arau bat da (IS 3309, IS 4335). Irudi honetan azaltzen den bezala, mota ezberdinetako lotura fisikoetan erabil daiteke:



3. irudia. HDLC lotura fisiko ezberdinetan.

HDCLk 3 estazio mota bereizten ditu:

- **1. mailako estazioak:** Loturaren kudeaketan kontrol osoa egiten dute. **Agindu-tramak bidali** eta **erantzun-tramak jasotzen** dituzte.

2.- LOTURA-MAILA

- **2. mailako estazioak:** Loturaren kudeaketan kontrol mugatua baino ezin dute egin; aginduak jaso, eta erantzunak bidaltzen dizkiete 1. mailako estazioei. Ezin dira 2. mailako beste estazioekin zuzenean komunikatu.
- **Estazio konbinatuak:** Loturaren kudeaketan kontrol osoa egin dezakete. 1. eta 2. mailako estazioen modura funtzionatzen dute, hau da, aginduak eta erantzunak jaso eta bidal ditzakete.

Lotura-mailan gerta daitezken konfigurazio motak bi taldeotan sailkatzen dira:

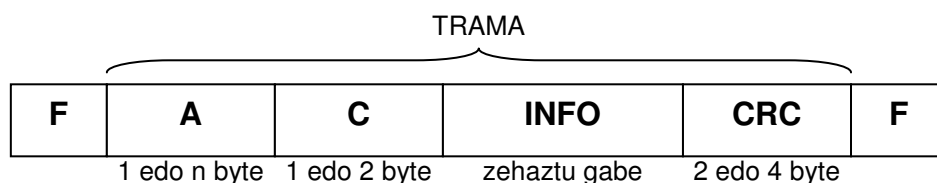
- **Ez orekatua:** Loturaren alde batean 1. mailako estazio bat eta, beste aldean, 2. mailako estazio bat (puntutik punturako konfigurazioa) edo gehiago dituzten konfigurazioak (puntutik puntu askotarako konfigurazioa). Informazio-transferentzia, 1. mailako eta 2. mailako estazioen artean gertatzen da beti, eta kontrola 1. mailako estazioak du.
- **Orekatua:** Konfigurazio hauetako estazioak logikoki berdinak dira, hau da, alde bakoitzean estazio konbinatu bat dago, eta loturaren kontrola bien artean egiten dute. Puntutik punturako konfigurazio bat da **beti**.

Konfigurazioaren arabera, 3 **datu-transferentzia modu** edo **operazio mota** bereizten dira:

- **Erantzun Modu Arrunta (NRM):** Konfigurazio ez orekatua darabil. 2. mailako estazio batek datu-transferentzia egin dezake, bakar-bakarrik 1. mailako estaziotik horretarako baimena jasotzean. 2. mailako estazioak transferentzia noiz bukatzen duen adierazten du. Lotura fisikoa, puntutik puntu askotarako modukoa kontsideratzen da beti, halakoa ez bada ere.
- **Erantzun Modu Asinkronoa (ARM):** Konfigurazio ez orekatuak darabiltza, halaber, baina 2. mailako estazioek ez dute 1. mailakoaren baimenik behar transmititzeko.
- **Modu Asinkrono Orekatua (ABM):** Konfigurazio orekatuetan erabiltzen da. Lotura fisikoa puntutik punturako modukoa da beti, eta mutur bakoitzean estazio konbinatu bat dago.

2.3.1.- Tramen egitura eta motak

HDLC tramen egitura irudian agertzen denaren modukoa da:



4. irudia. HDLC trama.

2.- LOTURA-MAILA

- **F (Flag):** Tramaren mugen adierazlea (mugatze-informazioa).

Bit-sekuentzia bakun bat da, (01111110 edo 7Eh). Haren eginkizuna estazioetako transmisore eta hartzaileak sinkronizatzea da. Trama baten hasiera adierazten du, eta amaieran jartzen den sekuentziak hurrengo tramaren hasiera adieraz dezake. Elkarren segidan doazen bi tramaren artean, flag hauetako hainbat transmiti daitezke (gutxienez, bat).

Bit-sekuentzia hori tramaren beste eremuetan ere suerta daiteke. Ezer egin ezean, eta 7Eh sekuentzia beste eremuren batean balego, helmuga-muturreko hartzaileak tramaren amaierako F gisa interpretatuko luke, benetan hala ez bada ere. Hori ekiditeko, 7Eh sekuentzia Ftik kanpo gertatzen den bakoitzean, modu gardenduan bidaltzen da. Hau da, transmisoreak, trama bat transmititzen ari dela bost 1eko bit jarraian bidaltzen dituela konturatzen bada, 0 bit bat sartzen du beti (bit horiek tramaren edozein eremutan daudela ere). Hartzaileak, berriz, trama baten bitetan bost 1eko bit jarraian jasotzen dituenean, hurrengo bita 0 den egiaztatzen du. Hala bada, transmisoreak sartu du, eta ez du kontutan hartzen. Ez bada, haren hurrengoak 0 izan behar du, eta flag bat jaso da, trama mugatzen duena. Teknika horri *bit stuffing* (bitak gehitzea) deritzen.

Adibidea:

Demagun, makina bateko lotura-mailak HDLC protokoloa darabilela eta bit-sekuentzia hau bidali behar duela transmisio-bitarteko fisikora:

0110111111111100

Bit bakoitza transmisio-bitarteko fisikora bidali baino lehen, transmisoreak aurretik bidalitako bitek 011111 sekuentzia osatu duten kontrolatzen du, eta, hala bada, 0 bit bat bidaltzen du une horretan dagokion bita bidali baino lehen. Horrela, benetan transmisio-bitartekotik doan sekuentzia hau da:

011011111011111000 \Rightarrow Berez behar direnak baino 2 bit gehiago daude transmisio-bitartekoan

Demagun, orain, HDLC darabilen makina bateko lotura-mailan bit-sekuentzia hau jasotzen dela:

0001110111110111110110

Jasotako sekuentzia horretatik gehitutako 0ak kentzen dira sekuentzia trama baten parte moduan prozesatu baino lehen. Hala, tramaren parte moduan kontsideratzen den bit-sekuentzia hau izango da:

000111011111-11111-110

- **A (Address):** Helbide-eremua.

NRM eta ARM moduetan, agindu-trama bidaltzen zaion 2. mailako estazioa eta erantzun-trama bidaltzen duen 2. mailako estazioa identifikatzen ditu (modu ez-orekatuak dira, puntutik puntu askotarako konfigurazioa izan dezaketena); ABM moduan, berriz, puntutik punturako konfigurazioak erabiltzen direnez, agindu eta erantzunak desberdintzeko erabiltzen da.

Eremu honen luzera, 8 bitekoa da normalean (helbide modu *arrunta*), baina beste byte-multiplo batzuetara heda daiteke (helbide modu *hedatua*). Modu hedatuan, helbidea osatzen duten byte guztietako esangura gutxieneko bita (*lsb* bita) 0 izango da, azkenekoan izan ezik. Azken horretan, 1 izango da bit hori, byte hori helbidearen azken bytea dela adieraziz.

2.- LOTURA-MAILA

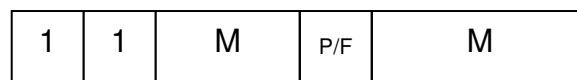
Bit guztiak 1 dituen helbideari **broadcast** deritzo, eta 1. mailako estazioak trama bat lotura fisikoko 2. mailako estazio guztiei bidaltzeko erabiltzen du (puntutik puntu askotarako loturetan bakarrik du zentzua).

Bit guztiak 0 dituen helbidea testak egiteko erabiltzen da.

- **C** (Control): Kontrol-eremua.

Eremu honek tramaren funtzioa eta helburua adierazten ditu. Zortzi (sekuentzia-zenbaki arrunta) edo hamasei (sekuentzia-zenbaki hedatua) bit izan ditzake. Funtzioaren eta helburuaren arabera, hiru trama mota bereizten dira HDLCn:

- **Trama ez zenbakituak** (NN): Loturako konexioa, NRM, ARM edo ABM moduetan ezarri eta askatzeko erabiltzen dira.



5. irudia. NN trama baten C eremua.

M bitek NN tramak adierazten duen agindu edo erantzunaren kodea osatzen dute. Kode horiekin adierazten da loturaren konexioa zein modutan ezarri nahi den, ezarpen hori onartzen den,... NRM operazio moduko komunikazioa ezartzeko trama, adibidez, SNRM da, eta beraren M bitetako kodea 00001 da; ABM modurako, SABM (11100), eta abar.

P/F bitari, agindu-trama batean bidaltzen denean, *Polling* bit deritzo (P). Erantzun-trama batean bidaltzen denean, berriz, *Final* bita da (F). Polling bita 1 balioaz bidaltzen bada, adierazten da loturaren beste muturrak bidali behar duen hurrengo tramak erantzun-trama bat izan behar duela, Final bita 1era duena. Erantzuna hainbat tramaz osatua badago, azkenekoari bakarrik jartzen zaio Final bita 1era. Final bita 1 balioaz bidaltzean, Polling bita 1 balioaz zuen agindu-trama batez erantzuten da.

Trama mota hauetan, ez da erabiltzaile-daturik (L-SDUrik) bidaltzen edo, beste modu batera esanda, INFO eremua hutsik dago (0 byteko luzera du). PCI bakarrik duten PDUak dira, beraz, trama mota hauek.

- **Informazio-tramak** (I): Erabiltzailearen (sare-mailaren) datuak garraiatzen dituzte; INFO eremuak, beraz, m byte garraiatuko ditu trama hauetan. I mota honetako tramen fluxu- eta errore-kontrola egiteko informazioa eramaten da C eremuan.



6. irudia. I trama baten C eremua.

2.- LOTURA-MAILA

P/F bita, I trama agindu modura bidaltzean, P izango da, eta erantzun modura bidaltzean, berriz, F. I agindu-trama batean $P=1$ bidaltzea bikote-entitateari fluxu- eta errore-kontrolerako erantzuna eskatzeko erabiltzen da. I erantzun-trama batean, berriz, $F=1$ bidaltzeko, bikote-entitateatik $P=1$ moduko agindua jasoa izan behar da.

$N(S)$ eremuak bidaltzen den I tramaren sekuentzia-zenbakia adierazten du.

$N(R)$ eremuak adierazten du loturaren beste muturretik jasotzen den hurrengo I tramak zein sekuentzia-zenbaki izatea espero duen. Aldi berean, esan nahi du estazio hartatik jasotako $N(R)-1$ sekuentzia-zenbakira arteko I tramak ondo jaso direla. Fluxu- eta errore-kontrolerako erabil daiteke, beraz, baina trama guztiak zuzen jaso diren kasuetan bakarrik; errorerik detektatu bada, ezin da I tramarik bidali hori adierazteko. Horri, *piggybacking* deritzo.

Sekuentzia-zenbaki hedatuekin, C eremuak 16 bit ditu; kasu horretan, $N(S)$ eta $N(R)$ eremuek 7 biteko luzera hartzen dute, eta leiho labainkorraren tamaina, beraz, handiagoa izan daiteke.

- **Gainbegiratze-tramak (S):** Fluxu- eta errore-kontrolerako erabiltzen dira.

1	0	S	P/F	$N(R)$
---	---	---	-----	--------

7. irudia. S trama baten C eremua.

P/F bitak aurreko kasuetako esanahi berdina du.

$N(R)$ eremuak adierazten du helmugatik jasotzea espero den hurrengo I tramaren sekuentzia-zenbakia ($N(S)$ eremua); S biten arabera, eragin ezberdina du eremu horrek helmugan.

Bi S bit daude. Haien arabera, lau S trama mota bereizten dira:

- **RR (00):** Trama hau bidaltzen duenak adierazten du tramak jasotzeko prest dagoela eta $N(R)-1$ sekuentzia-zenbakira arte jasotako I tramak ondo iritsi direla. Fluxu-kontrolaren ikuspuntutik, I trama bat bidaltzea bezala da, baina batzuetan estazioek ez dute erabiltzaile-daturik bidaltzeko; kasu horietan ezin dute I tramarik osatu, eta jasotako I tramak ondo iritsi direla eta gehiago jasotzeko prest daudela adierazteko modu bakarra RR tramak bidaltzea da. NRM moduan, P bita 1era jarrita, 1. mailako estazioak 2. mailako bati I tramak bidaltzeko behar duen baimena adierazteko erabiltzen da. Go-back N eta Selective Repeat tekniketako ACK tramaren eginkizuna betetzen du, fluxu-kontrollean hartzailea prest dagoela ere adieraziz.
- **RNR (10):** RR tramak bezala funtzionatzen du, baina bidaltzen duenak trama gehiago ezin dituela jaso adierazten du. NRMn ezin da 2. mailako estazioentzako agindu modura erabili (ez du zentzurik). Go-back N eta Selective Repeat tekniketako ACK tramaren eginkizuna betetzen du, fluxu-kontrollean hartzailea prest EZ dagoela ere adieraziz.

2.- LOTURA-MAILA

- **REJ** (01): $N(R)$ sekuentzia-zenbakitik aurrerako l tramak berriz bidaltzea eskatzen du, $N(R)-1$ sekuentzia-zenbakira arteko jasotako l tramak ondo iritsi direla adieraziz. Go-back N teknikako NACK tramaren eginkizuna betetzen du.
- **SREJ** (11): Trama konkretu bat ($N(R)$) berriz bidaltzeko eskatzen du. Selective Repeat teknikako ACK tramaren eginkizuna betetzen du.
- **INFO** (Information): Informazio-eremua.

Beste estaziora transmititu beharreko erabiltzaile-datuak (sare-mailatik jasotako L-SDUa) sartzen dira eremu honetan. l trametan bakarrik erabiltzen da eremu hau. Ez du luzera finkorik.

- **CRC**: Trama egiaztatzeko eremua.

Erroreak detektatzeko informazio erredundantea da. 16 edo 32 bit ditu eremu honek. Trama (F eremurik gabe) osatzen duten bit multzoaren eta **sortzaile-polinomioa** deiturikoaren arteko zatiduraren hondarra adierazten du. HDLCn erabiltzen den sortzaile-polinomioa CCITTk gomendatutako bat da.

2.3.2.- HDLCren funtzionamendua

2.3.2.1.- HDLC bertsioak

HDLC estandarrak protokoloaren bertsio ezberdinak inplementatzen dituzten ekipamenduak egitea ahalbidetzen du. Oinarrizko bertsioari jarraitzen dion ekipamendu batean, NRM, ARM edo ABM moduetan lan egiteko, SNRM, SARM edo SABM aginduak bidali behar dira, eta sekuentzia-zenbakiak modu arruntekoak dira (hiru bit). Sekuentzia-zenbaki hedatuak nahi badira, oinarrizko bertsioari *Sekuentzia-zenbaki hedatuen aukera* gehitu behar zaio; aurreko aginduen ordean, SNRME, SARME eta SABME aginduak erabili beharko dira modu bakoitzean sekuentzia-zenbaki hedatuak erabiltzeko.

Irudi honetan, oinarrizko bertsioa eta estandarrak definitutako aukerak agertzen dira:

2.- LOTURA-MAILA

Oinarrizko HDLC

Konfigurazioak:
Operazio moduak:
Estazioak:

Ez-Orekatu Arrunta (UN)	
NRM	
1. mailakoa	2. mailakoa
Aginduak	Erantzunak
SNRM	UA
I	DM
RR	I
RNR	RR
DISC	RNR
	FRMR

Ez-Orekatu Asinkronoa (UA)	
ARM	
1. mailakoa	2. mailakoa
Aginduak	Erantzunak
SARM	UA
I	DM
RR	I
RNR	RR
DISC	RNR
	FRMR

Orekatu Asinkronoa (BA)	
ABM	
Konbinatuak	
Aginduak	Erantzunak
SABM	UA
I	DM
RR	I
RNR	RR
DISC	RNR
	FRMR

HDLCren aukerak

	Aginduak	Erantzunak		Aginduak	Erantzunak
1	XID	XID	8	I	-
2	REJ	REJ	9	-	I
3	SREJ	SREJ	10	Sekuentzia-zenbaki hedatuak	
4	UI	UI	11	RESET	-
5	SIM	RIM	12	TEST	TEST
6	UP	-	13	-	RD
7	Helbide-formatu hedatua		14	32 biteko CRCa	

8. irudia. HDLC oinarrizko bertsioa eta aukerak.

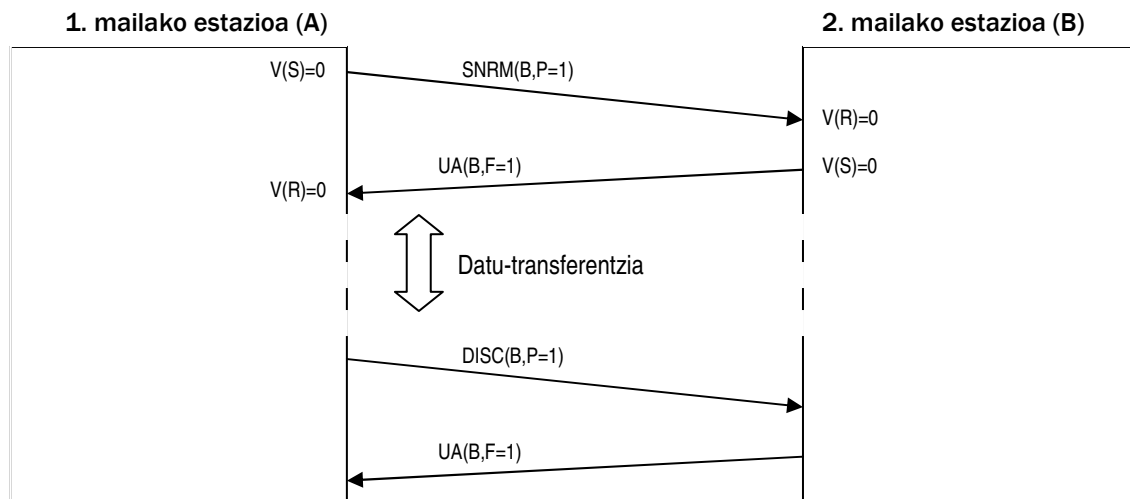
Komunikazioa modu egokian gauzatu dadin, loturaren bi muturrek protokolo-bertsio bera erabili behar dute, hau da, mutur batean oinarrizko bertsioa eta 2, 3 eta 10 aukerak erabiltzen dituen entitatea badago, beste muturrean ere horrelako entitate batek egon beharko du.

2.3.2.2.- Loturaren kudeaketa

HDLCk transmisio-sistema bakar batean konexioa darabilen komunikazio fidagarria ematen du. Horregatik, aurreko gaian konexioa darabilten pakete-kommutaziozko sareetan bezala, komunikazioa hiru fasetan gauzatzen da, baina, kasu honetan, transmisio-sistema bakar baten bidez. 1. fasea konexio-ezarpenaren fasea izango da; ondorengoa, datu-transferentzia fasea, eta, azkenik, konexio-askapenaren fasea izango da. Konexioaren ezarpena eta askapena NN tramak trukatzuz egiten da.

Irudian, NRM operazio modua puntutik puntu askotarako konfigurazio batean nola garatzen den adierazten da:

2.- LOTURA-MAILA



9. irudia. NRM, puntutik puntu askotarako konfigurazio batean.

1. mailako estazioak hasten du komunikazioa, SNRM deituriko trama bidaliz. Polling bita 1 balioaz bidaltzen du, eta helbide-eremuan dagokion 2. mailako estazioaren helbidea ere bidaltzen du. P bita 1 balioaz bidaltzean, dagokion 2. mailako estazioari erantzun bat bidaltzeko beharra ezartzen dio.

Dagokion 2. mailako estazioak, SNRM trama jasotzen duenean, UA NN trama bidaltzen du erantzun modura, Final bitan 1 balioa eta helbide-eremuan bere helbide propioa adieraziz. Final bita 1 balioaz jartzea beharrezkoa da, trama hori Polling bita 1 balioaz zuen agindu-trama baten erantzuna delako. Helbidean, erantzulea bera dela jarri behar du, puntutik puntu askotarako lotura fisiko batean erantzule posible asko izan daitezkeelako.

Horrela, konexioa ezarrita geratzen da. Ezarpen horren ondorioz, estazio bietako **sekuentzia-aldagaiak eta birtransmititze-kontuari** hasierako balioa ematen zaie (guztiek 0). Sekuentzia-aldagaiak eta birtransmititze-kontua fluxu- eta errore-kontrolerako erabiltzen dira.

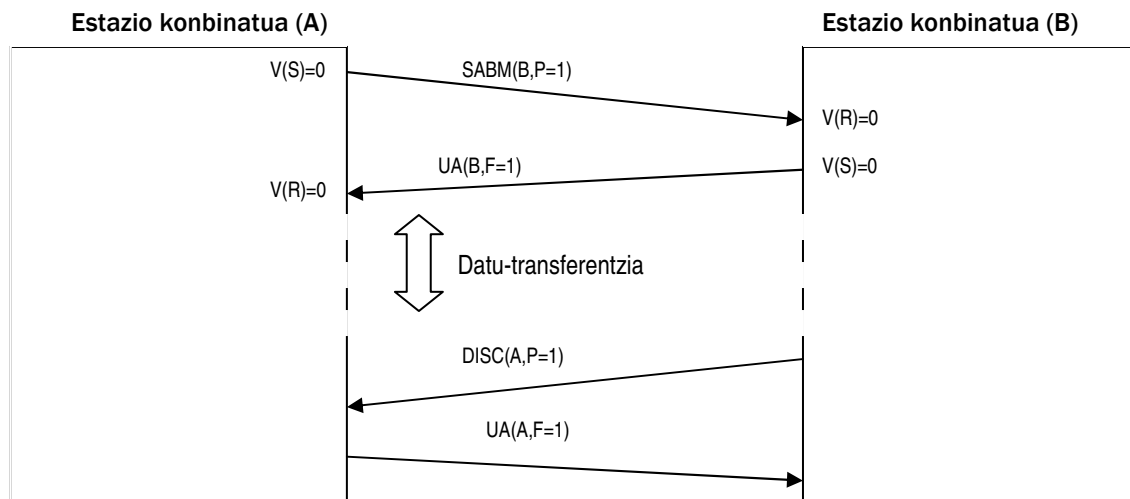
Konexio-ezarpenaren ondoren, datu-transferentziaren fasea gauzatuko da; fase horretan, sare-mailatik iritsitako SDUak garraiatuko dituzten I tramak bidali ahalko dira.

Datu-transferentzia amaitzen denean, konexioa askatu behar da. Horretarako, 1. mailako estazioak DISC trama bidaltzen du, Polling bitan 1 balioa eta helbide-eremuan dagokion 2. mailako estazioaren helbidea bidaliz.

Dagokion 2. mailako estazioak UA trama bidaltzen du erantzun modura, Final bitan 1 balioa eta helbide-eremuan bere helbide propioa adieraziz.

Beste irudi honetan, berriz, ABM operazio-modua puntutik punturako konfigurazio batean nola garatzen den adierazten da:

2.- LOTURA-MAILA



10. irudia. ABM operazio modua puntutik punturako konfigurazio batean.

Kasu honetan, bi estazio konbinatuen arteko komunikazioa gertatzen da.

Konexioaren ezarpena aurreko kasuan bezala egiten da, baina, kasu honetan, komunikazioaren bi muturretako edozein estaziok has dezake ezarpen hori. Ezarpena hasteko agindua SABM da kasu honetan.

Datu-transferentziaren fasea gauzatzen da ondoren.

Azkenik, konexioa desegiteko DISC agindua bidaltzen da. Hau ere, komunikazioaren bi muturretako edozeinek bidal dezake.

2. kasu honetan, puntutik punturako konfigurazio orekatua ematen da beti, hau da, transmisio-sistemak bi mutur bakarrik ditu, eta bakoitzean estazio konbinatu bat; mutur biek komunikazioa kontrolatzeko eskubide berdina dute. Hala, agindu-trametan, helmuga adierazten da A eremuan, eta erantzunetan, berriz, jatorria. P/F bitek aurreko kasuko funtzionamendu berdina dute.

Nolanahi ere, konexioa ezartzeko agindua jaso duen estazioak konexio hori errefusatu nahi badu, erantzun modura DM trama bidaliko dio agindua bidali dionari.

2.3.2.3.- Datu-transferentzia

Aurreko puntuko bi kasuetan ikusienez, konexioa ezarri ondoren, datuen transferentzia egiten da. Fase honetan, erabiltzaile-datuak garraiatzen dituzten tramak (I tramak), transferi daitezke edozein zentzutan. Transferentzia hori ziurra eta fidagarria izan dadin, fluxu- eta errore-kontrola egiten da. Horretarako, protokoloaren oinarriko bertsioek S motako RR eta RNR tramak bakarrik kontsideratzen dituztenez, bertsio horiei jarraitzen dieten helmuga-ekipamenduek tenporizadoreak agortuz bakarrik adierazi ahaliko dute trama bat txarto iritsi den. Oinarriko bertsioari REJ erabiltzeko aukera (2) gehitzen dioten ekipamenduek Go-back N teknika osorik

2.- LOTURA-MAILA

erabili ahalko dute, eta SREJ erabiltzeko aukera (3) gehitzen diotenek, berriz, Selective Repeat teknika.

NRM operazio moduan, 1. mailako estazioak bidaltzeko I tramak baditu, dagozkion 2. mailako estazioari bidaliko dizkio, azkenekoan $P=1$ jarritz. Hala, 2. mailako estazioari erantzuna bidaltzeko adierazten dio, eta, aldi berean, transmititzeko baimena ematen dio. 1. mailakoak transmititzeko I tramarik ez badu, berriz, 2. mailakoari transmititzeko baimena adierazteko, RR edo UP trama bat erabil dezake, $P=1$ ekin. 2. mailakoak I tramarik ez badu, RR trama batekin erantzuten du, F bita 1 balioarekin. I tramak baditu, bata bestearen atzetik bidaltzen ditu, azkenekoaren F bita 1 balioan jarrita. Segidan bidaltzen diren I tramen kopurua, 1. mailako estaziokoentzat zein 2. mailakoentzat, leiho labainkorraren tamainak mugatzen du.

Irudi honetan, oinarrizko protokoloaz NRM moduan dabilen komunikazio baten adibidea ikusten da. Protokoloaren **oinarrizko bertsioa** bakarrik erabiltzen denez, erroreak tenporizadoreen bitartez bakarrik detektatzen dira jatorrian. **NRM** modua denez, gainera, 2. mailako estazioak 1. mailakoak baimentzean bakarrik erabil dezake transmisio-sistema:

2.- LOTURA-MAILA

traman adierazi beharreko $N(S)$ zenbakia gordetzen du, eta $V(R)$ aldagaiak, berriz, jasotzea espero den hurrengo I tramaren $N(S)$ zenbakia.

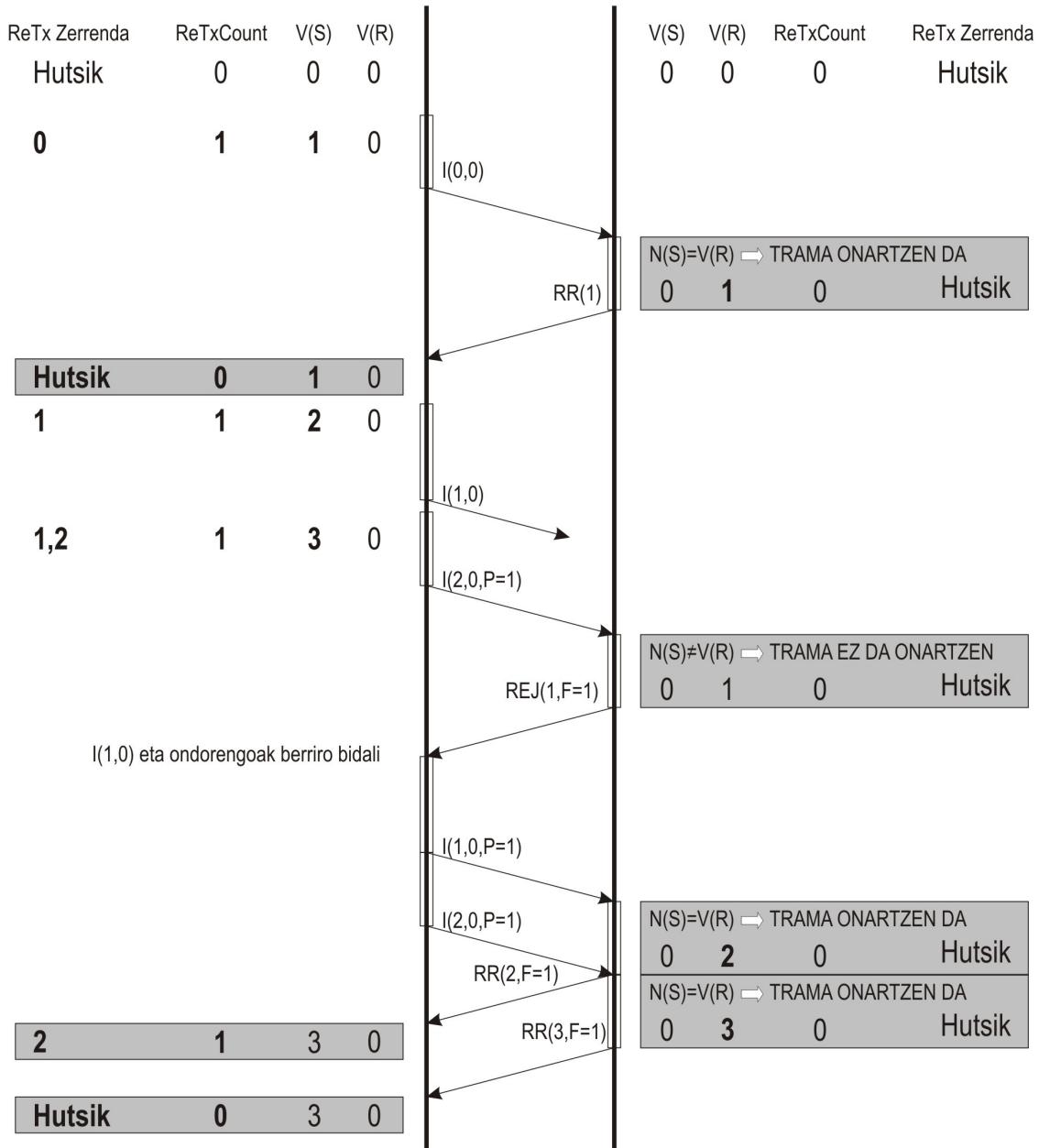
Kasu honetan, 2. mailako estazioak bidaltzeko I tramarik ez du, eta horregatik egiaztatzen ditu 1. mailatik jasotako I tramak RR tramekin (bestela, I trama propioekin egingo luke, transmisio-sistema hobeto aprobetxatzeko).

Helmugan, $I(2,0/P=1)$ trama jasotzen da une batean. $P=1$ da egiaztapena eskatzeko (erantzuna behartzeko). $I(2,0/P=1)$ trama hori sekuentziaz kanpo dago, hau da, $N(S) \neq V(R)$; horregatik, helmugak ez du ezer egiten berarekin. Jatorrian, $I(1)$ tramaren egiaztapena iristeko denbora agortu egiten da, eta, horregatik, $I(1)$ eta $I(2)$ berriro bidaltzen ditu, oraingoan bakoitzerako egiaztapen zehatza eskatuz ($P=1$).

Beste irudi honetan, egoera berdina ABM moduan eta oinarrizko protokoloari REJ erabiltzeko aukera (2) gehituta nola gauzatzen den ikusten da:

A ESTAZIO KONBINATUA

B ESTAZIO KONBINATUA



12. irudia. Erroreen kontrola, REJ tramekin ABM moduan (BA 2).

REJ trama bakoitzeko N(R) zenbakiak N(S) berdineko I tramatik aurrerako tramak berriz bidaltzeko adierazten du (Go-back N ARQ).

12. irudian, 11. irudikoaren antzeko egoera agertzen da, baina, kasu honetan, jatorriak tenporizadorearen denbora agortu baino lehen daki tramak berriz bidali behar dituela, helmugak bidalitako REJ tramari esker, F=1ekin. Jatorriak, REJ(1) trama jasotzean, I(1) eta I(2) tramak berriz bidaltzen ditu. Azkenik, helmugak bi trama horiek ondo iritsi direla adierazteko, beharrezko RR trama egokiak bidaltzen ditu.

2.- LOTURA-MAILA

Oinarrizko protokoloari SREJ erabiltzeko aukera gehitu izan balitzaio, I(2) trama lehenengoan onartuko litzateke, eta I(1) tramaren transmisioaren errepikapena SREJ trama baten bidez eskatuko litzateke.

Bi muturretako estazioek I tramak izango balituzte, elkar egiaztatzeko erabili ahalko lirateke.

Orain arte ikusitako adibideetan, erroreen kontrola landu da gehienbat. Fluxu-kontrola ulertzeko, berriz, **leiho labainkorraren mekanismoaren** kontzeptua azaldu behar da.

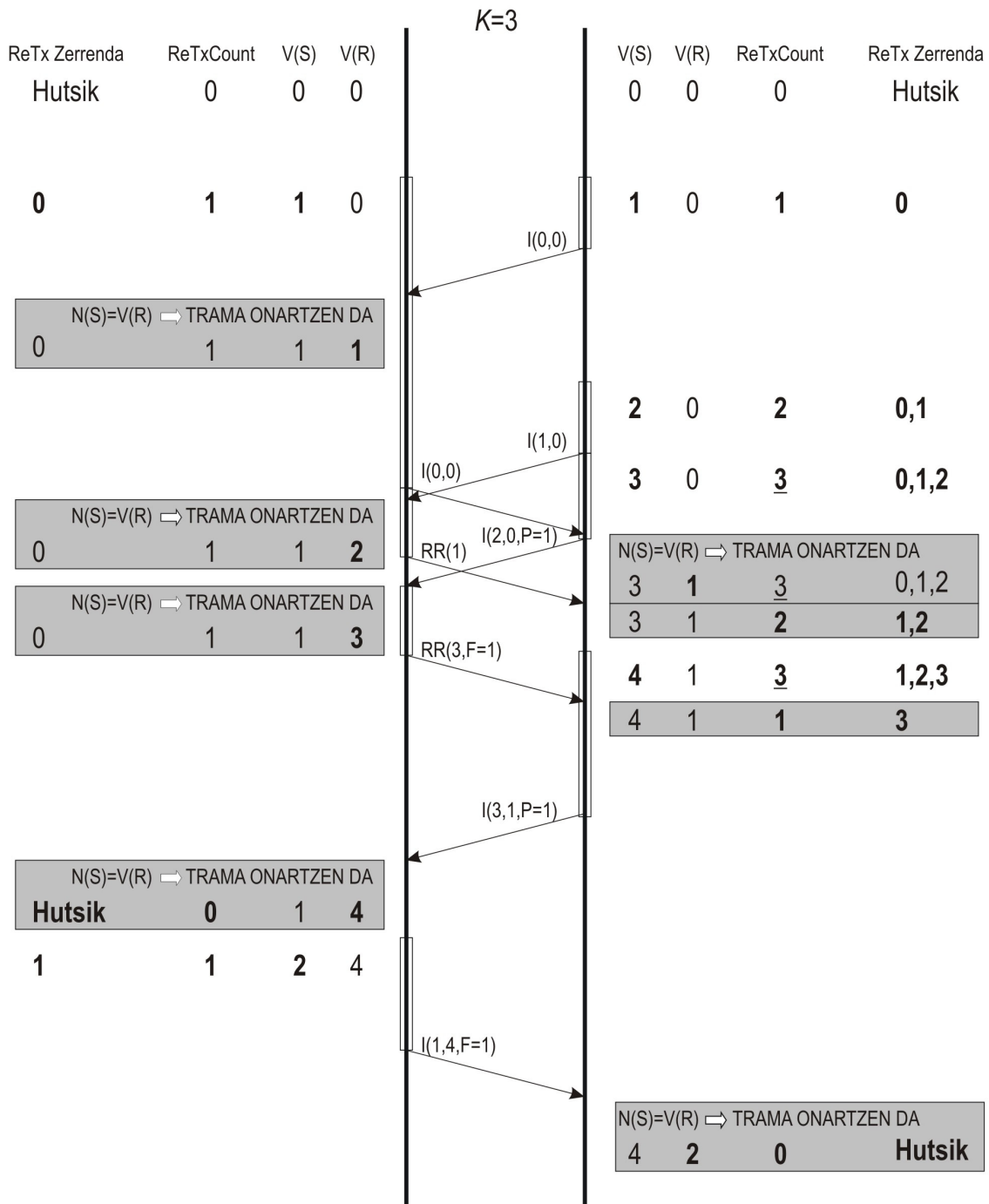
Leiho labainkorraren mekanismoekin, estazio batek K trama bidal ditzake gehienez, haien egiaztapenik jaso gabe. K horri, leiho labainkorraren tamaina deritzaio, eta $[1, 2^n - 1]$ tarteko zenbaki bat da, non n baita sekuentzia-zenbakia osatzeko erabiltzen den bit kopurua. HDLCn, beraz, modu arruntan ($n=3$) $K [1, 7]$ tarteko zenbakia izango da, eta modu hedatuan, berriz, ($n=7$), $[1, 127]$ tartekoa.

Fluxu-kontrola erroreen kontrolarekin batera egiten da. Horrela, erroreak kontrolatzeko erabiltzen ziren sekuentzia-aldagaien gainera ($V(S)$ eta $V(R)$), loturaren alde bakoitzean, **birtransmititze-kontua** (RetxCount) deituriko beste aldagai bat ere mantentzen da; bertan, birtransmititze-zerrendan dauden tramen kopurua gordetzen da. I trama bat bidaltzen den bakoitzean, birtransmititze-zerrendan kopia bat gordetzen denez, 1 balioa gehitzen zaio birtransmititze-kontuari; egiaztapen bat iristen den bakoitzean, baieztatzen diren tramen kopurua kentzen zaio, haien kopiak birtransmititze-zerrendatik kentzen direlako. Birtransmititze-kontua K balioraino iristean, leihoaren tamainak baimentzen dituen trama guztiak bidali dira, eta ez da I trama gehiago bidaltzen, baieztapen bat iritsi eta birtransmititze-kontuaren balioa jaitsi arte.

Hori guztia irudi honetan erakusten da, non fluxu-kontrola ABM moduko komunikazio batean zelan gertatzen den azaltzen den:

A ESTAZIO KONBINATUA

B ESTAZIO KONBINATUA



13. irudia. Leiho labainkorra (fluxu-kontrola).

Adibide honetan ABM moduan lan egiten da, estazio konbinatuekin. NRM moduan, B estazioa 2. mailakoa balitz, A-ren lehenengo I trama iritsi arte itxaron beharko litzateke (I(0,0,P = 1) izan beharko luke. Orduan, B-k leihoak adierazitako hiru I tramak bidali ahalko lituzke, azkenekoan F=1 jarrita (I(2,1,F=1)). Ikusten den bezala, datu-truke berdina egiteko, NRM moduak denbora gehiago hartzen du.

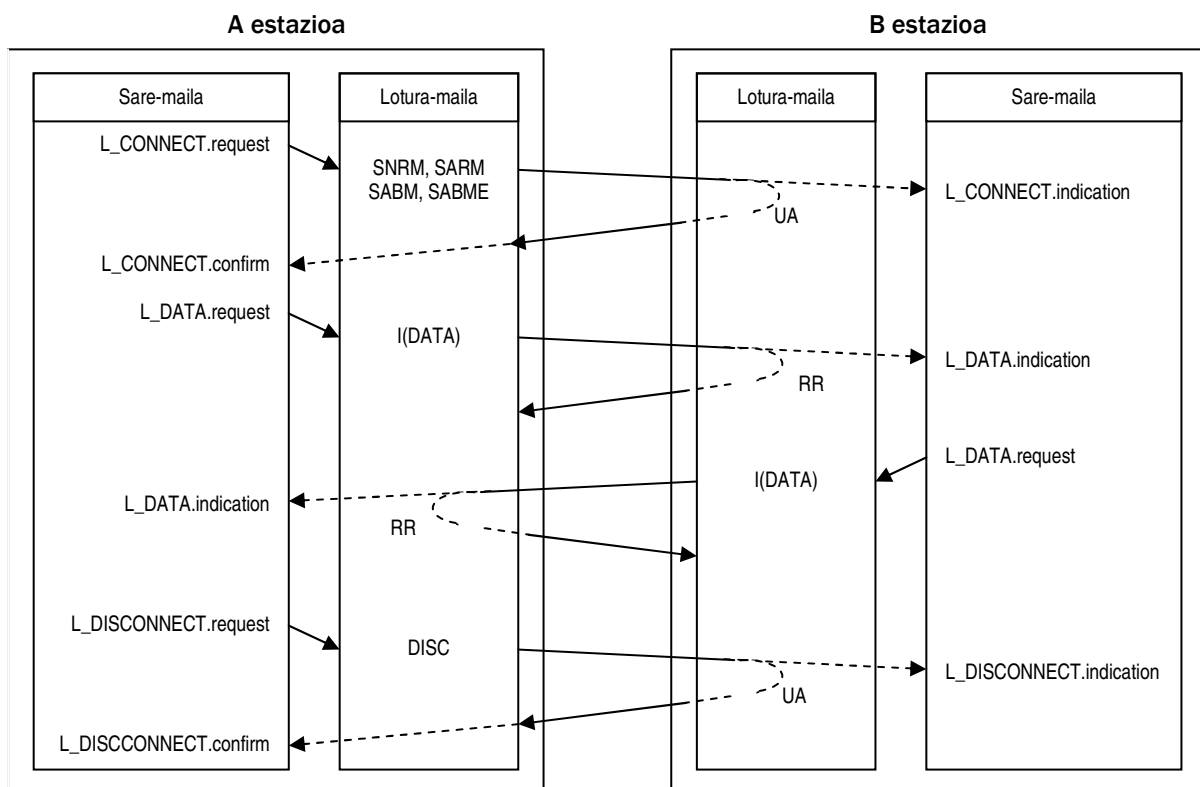
2.- LOTURA-MAILA

Sekuentziaz kanpoko baieztapenik iristen bada (jada birtransmititze-zerrendan ez dagoen trama batena), sinkronismoa galdu da. **FRMR** tramarekin beste muturrari adierazten zaio komunikazioa berriz hasi behar dela.

Birtransmititze-zerrendako tramak estazioaren memoria edo buffer-ean gordetzen dira. Gerta daiteke birtransmititze-zerrenda asko betetzea eta estazioa gordeketarako buffer-ik gabe edo oso txikiarekin geratzea. Orduan, beste estazioari I trama gehiago ez bidaltzeko adierazteko, RNR trama bidaliko dio. Baieztapen-tramak iristen doazen heinean, bufferrak husten joango dira, eta, berriro I trama gehiago jasotzeko prest dagoela adierazteko, RR trama bat bidaliko du, N(R) eremuan zein trama espero duen adieraziz.

2.3.3.- Erabiltzailearekiko interfazea

OSIn, lotura-mailaren erabiltzailea sare-maila da. Irudi honetan, sare- eta lotura-mailen arteko interfazean gertatzen diren oinarritzko eragiketen eta HDLC protokoloko tramen arteko erlazioa azaltzen da:



14. irudia. Sare- eta lotura-interfazeetako oinarritzko eragiketen eta HDLCko tramen arteko erlazioa.

L_CONNECT.request eskaera-eragiketa ikustean (interfazezko Sapean jarritako ICIn), lotura-mailak SNRM, SARM, SABM, SNRME, SARME edo SABME trama bat bidaltzen dio helmuga estazioko lotura-mailari (eragiketa horretan bertan, erabili nahi dela adierazi den operazio moduaren arabera). Helmuga-estazioko lotura-mailak trama hori jasotzean, L_CONNECT.indication eragiketa pasatzen dio bere goiko sare-mailari, eta, aldi berean, jatorri-estazioko lotura-mailari UA trama bidaltzen dio.

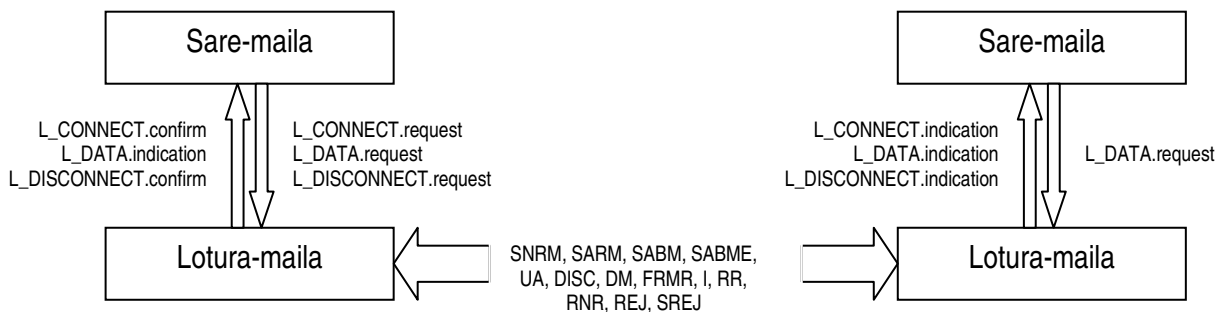
2.- LOTURA-MAILA

Jatorri-estazioko lotura-mailara UA iristen denean, L_CONNECT.confirm eragiketa sortu eta bere sare-mailari pasatzen dio SAPetik, konexioa ezarrita geratu dela adierazteko; hala, datu-transferentziaren fasea has daiteke. Baieztatutako zerbitzu bat da L_CONNECT zerbitzua, beraz. Aurreko gaian azaldu genuenez (1.3.2.3.- Zerbitzuen oinarrizko eragiketak), baieztatutako zerbitzuek lau oinarrizko eragiketa erabiltzen dituzte. HDLCren kasuan, response eragiketa falta da, baina, hala ere, baieztatutako zerbitzu bat kontsideratzen da.

Datu-transferentzia L_DATA moduko eragiketa eta I tramekin gertatzen da. L_DATA eragiketa bi bakarrik daude, request eta indication; azken batean, protokoloa fidagarria denez, indication eragiketa zuzen iritsitako SDUekin bakarrik egingo da, dagokien ordenan. Egiaztapenerako RR tramak erabiliz gero, trama hori L_DATA.indication eragiketa sortu ondoren bidaltzen du helmugako lotura-mailak berak. L_DATA beraz, baieztapenik gabeko zerbitzua da.

Konexioaren askapena L_DISCONNECT.request eragiketarekin hasten da, eta DISC eta UA tramekin moldatzen da. Baieztatutako zerbitzua da hau ere.

Irudian, lotura-mailako zerbitzuen oinarrizko eragiketak eta HDLCko tramak (esanguratsuenak) azaltzen dira.



15. irudia. Lotura-mailako oinarrizko eragiketak eta HDLC tramak.

2.4.- HDLCren ONDORENGOAK

2.4.1.- LAPB

Loturarako Sarbide Prozesu Orekatua (Link Access Procedure, Balanced) da LAPB protokoloaren esanahia. ITU-T erakundeak garatu zuen, X.25 arauaren parte moduan, konexioa darabilten pakete-kommutaziozko sareetan, sarbide-sareko lotura-mailako protokolo modura. HDLCren kasu berezi bat da, ABM (arrunta edo hedatua) modua bakarrik kontsideratzen duena.

Taula honetan, LAPBk erabiltzen dituen tramen laburpen bat ikus daiteke:

2.- LOTURA-MAILA

Trama Mota	Aginduak	Erantzunak
S	RR RNR REJ	RR RNR REJ
NN	SABM SABME DISC	UA DM FRMR
Informazioa	I	I

1. taula. LAPB tramak.

RR, RNR eta REJ tramak fluxu- eta errore-kontrolerako erabiltzen dira. Ikusten denez, LAPBk ez du SREJ tramarik erabiltzen; beraz, ezin du trama zehatz bat berriz transmititzeko eskatu. Oinarritzko protokoloari 2 eta 10 aukerak gehituak ditu, beraz.

Beste taula honetan, berriz, LAPB protokoloko aginduak eta erantzunak erlazionatzen dira, P/F bita 1 balioaz erabiltzean:

Aginduak, P=1	Erantzunak, F=1
SABM/SABME	UA/DM
I Trama	I, RR, REJ, RNR, FRMR
RR, REJ, RNR	I, RR, REJ, RNR, FRMR
DISC	UA/DM

2. taula. LAPB aginduak eta erantzunak.

2.4.2.- LAPD

ISDN edo *Zerbitzu Integratuen Sare Digitala* delakoan erabiltzen da. ISDN horretan, *kanal* kontzeptua erabiltzen da, eta definitzen diren kanaletako bati D kanala deitzen zaio; LAPD protokoloa D izeneko kanaletik erabiltzen den protokoloa izango litzateke.

LAPD traman, C eremua 16 bitekoa da I eta S trametean. NN trametean, berriz, 8 bitekoa. Beti erabiltzen dira, beraz, 7 biteko sekuentzia-zenbakiak.

CRC eremua ere beti da 16 bitekoa.

Azkenik, A eremua 16 bitekoa da, eta bi azpigelbide sartzen dira bertan.

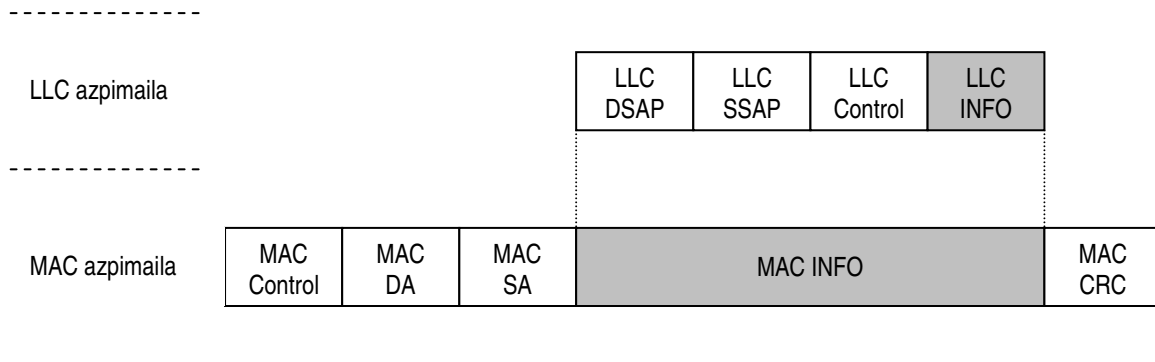
2.4.3.- LLC

IEEE 802 estandar-familiako parte da LLC. LAN motako sareetan erabiltzen da. LLCk ez ditu HDLCren berezitasun guztiak hartzen, eta beste berri batzuk ere garatzen ditu.

LLC eta HDLCren arteko ezberdintasun nabariena tramen formatuan dago. LAN sareetan, lotura-maila bi azpimailatan banatzen da. Maila fisikoarekin kontaktuan

2.- LOTURA-MAILA

dagoena MAC izenekoa da, eta beraren gainekoa, ordea, LLC. Horrela, LAN sareetako lotura-mailako trametan, LLC eta MAC azpimailari dagozkien eremuak agertzen dira, irudi honetan azaldu bezala:



16. irudia. Lotura-mailako trama, IEEE 802 estandarretan.

DSAP, SSAP, LLC Control eta LLC INFO eremuak LLC azpimailari dagozkionak dira. LLC INFO eremuan, sare-mailatik iritsitako L-SDUa sartuko da; izan ere, sare-mailari zuzenean zerbitzua ematen diona LLC entitatea da. Beste eremu guztiak, berriz, MAC azpimailari dagozkie.

DSAP eta SSAP eremuekin, LLC azpimailaren *erabiltzaile logikoak* (sare-mailako entitateak) zehazten dira, helmugan eta jatorrian. LLC Control eremua LAPDko C eremua bezalakoa da.

Erroreei antzematea, transmisio-sistemeekin zuzenean aritzen denez, MAC azpimailari dagokio, lau byteko CRC baten bidez. LAN sareetan 1. eta 2. mailako estazioen kontzepturik ez dagoenez, jatorri eta helmuga MAC helbideekin identifikatzen dira. MAC Control eremuan, transmisio-bitartekoaren kontrolerako funtzio bereziak adieraziko dira.

3.- SARE-MAILA

OSIren sare-maila sare baten mutur batetik sartzen den informazioa dagokion muturretik ateratzeaz arduratzen da. Beste modu batera esanda, terminal batean sortutako T-PDUa sare baten bitartez dagokion helmuga terminalaren garraio-mailari emateaz arduratzen da.

OSIk onartzen du sare-mailaren funtzionamendua konexioduna eta fidagarria izatea, edo guztiz kontrakoa, konexiorik eta fidagarritasunik gabekoa izatea.

OSI erabiltzen duten sare-mailako protokoloetan bi bertsio ezberdin egon ohi dira: terminaletako sare-mailarakoa eta sareko nodoetarakoa. Terminaletako bertsioan, sare-mailako funtzionaltasunak paketeen jatorri edo helmuga izanik betetzen dira, hau da, sare-mailako bikote-entitate izanik; nodoetako bertsioan, berriz, paketeen kommutagailu papera jokatu.

3.1.- SARE-MAILAREN FUNTZIONALITASUNA

OSIren sare-mailan, funtzionaltasun hauek definitzen dira:

- **Paketeen sorrera:** Sare-mailaren N-PDUek, paketeek, sare-entitateek darabilten protokoloaren arabeko formatua izango dute.
- **Fluxu- eta errore-kontrola:** Konexioa eta fidagarritasuna eskaintzen duten protokoloek fluxu- eta errore-kontrola egin beharko dute, jatorritik helmugarainoko makina guztietako (terminal zein nodo) sare-mailako entitateekin.
 - Fluxu-kontrola: Jatorriaren eta helmugaren artean transferitzen den fluxua kontrolatu beharko da (azkartu edo geldotu).
 - Errore-kontrola: Helmugako sare-mailako entitateak pakete guztiak egokiro iristen zaizkiola ziurtatu beharko du. Horretarako, pakete errepikatuak eta galduak identifikatu eta berreskuratzeko gai izan beharko du.
- **Konexioaren kudeaketa:** Konexioa darabilten protokoloek, konexioa kudeatu beharko dute, jatorritik helmugarainoko makina guztietako sare-mailako entitateekin. Sare-mailako konexio horri, "zirkuitu birtual" deritzo.
- **Helbideratzea:** kontzeptu konplexua da komunikazio-arkitekturetan, eta maila bakoitzean esanahi ezberdina izan dezake. Sare-mailan, helbideak pakete (N-PDU) bat sarearen edo sareen bidez helmugako sistemaraino garraiatzeko balio du.
- **Bideratzea:** paketeak saretik modu egokian mugi daitezzen, bideratu egin behar dira. Horretarako, zenbait motatako bideratze-eskemak erabili eta mantendu ahalko dira.

3.- SARE-MAILA

- **Zatikatze/birmuntatzea:** Garraio-mailatik iritsitako N-SDUa handiegia bada, sare-mailako entitate bat hura zatikatzear arduratu daiteke. Zati ezberdinak birmuntatzea, halaber, sare-mailako entitate batek egingo du, dagokion makinan.
- **Sare-kudeaketako funtzionaltasunak:**
 - **Trafiko- eta kongestio-kontrola:** sarearen kongestioa atzeratzeaz eta bertatik berreskuratzeaz arduratu behar da.
 - **Errekuperazioa:** erabiltzaileak (garraio-mailak) edota sare mailak berak antzemandako erroreetatik errekuperatu behar da sarea.
 - **Sarearen kalitatearen araberako zerbitzuak:** Sareak komunikazioan kalitate ezberdina dakarten zerbitzuak eman ditzake. Sare-mailaren auzia da hori.
 - **Fakturazioa:** Sareak, ematen dituen zerbitzuak fakturatu behar ditu. Sare-mailan egiten da hori ere.
- **Sareen interkonexioa (*internetworking*):** Sare ezberdinak elkarrekin konekta daitezke, eta sare handiago bat eratu. OSI, sareen interkonexioa sare-mailan gerta daiteke.

Funtzionaltasun orokor horietaz gainera, ez da ahaztu behar sare-mailak garraio-mailari zerbitzua ematen diola terminal moduko makinetan. Zerbitzu horiek sarearen teknologiaz independenteak izan behar dute. Garraio-mailak ez du beraren bikote-entitatea dagoen makina sare baten (edo gehiagoren) bestaldean dagoela jakin beharrik; izan ere, garraio-mailaren funtzionamendua berdina izango da helmugako makinarekin puntutik punturako lotura bat eduki edo bien artean sareak badaude. Aldi berean, lotura-mailaren erabiltzailea da sare-maila, bai terminal moduko zein sareko nodoetan.

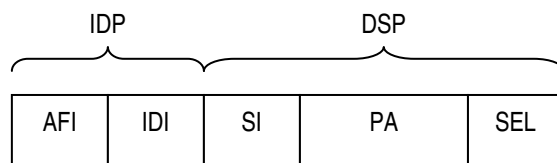
3.2.- HELBIDE-EGITURAK

3.2.1.- OSI: NSAP Helbide-egitura

OSI sare-mailan definitzen dituen helbideei N-SAP deitzen die. Sare-mailako eragiketa guztiek N-SAP helbideak erabiltzen dituzte jatorria eta helmuga identifikatzeko. Sareko nodoetan, bikote-entitaterik izan ezin dutenez, ez da horrelako identifikatzailerik egongo.

Terminal bakoitzak N-SAP helbide bakuna izango du, mundu osoan. Hala, nazioarteko helbide bakunak eratu eta kudeatzeko eskema hierarkikoa da N-SAP eskema, OSI proposatutakoa. Gaur egun mundu osoa hartzen duen PSPDN (*Packet Switching Public Data Network*) deituriko sareak (herrialde ezberdinetako pakete-kommutaziozko datu-sare publikoak interkonektatzean eratu zena), adibidez, N-SAP moduko helbideak dituzten terminalekin egiten du lan. N-SAP eskema horretan helbideek duten formatua irudian agertzen da:

3.- SARE-MAILA



1. irudia. N-SAP helbideen formatua.

Ikusten denez, N-SAP helbideek bi zati dituzte IDP (*Initial Domain Part*, hasierako domeinuaren zatia) eta DSP (*Domain Specific Part*, domeinuaren zati zehatza).

IDPk bi eremu ditu, AFI (*Authority and Format Identifier*, agintaritza- eta formatu-identifikatzailea) eta IDI (*Initial Domain Identifier*, hasierako domeinuaren identifikatzailea).

- **AFI:** IDlaren formatua eta bera publikatu duen agintaritza (ISO, ITU-T,...) adierazten ditu. 2 digitu dira.
- **IDI:** DSPan adierazten den helbidearen “hasierako domeinuari” buruzko informazioa da; helbide-eskema mota eta/edo eremu geografikoa izan daiteke hasierako domeinu hori.

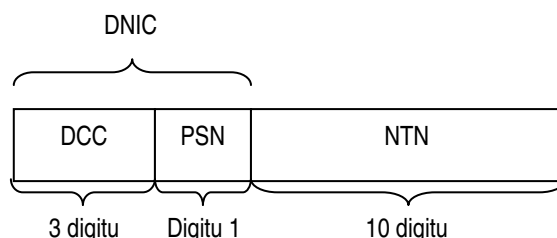
Taula honetan, AFI, IDI eta DSPei buruzko informazioa erakusten da:

	AFI		IDI Digituak	DSP Digituak
	Hamartarra	Bitarra		
X.121 (Pakete-kommutazioa)	36	37	14	24
F.69 (Telex)	40	41	8	30
E.163 (Telefonia)	42	43	12	26
E.164 (ISDN)	44	45	15	23

1. taula. AFI, IDI eta DSP balioak.

DSPa taulan azaldutako digitu kopurua dituen zenbaki hierarkiko bat izango da, aurreko irudian azaltzen denez, hiru zatiz osatua.

X.25 protokoloa pakete-kommutaziozko datu-sareen sarbiderako definitua dagoenez, AFIa 36 edo 37 izango da, eta IDIaren formatua, berriz, X.121 modukoa, X.25 helbideetan:



2. irudia. X.121 formatuko IDIa (IDN ere deitzen da).

- **DCC:** *Data Country Code*, herrialdearen kodea.
- **PSN:** *Packet Switching Network*, pakete-kommutaziozko datu-sarearen kodea.

3.- SARE-MAILA

- **NTN:** *National Terminal Number*, terminalaren zenbakia, herrialde barruan bakuna.

Ikusten denez, X.121ean, IDIarekin terminala guztiz identifikatua geratzen da; horregatik, DSP eremurako dauden 24 digituak ez dira zertan erabili.

3.2.2.- TCP/IP: IP helbideratzea

TCP/IP arkitekturako IP maila OSIren sare-mailaren baliokidea da. Sare-maila modura helbideratze-eskema global bat definitzen du TCP/IPk. IP protokoloak ez dio OSIRi jarraitzen; badago ezberdintasun bat: terminal zein sareko nodoetarako bertsio bakarra dago, eta guztietan helbide izeneko identifikatzailea erabiltzen da.

Gaur egun, bi IP bertsio erabiltzen dira munduan, IPv4 eta IPv6. Bakoitzak helbideratze-eskema ezberdina dauka. IPv4 zabalduena denez, haren helbideratze-eskema azalduko dugu atal honetan.

IP entitateak identifikatzeko, helbide bakoitzak 32 bit ditu bi zatitan banatua:

- **Sarea:** InterNIC (*Internet's Network Information Center*) erakundeak kudeatuta, sare fisikoa identifikatzen du. InterNICa munduko sareei IP helbide bakunak esleitzeaz arduratzen da.
- **Hosta:** Sareko elementu lokalak identifikatzen ditu. Sare bakoitzean, bere administratzaileak esleitzen ditu.

IP helbideak *puntuzko idazkera hamartarrean* idazten dira. Idazkera horretan, IP helbidea osatzen duten 32 bitak lau byte kontsideratzen dira, eta byte bakoitzaren balio hamartarra idazten da puntu batekin banatuta. Adibidez:

10000000 10000111 01000100 00000101 helbidea,
128.135.68.5 modura idazten da.

Bost IP helbide-klase definitzen dira IPv4n, eta klase bakoitzak formatu ezberdin bat eta makina kopuru ezberdin bat helbideratzeko balio du. Irudi honetan ikus daiteke:

3.- SARE-MAILA

		SARE HELBIDEAK	Makina kopurua
A klasea	0 Sarea (7 bit) Hos-a (24 bit)	1.0.0.0 - 126.0.0.0	16.777.214 makina
B klasea	10 Sarea (14 bit) Hosta (16 bit)	128.0.0.0 - 191.255.0.0	65.534 makina
C klasea	110 Sarea (21 bit) Hosta (8 bit)	192.0.0.0 - 223.255.255.0	254 makina
D klasea	1110 Multitransmisioa		
E klasea	11110 Etorkizunerako gordeta (27 bit)		

3. irudia. IP helbide-klaseak.

Zenbait IP helbide berezi ere definitzen dira, edonola erabili ezin direnak:

- **0.0.0.0:** Makinek hasieratzeko unean erabiltzen dute, frogak egiteko. Bideratze-tauletan esanahi berezia hartzen du, aurrerago ikusiko dena.
- **Sare-eremuan 0ak bakarrik dituzten helbideak:** "Sare honetako makina bat" adierazten du. Horiekin, makinek beren sareko beste makina bati paketeak bidal diezazkiekete, beren IP helbide osoa jarri gabe.
- **255.255.255.255:** Guztia 1ez osatutako helbidea. Pakete berdina jatorriaren sareko makina guztietara iristea ahalbidetzen du. *Broadcast* deritzo.
- **Sare-eremuan sare helbidea, makina-eremuan guztia 1:** Adierazten den sare horretako makina guztietara pakete berdina iristea ahalbidetzen du, adierazitako sarean broadcast egitea, alegia.
- **Sare-eremuan sare helbidea, makina-eremuan guztia 0:** Adierazten den sarea bera identifikatzen du. Bideratze-tauletan erabiltzen da.
- **127.X.Y.Z:** Makinek beren sare lokalean frogak egiteko erabiltzen dituzte mota honetako helbideak. Horrelako helbideak dituzten paketeak *sarrerako pakete* kontsideratzen dira.

3.3.- SARE-MAILAKO PROTOKOLOAK

Sare-mailaren definizioa egiterakoan, bi ikuspuntu izan ziren. Ikuspuntu bat Internetena zen, eta bestea, berriz, telefonia-operadoreena.

Interneten ikuspuntutik, sarea beti da ezegonkorra, diseinua dena delakoa izanda ere. Horregatik, sarearen bidez konektatzen diren konputagailuek bere gain hartu behar dute errore- eta fluxu-kontrolak egitearen ardura. Ikuspuntu horrek sareak eman beharreko zerbitzua konexiorik eta fidagarritasunik gabekoa izatera mugatzen du.

3.- SARE-MAILA

Telefonia-operadoreen ustez, berriz, sareak konexioa darabilen zerbitzu fidagarria eman behar du.

Diseinuaren konplexutasuna non kokatu nahi den, horren arabera da sare-mailan konexioa darabilen edo konexiorik gabeko zerbitzuen aukera. Konexioarekin eta fidagarritasunarekin, konplexutasuna sare-mailan dago. Konexiorik eta fidagarritasunik ezean, berriz, terminalerako gaineko mailatan (garraio-maila eta gainekoak), hau da, saretik kanpo, komunikazioaren muturretan. Konexiorik gabeko zerbitzuen aldekoek erabiltzaile-teknologia asko merkatu zela argudiatu zuten, eta ez zegoela haietan konplexutasunik ez jartzeko arrazoirik. Konexioa darabilten zerbitzuen aldekoek, ordea, esaten zuten erabiltzaile gehienek ez dutela beren terminalerako protokolo konplexurik nahi; zerbitzu ziurra eta arazorik gabekoa nahi zutela, eta modu horretako zerbitzuak sare-mailako konexio fidagarriekin inplementatu behar zirela.

OSIk sare-mailan bi zerbitzuak onartzea erabaki zuen, konexiorik gabeko zerbitzu ez fidagarria eta konexioa darabilen zerbitzu fidagarria. Bigarren zerbitzu motarako, sare-mailako konexioak ezarri, erabili eta askatzeko oinarritzko eragiketak definitu zituen. Konexio eta fidagarritasun hori dela eta, helmugako garraio-maila ziur egon daiteke sare-mailak pasatzen dizkion T-PDUak jatorriko garraio-mailak pasa dizkion berdinak direla, batere faltan edo soberan izan gabe eta ordena egokian.

TCP/IP arkitekturan, berriz, konexiorik gabeko zerbitzu ez fidagarria ematen da IP mailan. Horretarako, TCP/IPk nahikoa du IP mailan datuak bidali eta jasotzeko oinarritzko eragiketak definitzearekin.

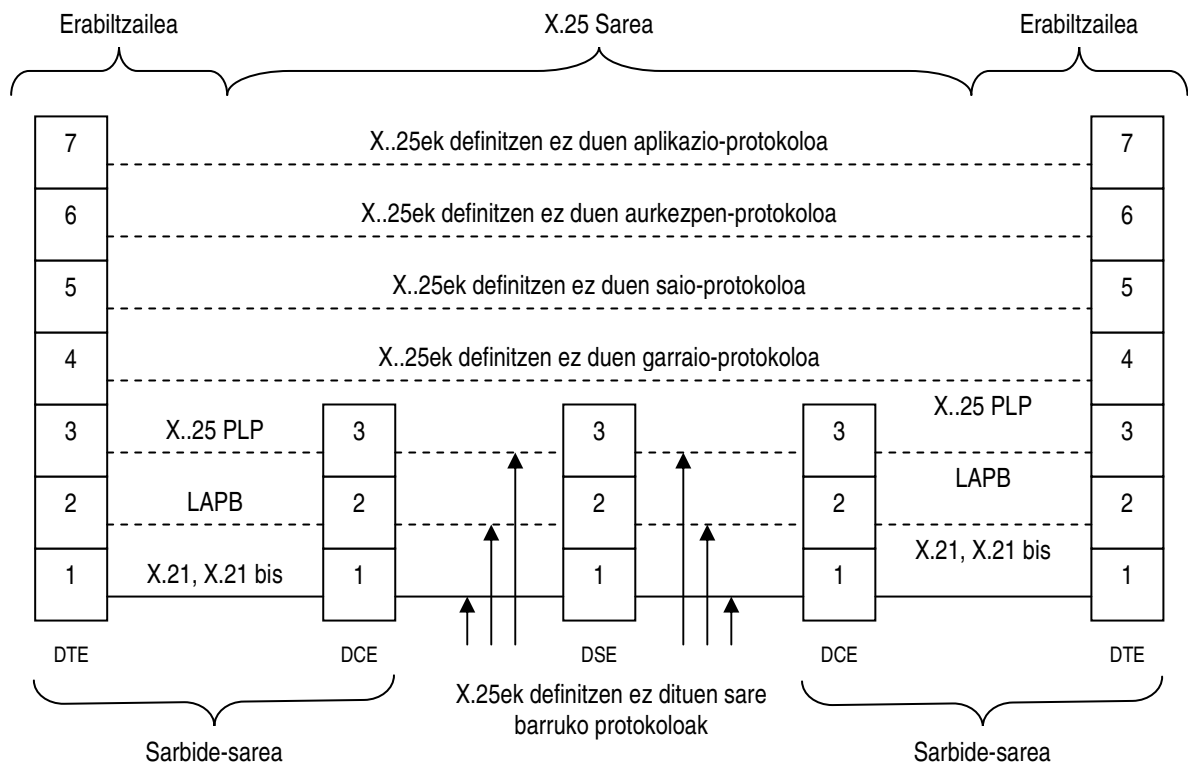
Konexioa darabilen zerbitzu fidagarria eskaintzen duen sare-protokolo gisa, OSIren X.25 PLP protokoloa ikusiko dugu, eta konexiorik gabeko zerbitzu ez fidagarrien adibide gisa, berriz, Interneten erabiltzen den IP protokoloa.

3.3.1.- X.25 PLP

ITU-Tren X.25 gomendioak DTE (*Data Terminal Equipment*, datu-ekipo terminala) eta DCE (*Data Communications Equipment*, datu-komunikaziorako ekipoa) deiturikoen arteko lotura zehazten du, konexioa darabilen pakete-kommutaziozko sare publiko batera konektatutako terminalentzat.

Irudi honetan, X.25 gomendioak zehaztutako makina mota, interfaze eta protokoloak adierazten dira:

3.- SARE-MAILA



4. irudia. X.25 gomendioa.

DTE, komunikazioaren makina terminala litzateke, eta DCE, berriz, terminal horren sarbide nodoa. Gomendio hau, beraz, konexioa darabilen pakete-kommutaziozko sareen sarbiderako definitzen da, hiru maila baxuenetan. Sare barruko nodoei DSE deritze.

1. mailan, maila fisikoan, X.21 araua ezartzen da. Arau hori sare digitaletan erabiltzeko definitu zen, baina X.25 gomendioa lehen aldiz publikatu zen garaian, sare digitalak ez zeuden oso hedatuak, eta aldi baterako beste arau bat ere atera zuten, sare analogikoetan lan egiteko. X.21bis araua zen hori.

2. mailan, LAPB protokoloa (HDLCren ondorengoetako bat) erabiltzen da X.25 gomendioan; konexioduna eta fidagarria da.

3. mailan, sare-mailako protokoloa zehazten da, X.25 PLP izenekoa.

4. irudian azaltzen den bezala, pakete-kommutaziozko sare batekin, bi DTE komunikatzen dira. X.25 sareen bidezko komunikazioa egin ahal izateko, zerbitzua eskaintzen duen operadorearekin kontratua egin behar dute haren bitartez komunikatu nahi duten erabiltzaileek (DTEen jabeek). Kontratu horretan, komunikazioa zein modutara egingo den zehaztuko da:

- **Zirkuitu birtual kommutatua (ZBK):** Modu honi *dei birtual* ere baderitzo. Erabiltzaileak komunikazio bat egin nahi duen bakoitzean, konexioa espresuki ezarri behar du; gero, konexio horretatik datuak bidali, eta, azkenik, konexioa askatu. Zerbitzua eskaintzen duen operadorearekin, komunikazio-gaitasun bat kontratatzen da, batera ezarri nahi diren dei birtualen kopurua izango dena. Horrela, operadoreak, sarbide-sareko loturan (DTE eta DCE artekoan), zerbitzua

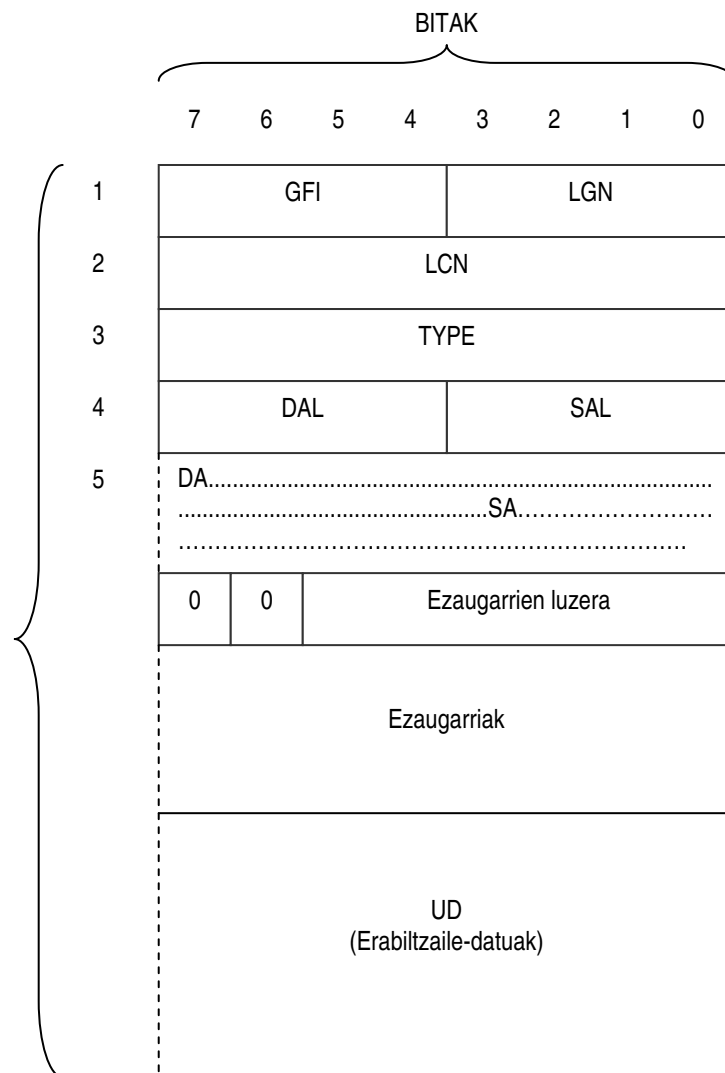
3.- SARE-MAILA

kontratatu duen erabiltzaileari erabil ditzakeen kanal-zenbakien tarte bat esleitzen dio.

- **Zirkuitu birtual iraunkorra (ZBI):** Modu honetan, konexioa jadanik ezarrita egongo da erabili nahi den bakoitzean eta beti DTE berdinen artean. Zirkuitu birtuala kontratazio unean bertan sortzen du operadoreak DTE biren artean; zerbitzuaren erabiltzaileei, kanal-zenbaki konkretu bat ematen die sarbide-sarean, zirkuitu birtual iraunkorrari dagokiona. Kontratua amaitzen denean, berriz, askatu egiten du, eta erabiltzen ziren kanalak beste komunikazioetan erabiltzeko prest geratzen dira. Erabiltzaileek, beraz, behin kontratatuta zirkuitua beti erabiltzeko prest dute, eta ez dute arduratu behar ezartzeaz edo askatzeaz.

3.3.1.1.- X.25en paketeen formatua

X.25 PLP protokoloak, komunikatzen ari diren bi DTEren artean trukaturako paketeen (N-PDUen) formatua definitzen du. Pakete horien formatu orokorrean, protokolo guztietan bezala, bi zati nagusi bereizten dira: kontrol-informazioa (N-PCI) eta erabiltzaile-datueterako eremua (N-SDU). Formatu orokor hori irudi honetan azaldutakoa da:



5. irudia. X.25 PLP paketeak.

- **GFI:** *General Format Identifier* edo formatuaren identifikatzaile orokorra.

7 bitari Q bita deritzo, eta paketea *etenaldi-pakete* motakoa den ala ez zehazten du (aurrerago ikusiko da).

6 bitari D bita deritzo, eta datu-pakete arruntetan erabiltzen da (hau ere, aurrerago ikusiko da).

5 eta 4 bitek paketeen sekuentzia-zenbakien formatu edo eskema adierazten dute. 4 bitak 1 balioa bada, **8 modulua** deituriko eskema adierazten du, eta 5 bita 1 bada, ordea, **128 modulua** eskema. Guk, oro har, 8 modulua eskema erabiltzen dela kontsideratuko dugu. Hala, sekuentzia-zenbakiak 3 bitekin adierazten dira, eta leiho labainkorraren tamaina 7 paketeak izan daiteke gehienez.

- **LGN:** *Logic Group Number* edo talde logikoaren zenbakia.

Pakete guztietan erabiltzen da.

3.- SARE-MAILA

Dei birtual moduan (ZBKak), zenbaki hori, sarbide-sareko loturan operadorearekin kontratatutako kanal-taldeen tartetik aukeratzen da, konexioa ezartzean; sare barruko loturetan, operadoreak dei birtualentzat erabakitako kanal-taldeen tartetik aukeratuko da. [0,15] tarteko zenbakia baino ezin da izan. Zirkuitu birtual iraunkorretan, berriz, zenbaki hori kontratazioa egitean esleitzen du operadoreak.

- **LCN:** *Logic Channel Number* edo kanal logikoaren zenbakia.

Pakete guztietan erabiltzen da.

Dei birtual moduan (ZBKak), zenbaki hori, sarbide-sareko loturan operadorearekin kontratatutako kanal-tartetik aukeratu eta erreserbatzen da, konexioa ezartzean; sare barruko loturetan, operadoreak dei birtualentzat erabakitako kanal-tartetik aukeratuko da. [0,255] tarteko zenbakia baino ezin da izan. Zirkuitu birtual iraunkorretan, berriz, zenbaki hori kontratazioa egitean esleitzen du operadoreak.

Kanalaren zenbaki osoa, beraz, LGN eta LCN eremuetan adierazten da.

- **TYPE:** Mota.

Pakete mota ezberdinak identifikatzen ditu, eta bakoitzak bere funtzionaltasun berezia du.

- **DAL:** *Destination Address Length* edo helmugaren helbide-luzera.

Helmugako DTEaren helbidearen luzera adierazten du, semibyte (4 bit) unitateetan.

Komunikazioa ezartzeko prozesuko paketeetan bakarrik erabiltzen da.

- **SAL:** *Source Address Length* edo jatorriaren helbide-luzera.

Jatorriko DTEaren helbidearen luzera adierazten du, semibyte unitateetan.

Komunikazioa ezartzeko prozesuko paketeetan bakarrik erabiltzen da.

- **DA:** *Destination Address* edo helmugaren helbidea.

Eremu honen luzera DAL eremuan adierazitakoaren arabera izango da, paketearen bosgarren bytetik hasita. X.121 helbide-eskemari jarraitzen zaio X.25 sareetan, N-SAP formatukoari. Helbidearen digitu bakoitza (idazkera hamartarra kontsideratuz) semibyte batean adierazten da.

Komunikazioa ezartzeko prozesuko paketeetan bakarrik erabiltzen da.

- **SA:** *Source Address* edo jatorriaren helbidea.

DA eremuaren berezitasun berdinak ditu, jatorriko DTEra aplikatuta.

- **Ezaugarrien luzera:**

3.- SARE-MAILA

Ezaugarri-eremuaren luzera adierazten du, byte unitateetan. SA eremuaren ondorengo byteko 1-6rako bitetan adierazten da.

Komunikazioa ezartzeko prozesuko paketeetan bakarrik erabiltzen da.

- **Ezaugarriak:**

Komunikazioa ezartzeko prozesuko paketeetan bakarrik erabiltzen da, eta komunikazioan konfiguragarriak diren parametro batzuen balioa zehazten du.

Parametro horiek garraio-mailak eska ditzake. Horretarako, konexioa ezartzeko *request* oinarrizko eragiketean (IClan) pasatzen dira. Gerta daiteke, halaber, sare-mailak berak erabakitzea parametro horien balioa.

Parametro horien adibide dira erabiltzaile-datuaren tamaina maximoa, leiho labainkorraren tamaina eta abar.

X.25 PLP protokoloan, ezaugarriak byte bikoteekin adierazten dira. Lehen byteak, zehazten den ezaugarria adierazten du, eta bigarrenak, horretarako balioa.

- **Erabiltzaile-datuak (UD):**

Garraio-mailatik iritsitako SDUa sartzeko eremua da.

DEI-ESKAERA eta SARRERAKO DEIA paketeetan, ezaugarri-eremuaren ondoren, 32 edo 128 byteko erabiltzaile-datuak jar daitezke gehienez. Hori kontrol motako PDU batek SDU bat garraiatzen duen kasu berezia litzateke, beste protokoloetan gertatzen ez dena.

Konexio bakoitzean, erabiltzaile-datuaren eremuaren luzera maximoa konexioa ezartzean erabakitzen da (ezaugarri-eremuarekin).

Datu-pakete mota guztietan, TYPE eremuaren ondoren, eremu hau bakarrik dago.

3.3.1.2.- X.25-en funtzionamendua

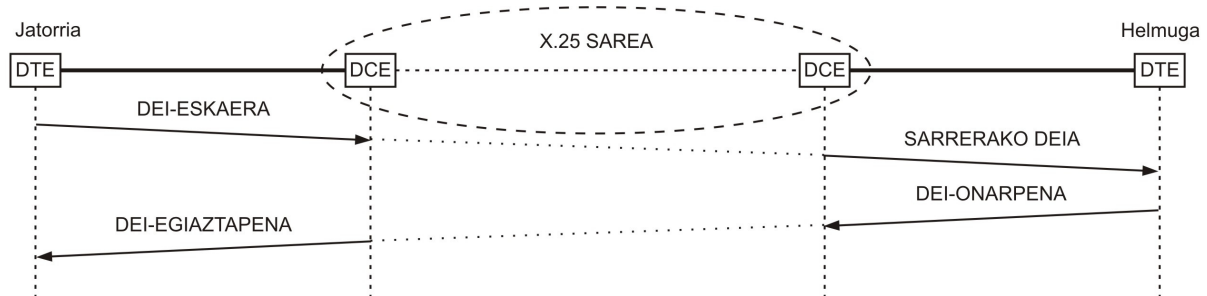
X.25 moduko komunikazio batean, prozedura ezberdinak gertatzen dira. Erabilitako teknologia zirkuitu birtualeko pakete-kommutazioa denez, argi eduki behar da komunikazioan hiru fase daudela, ezarpenaren fasea, datu-transferentziaren fasea eta askapenaren fasea.

Zirkuitu birtual kommutatu moduan, hiru faseak DTE-etatik hasten dira. Zirkuitu birtual iraunkorretan, berriz, aurretik esan dugunez, DTE-etatik datu-transferentziaren faseko prozedurak bakarrik hasiko dira, bi DTE berdinen artean beti (zirkuituaren ezarpena eta askapena operadoreak egiten dituzenez).

Ondoren ikusiko ditugun prozedurak, komunikazioaren faseen arabera azaltzen ditugu:

EZARPENAREN FASEA

- **Komunikazioaren ezarpena:**



6. irudia. X.25 komunikazioaren ezarpena.

ZBKetan, jatorriko DTEak DEI-ESKAERA pakete bat bidaltzen du libre dagoen kanal kontratatu logiko batetik. Pakete horretan, jatorri eta helmugako DTE-en helbideak adieraziko dira, eta sareko nodoek (DCE eta DSE-ek) bideratzea egiteko erabiliko dituzte. Bideratzearen ondorioz, nodo bakoitzak irteerako loturan libre duen kanal logiko bat erreserbatuko du komunikazio horretarako, eta komunikazioa irteerako lotura horretako kanal logiko horrekin erlazionatuta gordeko ditu, konexioa askatzen den arte. Nodoaren irteeran, DEI-ESKAERA moduko paketeetan, kanal berriaren zenbakia adieraziko da LGN-LCN eremuetan. Komunikazioko beste pakete guztiak nahikoa izango dute, beraz, kanal logikoaren zenbakia adieraztearekin (ez dute helbide-informaziorik eraman behar).

DEI-ESKAERA paketea, sarearen bidez, helmugako DCEra iristen da, eta DCE horrek SARRERAKO DEIA paketeetan bilakatzen du. Helmugako DTEra bidaltzen du SARRERAKO DEIA paketea, lotura horretarako kanal logiko bat esleituaz. Deia ezarpen-eskaera egiten duten paketeak beraz, DEI-ESKAERA eta SARRERAKO DEIA dira.

Helmugako DTEak komunikazioa onartzen badu, DEI ONARTUA pakete bat bidaltzen dio bere DCEari, SARRERAKO DEIA iritsitako kanal logiko beretik, eta sarearen bidez (nodo beretako lotura beretan erreserbatutako kanaletatik), jatorriko DCErako iristen da. Jatorriko DCEak DEI-EGIAZTAPENA pakete bilakatzen du jasotakoa, eta jatorriko DTEari bidaltzen dio. Une horretan, konexioa ezarrita dago, eta datu-transferentziaren fasea hasi da. DEI-ONARPENA eta DEI-EGIAZTAPENA paketeak ezarpena egiaztatzeko paketeak dira.

Ezarpen-eskaerako paketeek, nodoek bideratzea egin dezaten, beharrezkoak dituzte jatorri eta helmugaren helbideak. Ezarpena egiaztatzeko paketeek, berriz, onartzen duten komunikazioa zein den identifikatzeko behar dituzte helbideak; jatorri batek hainbat dei batera hasten baditu, jasotzen dituen onarpenak zeinetakoak diren bereizi beharko ditu.

Ezarpenaren faseko lau paketeetan, helmuga eta jatorriko DTE-en helbideez gainera, komunikazioan izango diren ezaugarrien zerrenda ere adierazten da. Ezaugarri horiek dira, adibidez, etenaldi-paketeak erabili ahal izatea, datu-pakete

3.- SARE-MAILA

arruntetako erabiltzaile-datuen tamaina maximoa, leihoaren tamaina... Ezaugarriak adierazten ez bada, protokoloan lehenetsitako balioak hartzen dira. Helmugako DTEa jasotako ezaugarrietarako balioekin ados ez balego, DEI ONARTUA paketeko ezaugarri-eremuan proposamen berriak egingo litzuzke. Proposamen berri horiek beti egon behar dute lehenetsitako balioetatik gertuago, jasotako proposamenek baino.

DEI-ESKAERA paketea, dei birtuala hasten duen DTEak 32 edo 128 byteko erabiltzaile-datuak (N-SDU) bidali ditzake.

Zirkuitu birtual iraunkorrekin, operadoreak sortzen dituzten konexioak. Beraz, DTE batek ZBLEko beste DTEari zerbait bidali nahi badi, ez du komunikazioa ezartzeko ezer egin behar; komunikazioa, etengabe, datu-transferentziaren fasean dago.

- **X.25 bideratzea:**

DTE entitateak beti daude puntutik punturako lotura baten bidez DCE batera konektaturik. Horrenbestez, X.25 sareetan bideratzea sareko konmutagailuek bakarrik egiten dute (DCE eta DSE-ek).

X.25 arauak ez du ezer esaten sare barruko protokoloez, erabiltzailearen eta sarearen arteko sarbidea bakarrik arautzen du. Hala, sareko konmutagailuetan gauzatzen den bideratzea ere erabiltzen diren protokoloen arabera izango da. Gauza gutxi esan daitezke, beraz, konmutagailu horietan gauzatzen den bideratzeaz, protokolo konkretuetan sartu gabe. Bi gauza eduki behar dira kontutan:

- Zirkuitu birtualen pakete-konmutaziozko teknologia erabiltzen dutenez, bideratzen diren pakete bakarrak konexioaren **ezarpen-eskaerakoak** dira.
- Bideratzearen ondorioz, pakete bat zein loturatatik atera behar den jakin behar da eta lotura horretan libre dagoen kanal logiko bat erreserbatu (ZBKentzako kanalen artean). Horretarako, bi taula mota erabiltzen dira X.25 konmutagailuetan (DTEtan ez):
 - **Bideratze-taulak:** Helmuga DTEak eta irteerako portuak erlazionatzen dituzte. Portu bakoitzetik lotura bat ateratzen da, beste konmutagailu bakar batera doana (X.25 sareetan puntutik punturako loturak erabiltzen dira). Sarearen mantentzea egiten duen operadorearen lana da taula horiek eguneratuta mantentzea. Bideratzea egiteko, beharrezkoak dira taula hauek.
 - **Konexio-taulak:** Sarrerako portu eta kanalak irteerako portu eta kanalekin erlazionatzen dituzte. Taula honetako informazioa, zirkuitu birtualak ezarri eta askatzen doazen heinean, aldatuz doa. Konmutazioa egiteko, beharrezkoak dira taula hauek.

DEI-ESKAERA pakete bat iristen denean, konmutagailuak, bideratze-taularekin, zein portutatik bidali behar duen erabakitzen du, eta, ondoren, portu horretatik doan loturan kanal logiko baten erreserba egiten du. Horrela,

3.- SARE-MAILA

konexio-taulan, DEI-ESKAERA paketea iritsi zaion sarrera-portu eta -kanal zenbakiak erabakitako Irteera-portu eta -kanalarekin erlazionaturik gordeko ditu.

- **Sarbide-sareko kanal logikoen esleipena:**

LGN eta LCN eremuen bit kopurua dela eta, 4095 kanal logiko zenbaki esleiri daitezke lotura fisiko bakoitzean.

Kanal logikoen zenbakiei VCI (edo LCI) deritze. VCI zenbakiak lotura fisiko batean esanahi lokala dute. Horrek esan nahi du zirkuitu birtual bat VCI zenbaki berdina edo ezberdina duten kanal logikoz osatua egon daitekeela bideko lotura guztietan, azken batean, zenbaki horrek lotura bakoitzean bakarrik duelako zentzua. Kontutan izan behar da, halaber, VCI konkretu bat duen kanala lotura fisikoaren muturretako bi makinetan kontsideratuko dela komunikazio berdinentzat erreserbatuak.

0 zenbakidun kanal logikoa, RESTART eta diagnostiko paketeentzat erabiltzen da, komunikazio guztientzat. Ezin daiteke erabili beraz komunikazio konkretu baten kanal zenbaki bezala.

Kanal logikoen esleipena zenbaki-tarte ezberdinetan egiten da. Lotura bakoitzean, ZBKentzat zenbaki-tarte bat erabili ahal da, eta ZBlentzat beste bat, operadoreak erabakita. 12 bit erabiltzen dira guztira edozein motatako kanal (ZBI edo ZBKetako kanalak) izendatzeko. Lehen laurak kanal logikoen taldea adierazten dute, eta beste zortziak, berriz, talde barruko kanalaren zenbakia.

DTE batek komunikazioa hastean, beraren X.25 PLP entitateak kanal logikoa aukeratu du, loturan operadoreak ZBKentzat adierazitakoetatik aske dituen artean. Helmugako DCE batek ere, DEI-ESKAERA pakete bat iristen zaionean, gauza bera egingo du bere DTErako loturan. Horrela, gerta daiteke DTE batek DEI-ESKAERA paketea bidaltzen duen unean ere, bere DCEak SARRERAKO DEIA pakete bat bidaltzea berari, beste DTE batek berarekin komunikatu nahi duelako (hots, beste komunikazio baten helmuga delako). Kasu horretan, DTEak eta DCEak lotura berean kanal-erreserba batera egingo lukete. Ezin dute kanal logiko bera aukeratu, jakina, kanal logikoak ezin direlako zirkuitu birtual baterako baino gehiagotarako erabili aldi berean. Biek kanal-zenbaki bera aukeratzea gertatzeko probabilitateak minimora gutxitzearren, X.25ek sarbide-sareko loturan kanalen aukeraketa egiteko arau bat ezartzen du; DTE-ek aske dauden kanalen artean zenbakirik gorena duen kanala aukeratu behar dute, eta DCE-ek, berriz, zenbakirik txikiena.

DATU-TRANSFERENTZIAREN FASEA

- **X.25 konmutazioa:**

Zirkuitu birtualen teknologian, pakete bat dagokion portu eta kanaletik ateratzea da konmutazioa. Horretarako, beharrezkoa da pakete jakin bakoitza konmutatu

3.- SARE-MAILA

ahal izateko informazioa edukitzea; X.25 sareetako DCE eta DSE nodoetan, konexio-taulekin egiten da hori.

Konexio-tauletan, sarrerako portu eta kanalak, irteerako portu eta kanalekin erlazionatzen dira. Taula horiek ezarpenaren fasean betetzen dira, ezarpen-eskaerako paketeen bideratzearen ondorioz.

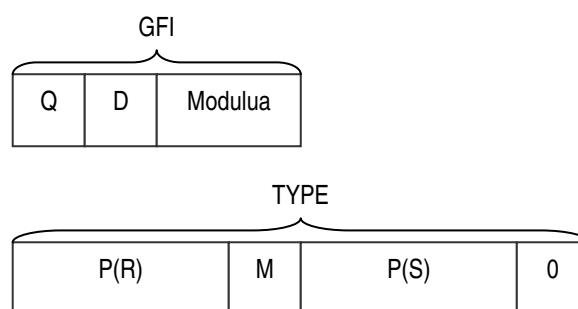
Kommutazioa ez da bakarrik datu-transferentziaren fasean gertatzen den prozedura, baina atal honetan sartzearabaki dugu, atal honetako pakete guztiek kommutazioa **bakarrik** jasaten dutelako.

Horrela, X.25 sare bateko DCE edo DSE batean, portu batetik iritsi den paketeari LGN-LCN begiratzen zaio, eta hortik, kanalaren zenbakia, VCla, ateratzen da. Konexio-taulan portu eta VCI horiek bilatu, eta irteerako portua eta VCla lortzen dira. Paketeari konexio-taulan lortutako irteerako VCla jartzen zaio LGN-LCN eremuetan, azpiko lotura-mailari pasatu baino lehen trama batean sar dezan. Horrela, irteerako kanal-zenbaki egokia duen pakete hori konexio-taulan lortutako irteera-portuko lotura-mailari pasatzen zaio. Kommutatzea, beraz, X.25 PLP kasuan, pakete bat dagokion portutik dagokion LGN-LCN balioekin ateratzea da.

DTE makinetan, konexio-taularik ez da erabiltzen. Irteera-portu bakarra dutenez, gorde beharreko informazioa izango da kanal bakoitzetik zein helmugarekin komunikatzen den.

- **Erabiltzaile-datuen transferentzia:**

Datu-transferentziaren fasean garraio-mailatik iritsitako SDUarekin bidaltzen diren paketeek formatu orokorraren lehen hiru byteak izango dituzte, eta, ondoren, erabiltzaile-datuak. **Datuetarako PDUak** izango dira; haietan, GFI eta TYPE eremuko bitek esanahi berezia hartzen dute:



7. irudia. GFI eta TYPE eremuak, datu-transferentziaren fasean.

X.25 PLPn bi motatako datu-PDUak bereizten dira:

- **Datu-pakete arruntak:**

Horrelako paketeetan, GFI Q bitak 0 balioa izango du. D bitak ere 0 balioa badu, datu-pakete horrengatik jatorriko DTEra iritsiko den egiaztapenak paketea jatorriaren DCEra ondo iritsi dela besterik ez du adieraziko (hots, jatorriaren DCEak bidaltzen du). D bitak 1 balioa badu, ordea, egiaztapenak

3.- SARE-MAILA

paketea helmugako DTEra ondo iritsi dela adieraziko du (muturretik muturrerainoko egiaztapena).

P(S) eta P(R) eremuak fluxu- eta errore-kontrolerako erabiltzen dira. HDLCn azaldutako N(S) eta N(R) eremuen esanahi berdina dute, baina sare-mailan.

X.25 PLPn, datu-pakete arrunten fluxu- eta errore-kontrola egiteko, Go-back N leiho labainkorreko mekanismoa erabiltzen da. Horretarako, DTE bakoitzak birtransmititze-zerrenda, birtransmititze-kontua (RetxCount) eta bidaltze- eta iriste-sekuentzien zenbakiak (V(S) eta V(R)) mantendu behar ditu. Horrela, DTE batek leiho labainkorraren tamaina arteko pakete kopurua bidal dezake bakarrik, egiaztapenik jaso gabe. Leiho minimoa 2 paketekoa da, eta 8 moduluan lanean ari bagara, 7 paketekoa gehienez.

M bita, zatikatze/birmuntatze prozeduretarako erabiltzen da.

- **Etenaldi-paketeak:** GFiko Q bita 1era izango dute, etenaldi-paketea direla adieraziz. Haien fluxu- eta errore-kontrola Stop&Wait modura egiten denez, ez dute sekuentzia-zenbakirik, ezta haiekin erlazionaturiko eremurik ere (Modulua, P(S), P(R)). Garraiatzen dituzten erabiltzaile-datuak zatikatu gabeak izan behar dutenez, M bita 0ra egongo da beti.

X.25 PLPren gaineko erabiltzaileak datu garrantzitsuak bidali behar dituen erabiliko dituen etenaldi-paketeak, datu-pakete arrunten sekuentziatik kanpo (*sekuentzia etenaz*) bidaltzen baitira, hau da, leihoaren tamaina eta birtransmititze-kontua aintzat hartu gabe. Beti ere, 32 byte izango dira gehienez, zatikatu behar ez izateko (hau da, X.25 sarbide-sare guztiek 32 byteko erabiltzaile-datuen eremuetako paketeak garraiatzeko gai izan beharko dute).

- **Erabiltzaile-datuen egiaztapena:**

X.25 PLP protokolo fidagarria izanik, erabiltzaile-datuak gaineko mailara errorerik gabe eta ordenan iristea ziurtatu behar du. Erabiltzaile-datuak garraiatzeko, bi pakete mota daude, eta bakoitzaren egiaztapena ere modu ezberdinean egiten da.

- **Datu-pakete arrunten egiaztapena:** pakete hauen fluxu- eta errore-kontrola, Go-back N moduan egiten da. Teknika hori aurrera eramateko, HDLC protokoloan bezala, hiru kontroleko PDU erabiltzen dira, RR, RNR eta REJ izenekoak. Arazorik ez dagoenean, helmugak ere datu-pakete arruntak bidaltzeko baditu, jasotako paketeak haietan egiaztatu daitezke, HDLCn bezala, piggybacking eginez.

Fluxu-kontrolak balio du adierazteko zirkuitu birtualaren bi muturren artean paketeak ondo iritsi direla eta gehiago bidaltzeko edo oraingoz ez bidaltzeko; errore-kontrolak, berriz, paketeen bikoizketa edo galera detektatu eta adierazteko. Erroreen detekzioa, jatorriaren DCEak zein helmugako DTEak egin dezake; GFI eremuko D bitean zehaztuko da nork egin behar duen.

3.- SARE-MAILA

Azalpenak argiagoak izan daitezzen, helmugako DTEari buruz hitz egingo da hemendik aurrera.

Datu-pakete arrunt batzuk (leihoaren tamainaren arabera) jaso dituen helmuga batek, errorerik ez dela gertatu eta pakete gehiago onar ditzakeela adierazteko, bi aukera ditu:

- Helmugak berak ere, jatorriari bidaltzeko datu-pakete arruntak baditu, haiek bidaltzea, P(R) eremuan jatorritik jasotzea espero duen hurrengo paketearen sekuentzia-zenbakia jarrita. Hori litzateke piggybacking-a egitea.
- Helmugak jatorriari bidaltzeko datu-pakete arruntik ez balu, RR paketea bidaltzea, P(R) eremuan jatorritik jasotzea espero duen hurrengo paketearen sekuentzia-zenbakia jarritz.

Helmugara paketeak ongi iritsi badira baina helmugak ezin baditu gehiago prozesatu, RNR paketearekin adieraziko dio jatorriari.

Azkenik, helmugak jasotako datu-pakete arrunt batean errorerik gertatu dela detektatzen bada (errepikatua datorrelako edo sekuentziaz kanpo), REJ pakete batekin erantzun behar du, P(R) eremuan txarto iritsitako pakete horren sekuentzia-zenbakia adieraziz. Horrekin, jatorriak datu-pakete arrunt hori eta ondoren bidalitako guztiak berriz bidaltzea eskatzen ariko da (Go-back N).

- **Etenaldi-paketeen egiaztapena:** etenaldi-paketeen fluxu- eta errore-kontrola, berriz, Stop&Wait moduan egiten da, datu-pakete arrunten kontrolez aparte. Teknika hori aurrera eramateko, jatorritik jasotako etenaldi-pakete bakoitzak ETENALDI-EGIAZTAPENen pakete batekin erantzun beharko du helmugak, ondo iritsi bada. Txarto iritsitako etenaldi-paketeen erantzunik ez da bidaltzen, eta jatorriak tenporizadorearen denbora agortzean detektatutako du berriz ere bidali behar duela. Jatorriak etenaldi-pakete bakarra bidali ahalko du uneoro, haietan sekuentzia-zenbakien beharra eragotziz.

- **Zatikatzea eta birmuntatzea:**

Garraio-mailatik iristen den SDUa konexiotik bidaltzeko luzeegia bada, zatikatu egin behar da. SDUa datu-pakete arrunterakoa denean bakarrik gerta daiteke hori.

Zatikatu ahal izateko, X.25 konexioak onartzen duen erabiltzaile-datuaren tamaina maximoa jakin behar da. "Erabiltzaile-datuaren tamaina maximo" datu horri, edozein mailatako protokolutan, MTU deituko diogu, eta beti betetzen du ekuazio hau:

$$MTU_n = MTU_{n-1} - PCI_n \quad \text{non } n \text{ maila-zenbakia baita}$$

Maila bateko protokoloak zatikatzea egin behar duen jakiteko lehen pausoa, gaineko mailatik jasotzen duen SDUaren tamaina jakitea da. Tamaina hori MTUa baino handiagoa bada, zatikatzea beharrezkoa da.

3.- SARE-MAILA

Bigarren pauso batean, MTUaren arabera zenbaterainoko zatiak egin daitezkeen kalkulatu behar da, hau da, protokoloaren ZTM, Zatiutako Tamaina Maximoa. X.25 PLPn, ZTM hori eta MTU berdinak dira beti, baina, beste batzuetan, MTU baino txikiagoa izaten da ZTM hori. X.25 PLPren kasuan, beraz, hau betetzen da:

$$ZTM_{X.25PLP} = MTU_{X.25PLP}$$

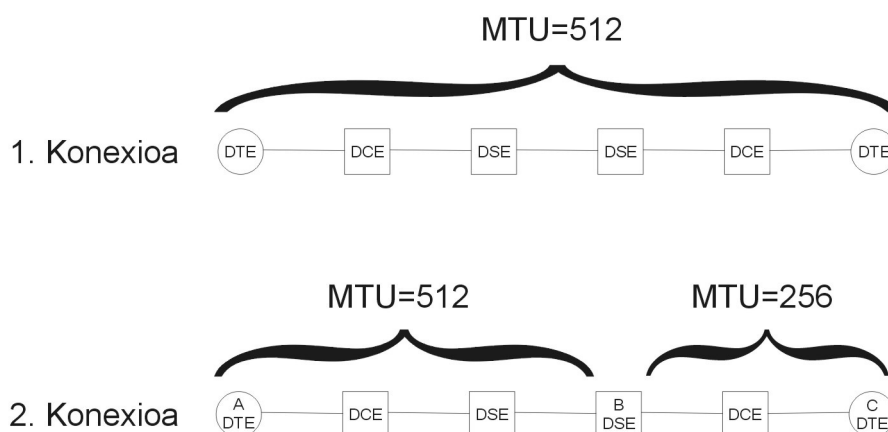
$$PDU_{X.25PLP}^M = PCI_{X.25PLP} + MTU_{X.25PLP} = 3 + MTU_{X.25PLP} = 3 + ZTM_{X.25PLP}$$

Azkenik, ZTM tamainako ahalik eta zati gehienak eratu behar dira SDUa zatikatuz. Eratutako azken zatia, jatorrizko SDUaren arabera, ZTM tamainakoa edo txikiagoa izan daiteke.

Zati bakoitzarekin datu-pakete ezberdin bat eratuko denez, pakete bakoitzak bere P(S) sekuentzia-zenbaki propioa izango du, V(S) aldagaiaren arabera.

Konexioa darabilten protokoloetan, pakete guztiak ordenan iritsiko direla ziurtatuta dagoenez, SDU originala birmuntatzeko behar den bakarra (sekuentzia-zenbakiez gainera) lehen zatia eta azkena zein paketetan garraiatu diren identifikatu ahal izatea da. X.25 PLP protokoloan TYPE eremuko M (*More*) bitarekin egiten da hori. SDU zati bakoitzarekin egindako pakete guztietan, M bitak 1 balioa izango du, azkenekoan izan ezik. Azkenekoan, 0 balioa izango du, SDU osoa osatzen duen azken zatia garraiatzen duela adierazteko. Zatikatzetik egin behar ez denean ere, 0 balioa izango du.

Zatikatzea modu ezberdinetan egin daiteke zirkuitu birtualen konmutaziozko teknologia erabiltzen duten sareetan. Ondoko irudian, X.25 sare batean gerta daitezkeen 2 konexio-kasu agertzen dira:



8. irudia. MTU berdin eta ezberdinetako konexioak.

1. konexioko lotura guztietan, MTU balio berdinekoa da. Horrela, konexioaren ezarpenean, erabiltzaile-datuen tamaina maximoa MTU horren berdina izatea erabaki daiteke. Jatorriko DTEan tamaina handiagoko SDU bat jasoko balitz, (gainera mailatik) jatorria bera arduratuko litzateke zatikatzeaz, eta pakete horiek arazorik gabe iritsiko lirateke helmugako DTEra. Kasu honetan, beraz, jatorriko zatikatzearekin nahikoa da.

3.- SARE-MAILA

2. kasuan, berriz, konexioa bi MTU ezberdin onartzen dituzten loturetatik pasatzen da. Kasu honetan, hiru makina garrantzitsu daude, muturreko DTEak (A eta C) eta B DSEa. A DTEak konexioa ezartzean, 512 byteko erabiltzaile-datuen tamaina maximoa eskatuko luke DEI-ESKAERA paketearen ezaugarrien eremuan. Pakete hori B DSEa iristean, bi aukera daude:

- DEI-ESKAERA dagoen bezala bidal dezake. Orduan, helmugako DTEak, SARRERAKO DEIA paketeen onartu ezin duen erabiltzaile-datuen tamaina maximoa jasotzen duenez, DEI-ONARPENA paketeen, bere MTUari dagokiona jartzen du (256). DEI-EGIAZTAPENA tamaina maximo berri horrekin iritsiko da jatorriko DTEa, eta berak bidalitakoa baino txikiagoa denez, onartu beharko du. Hala, muturretik muturrera, bidaliko diren pakete guztiek tamaina maximo berdina edukiko dute. Tamaina hori muturretan jakina denez (256), zatikatzeak jatorrietan egingo dira.
- B DSEak, irteerako loturan MTUa txikiagoa dela ikusirik, hortatik bidaltzen duen DEI-ESKAERA paketeen erabiltzaile-datuen tamaina maximoaren ezaugarria dagokion MTUaren (256) arabera jar dezake. SARRERAKO DEIA erabiltzaile-datuen tamaina maximo egokiarekin iritsiko zaio, beraz, helmugari, eta erantzuneko DEI-ONARPENA paketeen ez du ezer aldatuko. B DSEak, DEI-ONARPENA jatorrirako konmutatzean, tamaina maximoa aldatuko dio, DEI-ESKAERAN jasotako berdina jarriz (512). Horrela, A eta C DTE-ek bere MTUaren arabera zatikatzeak egingo dituzte (512 eta 256), eta B DSEak berriz, irteerako loturaren arabera; sekuentzia-zenbakietan sortzen diren arazoez arduratu beharko da.

Adibideko B DSEa bezalako **sareko nodoetan** egiten den zatikatzea bi modutakoa izan daiteke X.25 sareetan:

- **Gardena:** MTU ezberdineko bi X.25 azpisare ezberdin konektatzen dituzten konmutagailuetan, zatikatzea egin behar den ala ez erabaki baino lehen, jatorrizko SDU guztia birmuntatzen da. Hala, SDU osoaren gain egiten da zatikatze-prozesu berria.

Helmugak azken zatikatzearen ondoriozko paketeak bakarrik jasoko ditu; aurretik gertatutakoak *gardendu* (desagertu) egin dira.

- **Ez gardena:** Kasu honetan, X.25 azpisare ezberdinak konektatzen dituzten konmutagailuetan ez da birmuntatzerik egiten. Jadanik aurretik zatikatutako paketeak jaso eta haien SDUak berriro zatikatu behar badira, zatikatze-prozesu ezberdin bat egiten da bakoitzerako. M bitaren balioa kontuan hartu beharko da, eta 1 balioa duen pakete baten SDUa zatikatu behar bada, pakete horretatik sortutako pakete guztietan 1 balioa jartzen da. 0 balioa, M=0 balioa zuen paketetik eratutako azken paketeari bakarrik jarriko zaio.

Helmugak bidean jasandako zatikatze guztien ondorioak ikusiko ditu.

Nolanahi ere, zatikatze berrietan sortutako paketeen P(S)ak ordenan ezartzen dira, jatorrizko lehenengo paketearenetik hasita.

3.- SARE-MAILA

Zatikatzea egiten duen kommutagailuak, edonola egiten duela ere, zatikatu dituenak egiaztatzeko paketeak detektatu beharko ditu (beste noranzkoan doazela) eta haietan adierazten den P(R) eremuak modu egokian aldatu beharko ditu.

Helmugan, pakete guztiak ordenan iristen direnez, nahikoa da $M=0$ duen paketea iritsi arte itzarotea jatorrizko mezua birmuntatzeko, edozein motatako zatikatzea egin bada ere. Zatikatze ez gardenaren ondorioz helmugara iristen diren paketen kopurua zatikatze gardenarekin iritsitakoa baino handiagoa edo berdina izango da beti.

Adibidea

Demagun X.25 sare bateko kommutagailu batera, bi pakete hauek iristen direla eta $MTU_{X.25PLP} = 256$ byte duen portu batetik kommutatu behar dituela.

	Tamaina	M	P(S)	P(R)
1. paketea	700	1	20	0
2. paketea	300	0	21	0

Kommutagailuak zatikatze-prozesua bi modutara egin ahalko du:

▪ **Zatikatze gardena:**

Jatorrizko mezua birmuntatuko du lehenik:

$$\begin{aligned}
 SDU_{X.25PLP}^T &= SDU_{X.25PLP}^1 + SDU_{X.25PLP}^2 \\
 &= (PDU_{X.25PLP}^1 - PCI_{X.25PLP}) + (PDU_{X.25PLP}^2 - PCI_{X.25PLP}) \\
 &= (700-3)+(300-3)=697+297=994 \text{ byte}
 \end{aligned}$$

$$MTU_{X.25PLP} = 256 \text{ byte}$$

$$SDU_{X.25PLP}^T = 994 > MTU_{X.25PLP} = 256 \Rightarrow \text{Zatikatzea beharrezkoa da.}$$

$$ZTM_{X.25PLP} = MTU_{X.25PLP} \Rightarrow$$

Beharrezko zati kopurua:

$$SDU_{X.25PLP}^T / ZTM_{X.25PLP} = 994/256 = 3, \dots \Rightarrow 256 \text{ byteko } 3 \text{ zati, } 226 \text{ byteko zati } 1$$

Bidaliko diren paketeak:

	Tamaina	M	P(S)	P(R)
1. paketea	256+3=259	1	20	0
2. Paketea	256+3=259	1	21	0
3. Paketea	256+3=259	1	22	0
4. Paketea	226+3=229	0	23	0

3.- SARE-MAILA

Kommutagailu honek kontuan izan beharko du zatikatzea dela-eta fluxu- eta errore-kontrollean eragina duela. Pakete horiek horrela iristen badira helmugara, kommutagailuak $P(R)=24$ balioaz bidaliko luke haien egiaztapena. Egiaztapen-paketea kommutagailu honetatik pasatzean, kommutagailuak $P(R)=22$ balioa jarri beharko dio, jatorriak hori espero baitu. Komunikazioan gertatzen diren beste pakete guztietan ere eragin berdina izango du.

▪ **Zatikatze ez gardena:**

Pakete bakoitzak zatikatze-prozesu independentea izango du.

1. paketea

$$SDU_{X.25PLP}^1 = PDU_{X.25PLP}^1 - PCI_{X.25PLP} = 700-3=697$$

$$MTU_{X.25PLP} = 256$$

$$SDU_{X.25PLP}^1 = 697 > MTU_{X.25PLP} = 256 \Rightarrow \text{Zatikatzea beharrezkoa da.}$$

$$ZTM_{X.25PLP} = MTU_{X.25PLP} \Rightarrow$$

Beharrezko zati kopurua:

$$SDU_{X.25PLP}^1 / ZTM_{X.25PLP} = 697/256 = 2, \dots \Rightarrow 256 \text{ byteko } 2 \text{ zati eta } 185 \text{ byteko zati } 1$$

2. paketea

$$SDU_{X.25PLP}^2 = PDU_{X.25PLP}^2 - PCI_{X.25PLP} = 300-3 = 297$$

$$SDU_{X.25PLP}^2 = 297 > MTU_{X.25PLP} = 256 \Rightarrow \text{Zatikatzea beharrezkoa da.}$$

Beharrezko zati kopurua:

$$SDU_{X.25PLP}^2 / ZTM_{X.25PLP} = 297/256 = 1, \dots \Rightarrow 256 \text{ byteko zati } 1 \text{ eta } 41 \text{ byteko zati } 1$$

Bidaliko diren paketeak

	Tamaina	M	P(S)	P(R)
1. paketea	256+3=259	1	20	0
2. Paketea	256+3=259	1	21	0
3. Paketea	185+3=188	1	22	0
4. Paketea	256+3=259	1	23	0
5. Paketea	41+3=44	0	24	0

Kasu honetan ere, sekuentzia-zenbakietan aldaketak gertatu dira; horregatik, kommutagailu honek zirkuitu birtual horretako pakete guztietan dagozkien aldaketak egin beharko ditu.

• **Berrezarpena:**

3.- SARE-MAILA

Datu-transferentziaren fasean, DTE batek ZBKa berriro has dezake, BERREZARPEN-ESKAERA pakete bat bidaliz. Helmugako DCEak, BERREZARPEN-ESKAERA paketea BERREZARPEN-ADIERAZPENA pakete bilakatzen du, eta horrela bidaltzen dio helmugako DTEari (ezarpenaren eta askapenaren faseetako paketeak bezala).

Bestalde, DCE batek BERREZARPEN-ADIERAZPENA pakete bat bere kabuz bidaliz ere egin daiteke berrezarpena. Horrela, DCEak sarean akatsen bat gertatu dela adierazten dio bere DTEari, eta azken honek konexioa berriro hastea eskatu dezake.

Berrezarpena gertatzen ari den bitartean, datu-pakete arruntak, etenaldikoak eta fluxu- eta errore-kontrolakoak iristen badira, ez dira kontuan izaten.

Horrela, zirkuitu birtual konkretu batetik gertatzen zen konexio logikoa berriro ezartzen da, eta DTE-etako birtransmititze-zerrendak eta kontagailuak (V(S), V(R) eta RetxCount) hutsean geratzen dira.

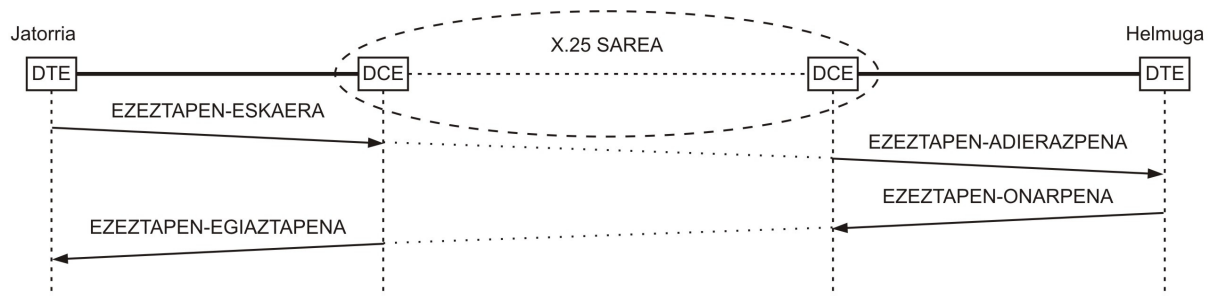
- **Berrastea:**

Berrastea arazo larriak daudenean egiten da; adibidez, DTE edo DCE bat ez dabilenean. BERRASTE-ESKAERA pakete batekin, DTE baten ZBK guztiak berriro hasiko dira; dei birtual bakoitzerako BERREZARPEN-ESKAERA bat egitearen baliokidea da.

ASKAPENAREN FASEA

- **Komunikazioa askatzea:**

ZBKetan bakarrik erabiltzen da. Askatzea gertatzen denean, loturetako kanal logikoak aske geratzen dira, beste komunikazioen batek erabili ahal izateko.



9. irudia. X.25 askapeneko fasea.

Komunikazioa askatzeko kontrol-paketeak eta haien ordena 8. irudian adierazitakoak dira.

3.3.1.3.- X.25 PLPren erabiltzailearekiko interfazea

X.25 PLP protokoloa OSI moduko arkitektura batean erabiltzeko, OSI ereduko sare-mailako oinarritzko eragiketak eta X.25 PLPko paketeak erlazionatu beharko dira.

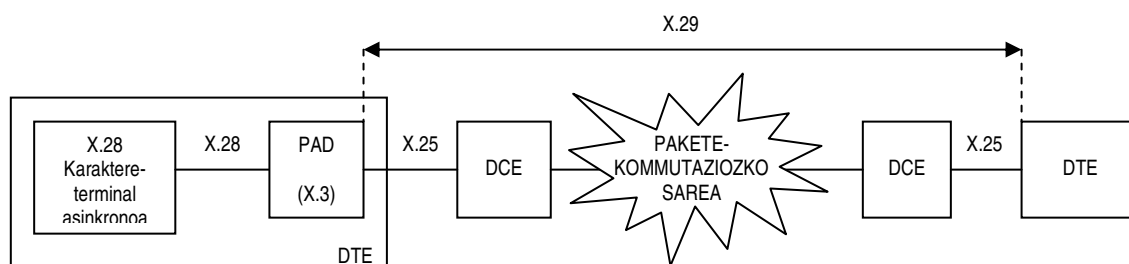
OSI oinarritzko eragiketak	X.25 PLP paketeak
N-CONNECT.request N-CONNECT.indication N-CONNECT.response N-CONNECT.confirmation	DEI-ESKAERA bidali SARRERAKO DEIA iristen da DEI-ONARPENA bidali DEI-EGIAZTAPENA iristen da
N-DISCONNECT.request N-DISCONNECT.indication	EZEZTAPEN-ESKAERA bidali EZEZTAPEN-ADIERAZPENA iristen da
N-DATA.request N-DATA.indication	DATU-PAKETEAK bidali DATU-PAKETEAK iristen da
N-DATA-ACKNOWLEDGE.request N-DATA-ACKNOWLEDGE.indication	RR edo RNR bidali RR edo RNR iristen da
N-EXPEDITED-DATA.request N-EXPEDITED-DATA.indication	ETENALDIA bidali ETENALDIA iristen da
N-RESET.request N-RESET.indication N-RESET.response N-RESET.confirmation	BERREZARPEN-ESKAERA bidali BERREZARPEN-ADIERAZPENA iristen da Ez dago paketerik Ez dago paketerik

2. taula. OSI oinarritzko eragiketak eta X.25 PLPren paketeak.

3.3.1.4.- Terminalen sarbidea

X.25 PLP protokoloa azaldu genuenean, DTE-ek X.25 arauko protokolo guztiak gauzatzeko beharrezko prozesamendu gaitasuna zutela esan genuen. Oro har, hori horrela da, DTEa konputagailua denean, adibidez. Baina garai batean, DTE batzuek ez zuten pakete moduan lan egiten, edo ez zuten X.25 araua implementatzeko prozesamendu-gaitasunik. Mota horretako DTE bat sarera konektatu nahi bazen, beste ekipo bat gehitu behar zitzaion, DTEaren izenean X.25 arauko protokoloak inplementatuko zituena.

Egoera hori oso arrunta izanik, PSPDNko agintaritzek X.25aren DTEa ordeztzeko arau multzo bat atera zuten, *X-Hirukoitza* deiturikoa, karakterekin lan egiten zuten terminal asinkronoak X.25 sareetara konektatzeko



10. irudia. X-Hirukoitza.

3.- SARE-MAILA

Irudian ikusten denez, X.28 moduko karaktere-terminal asinkronoek X.25 arauko sarean lan egiteko beharrezko duten ekipo gehigarriaren izena PAD da (*Packet Assembler-Disassembler*, pakete muntatzaile-desmuntatzailea).

- **X.28:**

Karaktere-terminal asinkrono baten eta PAD baten arteko protokoloa definitzen du X.28 gomendioak, baita hauek egiteko prozedurak ere:

- PADerako sarbidea (konfigurazioetarako).
- Terminaleko parametroei balioak ematea.
- Terminalaren eta PADaren arteko datu-trukea.

PADaren erabilera errazagoa izan dadin, terminalen parametroek hasierako balio finkoak dituzte. Finkatutako balioen multzo bakoitzak profil estandar bat eratzen du. Oro har, hasierako profilaren aukera eta beraren gain egindako aldaketak, terminalaren eta PADaren arteko lehen komunikazioa gauzatzen denean egiten dira.

- **X.3:**

PAD baten lanak bi modu ditu. Komunikazioaren jatorrian, X.28 moduko terminal batek bidalitako karaktereekin X.25 PLP moduko paketeak egitea eta DCera bidaltzea; helmugan, berriz, DCEtik jasotako X.25 PLP paketeak X.28 terminalera bidaltzeko karaktere egokietara aldatzea.

PADaren baliabide eta funtzioak X.3 gomendioetan definitzen dira.

- **X.29:**

PADaren eta helmugan paketeekin lan egiten duen DTEaren arteko protokoloa zehazten du. Deien ezarpen eta datuen transferentzia egiteko prozedurak X.25 PLPan erabiltzen diren berdinak dira, PADaren presentzia kontuan izanik.

3.3.2.- IP

3.3.2.1.- Sarrera

TCP/IP arkitekturan OSI ereduko sare-mailaren baliokidea IP maila da. IP mailan, datagrama moduko zerbitzua ematen da, hau da, konexiorik gabea eta ez fidagarria. Ez da konexiorik ezartzen, ezta fluxu- edo errore-kontrolik egiten ere.

IP mailan garraio-mailari zerbitzua emateko erabiltzen den protokolo nagusia IP protokoloa da. Protokolo horrek paketeen formatua, bideratzea eta zatikatze eta birmuntatzea egiten ditu.

3.- SARE-MAILA

TCP/IP arkitektura darabilten difusiozko sareetako makinan 2. eta 3. mailen artean, helbideratze *arazo* bat gertatzen da. Izan ere, TCP/IP protokolo-pilak 3. eta 4. mailako protokoloak bakarrik zehazten dituzte, 2. mailako edozein protokoloekin osatu daiteke TCP/IP pila. Horrela, TCP/IP difusiozko sare bateko makinetan erabiltzen denean, lotura-mailan difusiozko transmisio-bitartekoarekin (puntutik puntu askotarako loturarekin) lan egiten duen protokolo bat erabili beharko da. Hala, 2. mailan puntutik puntu askotarako lotura bat gertatzen denean, eratzen duen datagrama zein makinari zuzenduriko tramen sartu behar duen esan behar dio IPk 2. mailako protokolo-entitateari. 2. mailan makinak helbide fisikoen bitartez izendatzen dira, eta hori da IP mailak pasa behar diona beheko mailari, baina bideratze-tauletan IP helbideekin adierazten dira hurrengo nodoak (azken batean, tramen helmugak). Hurrengo nodoen IP helbideak eta helbide fisikoak erlazionatu beharra da 2. eta 3. mailen helbideratze-arazo deritzona. Arazo hori konpontzeko, helbide fisikoen taula deritzona erabiltzen du IP protokoloak, maila berdineko beste protokolo bereziekin mantentzen dena.

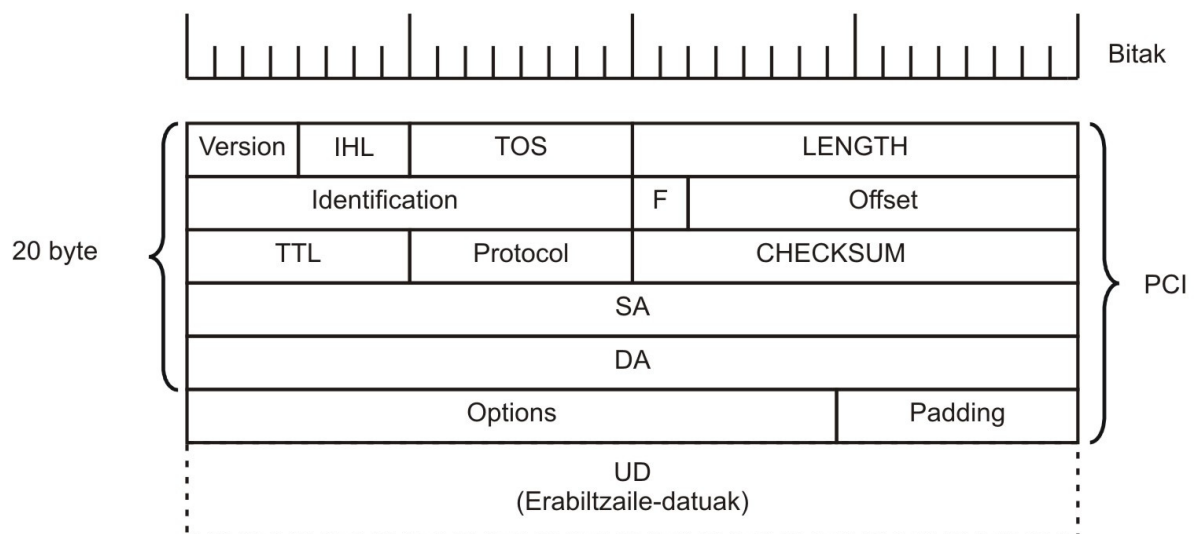
Puntutik punturako loturetan ez da arazo hori gertatzen, eta nahikoa da puntutik punturako loturetarako 2. mailako protokolo bat erabiltzea, helbide fisikoen taularik erabili gabe.

Datagramen prozesamenduan sarean gertatzen diren arazoez informatzeko, beste protokolo bat erabiltzen da, ICMP izenekoa.

3.3.2.2.- IP paketeen formatua

IP datagramek buru bat (PCI) eta erabiltzailearen datuak (SDU) dituzte. Konexio eta fidagarritasunik eskaintzen ez denez, ez da kontrol-PDUrik behar; beraz, guztiak dira datu-PDUak, erabiltzaile-datuak garraiatzekoak.

Buruak, 20 byteko zati finko bat eta luzera aldakorreko beste bat ditu. Irudi honetan ikusten dira IP datagrama baten buruko eremuak:



11. irudia. IP datagrama.

3.- SARE-MAILA

- **Version:**

Datagramak IP protokoloaren zein bertsiori jarraitzen dion adierazten du. Gaur egun, 4. bertsioa erabiltzen da, baina 6. bertsioa ere gero eta erabiliagoa izaten ari da.

- **IHL:**

Internet Header Length edo Internet buruaren luzera. IP datagramaren buruaren luzera zenbatekoa den adierazten du, 4 byteko unitatetan. Beharrezkoa da, IP buruaren eremu bat (*Options*) luzera aldakorrekoa baita.

- **TOS:**

Type Of Service edo zerbitzu mota. Datagramak sareari eskatzen dion zerbitzu mota adierazten du. Eremu honek ere formatu berezi bat du, irudi honetan adierazten dena:

Lehentasuna	D	T	R	Erabili gabeak
-------------	---	---	---	----------------

12. irudia. TOS eremua.

Lehentasan-eremuak 8 lehentasun ezberdin adieraz ditzake.

D, T, R hiru bit horiek 0 balioa badute, *zerbitzu arrunta* adierazten dute.

- **Length:**

Datagramaren tamaina osoa adierazten du, byte unitatetan.

- **Identification:**

Datagrama bidaltzen duen jatorriak jartzen duen zenbaki bakuna da. Zatikaturako SDU baten datagrama guztietan gauza bera jartzen du, helmugan birmuntatzea ahalbidetzeko.

- **F: Flags**

Bi flag bit daude.

DF	MF
----	----

13. irudia. Flag eremua.

- DF (*Don't Fragment*) bitak 1 balioa badu, datagrama ezin dela zatikatu adierazten da.
- MF (*More Fragments*) bitak 1 balioa badu, datagrama SDU handi bati zatikatzea aplikatzearen ondorioz sortu dela eta hartan garraiatzen den zatiaren

3.- SARE-MAILA

ondoren gehiago badaudela adierazten du. 0 balioa hartzean, SDUaren azken zatia dela adierazten du.

- **Offset:**

Zatikaturako SDUen datagramentzat bakarrik du zentzua. Zatiaren posizio erlatiboa adierazten du, 8 byteko unitatetan.

- **TTL:**

Time To Live. Datagrama, sareko zenbat nodotatik pasatzen uzten den adierazten du. Nodo bakoitzean, unitate batean gutxitzen da zenbaki hori. Nodoak IP entitatea duten eta, ondorioz, datagrama bideratzen duten makina guztiak dira.

- **Protocol:**

Datagraman garraiatzen diren erabiltzaile-datuak (N-SDUa) zein protokoloren PDUa den adierazten du. Helmugak erabiltzaile-datu horiek gaineko zein protokoloren entitateari pasa behar dizkion jakiteko erabiltzen du eremu honetako informazioa.

Datagrama batean PDUak garraia ditzaketen protokolo guztiek kode ezberdin bat dute, hasiera batean IETF erakundeak esleitu zituenak (gaur egun, IANA erakundeak egiten du hori). Protokolo horien adibide, garraio-mailako TCP eta UDP edo IP mailako ICMP dira.

- **Checksum:**

Datagramaren buruaren erroreei antzemateko kalkulatu den balioa. Nodo bakoitzean berriro kalkulatu behar da, TTL gutxienez nodo bakoitzean aldatzen delako.

- **Source Address/Destination Address:**

Jatorriaren eta helmugaren IP helbideak dira.

- **Options:**

Eremu hau luzera aldakorrekoa da.

Datagramaren bideratzean egin daitezkeen aukerak adierazten dira. Gaur egun, 5 aukera daude definituta, taula honetan agertzen direnak:

3.- SARE-MAILA

Aukera	Deskribapena
Segurtasuna	Datagrama sekretua zein puntutaraino den adierazten du.
Jatorriko bideratze zehatza	Jatorritik helmugaraino jarraitu beharreko bide zehatza adierazten du.
Jatorriko bideratze ez-zehatza	Jatorritik helmugarainoko bidean, zein nodotatik pasatzea nahitaezkoa den adierazten du, nahiz eta beste nodo batzuetatik ere pasa daitekeen.
Bidea gorde	Datagrama jasotzen duen sareko nodo bakoitzak bere IP helbidea sartzten du datagraman.
Denbora-marka	Datagrama jasotzen duen sareko nodo bakoitzak bere helbidea eta denbora-unea sartzten ditu datagraman.

3. taula. IP aukerak.

3.3.2.3.- IPren funtzionamendua

IP protokoloak konexiorik gabeko zerbitzu ez fidagarria ematen du. Horrela, konexiorik gabeko sare-teknologia guztietan bezala, komunikazioa fase bakar batean ematen da, hau da, ez dago ezeren ezarpenaren eta askapenaren faserik, datu-paketeak zuzenean bidaltzen dira, eta bakoitza, komunikazio berean, bide ezberdinetik iritsi **daiteke** helmugara.

Hala ere, paketeak bidaltzerakoan badira hainbat prozedura garrantzitsu.

- **Bideratze moduen aukerak:**

IP paketearen buruaren *Options* eremuan, bideratzearen moduak aukeratu daitezke. Aukera horiek, *Options* eremua azaldu dugun taulan ikusi ditugu.

Segurtasuna aukeratuta, nodo militar batek “ziurak” ez diren herrialdeetako nodoetatik ez bideratzeko eskatzeko erabil dezake. Errealitatean, nodo guztiek ez diote aukera honi kasurik egiten, eta sareko espioiei informazio garrantzitsua topatzeko balio die.

Jatorriko bideratze zehatzean, jatorritik helmugarako bidea paketeen bertan zehazten da igaro behar dituen nodoen IP helbideen bidez. Datagramak bide zehatz horri jarraitu behar dio. Aukera hori sare-administratzaileek erabiltzen dute, larrialdiko paketeak bidaltzeko, nodoetako taulak hondatu direlako edo denbora-neurketak egiteko.

Jatorriko bideratze ez-zehatzean, datagramak zehaztutako nodoetatik pasatu behar du adierazitako ordena berean, baina beste nodo batzuetatik ere pasa daiteke. Modu hori ibilbide bat emateko erabiltzen da, arrazoi ekonomiko eta politikoengatik.

Bidea gorde aukerarekin, datagramak zeharkatzen dituen nodoek beren helbidea adierazten dute datagraman. Aukera horrek sare-administratzaileei bideratze-algoritmoetan akatsak topatzen laguntzen die.

“Denbora-marka” aukeran, aurreko “bidea gorde” aukeran bezala IP helbideak gordetzeaz gainera, denbora-unea ere gordetzen da.

3.- SARE-MAILA

- **IP bideratzea:**

IP protokoloak sare-mailan datagramak sortzen ditu. Datagrama horiek azpiko lotura-mailari pasatzen dizkio, eta bertan bakoitzeko trama bat eratu behar da. Lotura-mailan edozein motatako lotura fisikoa egon daitekeenez, IP protokoloa kasurik okerrenari aurre egiteko prestatuta dago, hots, puntutik puntu askotarako loturen kasuari (hau da, difusiozko sareei). Kasu horietan, beharrezkoa da 2. mailan eratzen den trama loturako zein estaziori dagokion adieraztea.

Makina guztiek portu bakoitzean 2. mailako protokoloak ulertzen duen helbide bat dute, helbide fisikoa deritzona, eta IP protokoloak ulertzen duen beste bat, IP helbidea.

X.25 PLPn, bideratzearen helburua da paketea helmugaren arabera dagokion portutik ateratzea, portu guztietan puntutik punturako loturak dituztelako. Horretarako, X.25 PLPk nahikoa du helmugako X.121 helbideak nodoko irteera-portuekin erlazionatzen dituzten bideratze-taulekin. IP nodo batean, berriz, bideratzearen helburua da datagrama helmugaren arabera dagokion portutik hurrengo nodora iritsaraztea. IPn, beraz, bi taula mota behar dira; alde batetik, helmugako IP helbideak nodoko irteera-portu eta hurrengo nodoekin erlazionatzen dituzten taulak (IP bideratze-taulak); bestetik, berriz, hurrengo nodoen IP helbidea eta helbide fisikoa erlazionatzen dituzten taulak (helbide fisikoen taula).

IP bideratze-tauletan, ez da helmuga zehatz bakoitzeko lerro bat agertzen. Helmugak sareka taldekatuta egon ohi direnez, IP bideratze-tauletan nodotik irits daitezkeen helbide talde bakoitzeko lerro bat jartzen da, taldearen IP helbidea, eta helbide horretara iristeko irteera-portua eta portu horretako hurrengo nodoa adierazten dira.

Sortu edo Iritsi den datagrama bakoitzari, helmugako IP helbidea (DA eremua) aztertzen zaio. Hartan eragiketa bat eginez, helmugaren sarearen IP helbidea lortzen da, IP bideratze-taulan sarrera modura bilatzeko. Bilaketa horren ondorioz, hurrengo nodoaren eta portuaren identifikatzaileak lortuko dira. Hurrengo nodoaren identifikatzaile modura, irteera-portua difusiozko IP sare baterakora den kasuan, hurrengo nodoaren IP helbidea agertuko da. Irteera-portua puntutik punturako lotura baterakoa denez, ez da zertan baliorik agertu

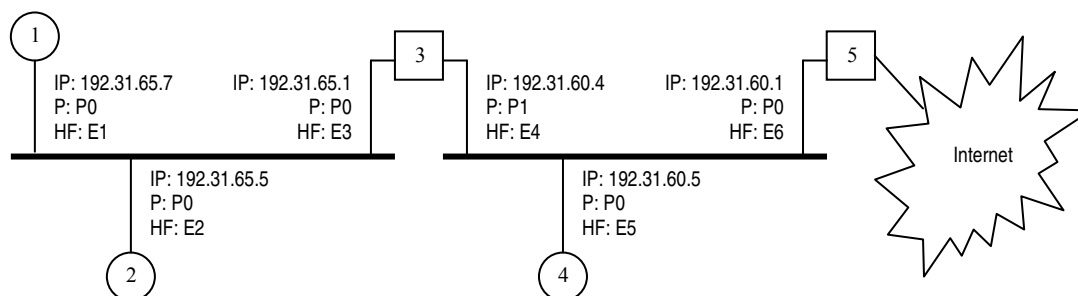
Bideratze-taulan helmugako sarearen IP helbidea topatzen ez bada, 0.0.0.0 helbidea bilatuko da. Modu horretara adierazten da IP bideratze-tauletan sare konkretu baten informaziorik ez dagoenean jarraitu beharreko bidea.

Ondoren, IP bideratze-taulan lortutako hurrengo nodoaren IP helbidea helbide fisikoen taulan erabili behar da sarrera moduan. Bigarren taula horrekin, hurrengo nodoaren helbide fisikoa lortzen da, irteera-portuko 2. mailako entitateak datagrama garraiatzeko trama eratzeko beharko duena.

Datagraman adierazitako helmuga-makina nodoaren portu bateko IP sare berean badago, IP bideratze-taulan, 0.0.0.0 balioa agertuko da hurrengo nodo gisa. Horrek adierazten du hurrengo nodoa helmuga bera dela; beraz, helbide fisikoen taulan helmugaren IP helbidea da kontsultatu behar dena.

3.- SARE-MAILA

Irudi honetan, IP helbidearen, helbide fisikoaren, portu eta taulen kontzeptuak ikusten dira, difusiozko sareetan (puntutik puntu askotarako loturak):



1 makina

IP bideratze-taula

Helmuga	Hurrengo nodoa	Portua
192.31.65.0	0.0.0.0	P0
0.0.0.0	192.31.65.1	P0

Helbide fisikoen taula

Helmuga	Helbide fisikoa
192.31.65.5	E2
192.31.65.1	E3

3 makina

IP bideratze-taula

Helmuga	Hurrengo nodoa	Portua
192.31.65.0	0.0.0.0	P0
192.31.60.0	0.0.0.0	P1
0.0.0.0	192.31.60.1	P1

Helbide fisikoen taula

Helmuga	Helbide fisikoa
192.31.65.5	E2
192.31.60.5	E5
192.31.60.1	E6

14. irudia. Bi difusiozko sare, router batekin konektaturik.

11. Irudian, bi difusiozko sare lokal agertzen dira, 192.31.65.0 sarea eta 192.31.60.0 sarea, router (3 makina) baten bidez elkarrekin konektaturik. 192.31.60.0 sarea, gainera, Internetera konektaturik dago beste router baten bidez (5 makina). Router makinei buruz gehiago ikasiko dugu 7. gaien, baina oraingoz, nahikoa da jakitea routerrak IP sareak lotzeko nodoak direla. Irudiko 1 eta 3 makinetako IP Bideratze eta Helbide Fisikoen taulak ere ikusten dira. Ondoren, irudi horretan azalduko makinaren artean gerta daitezkeen datagrama-trukeen kasu batzuk azalduko dira; guztietan, zatikatzea eta birmuntatzea egin behar izatea ez da kontutan hartuko.

- Terminal-terminal komunikazioa: Demagun 1 makinaren IP entitateak 2 makinari bidali beharreko N-SDUa jasotzen duela gaineko protokolo-entitate batetik. 1 makinak, datagrama sortzeko, bideratze-prozesua hasten du lehenik. 192.31.65.5 helmugako IP helbidetik haren sareko IP helbidea lortzen du, hau da, 192.31.65.0 (192.31.65.5 C klaseko IP helbide bat da), eta hori begiratzen du bere IP bideratze-taulan. Horrela lortzen du jakitea datagramaren irteera-portua P0 eta hurrengo nodoa 0.0.0.0 direla. Irteera-portuaren informazioarekin, zatikatze-prozedura aplikatu ahal du (oraingoz azalduko ez duguna), ondorio gisa hainbat datagrama emango dituena. Hurrengo nodoaren informazioak, berriz, nodo hori helmuga bera dela adierazten du; helmugaren IP helbidea bilatu behar da helbide fisikoen taulan. Helbide fisikoen taulatik 2. mailan helmuga gisa erabili beharreko helbide fisikoa (E2) lortzen du 1 makinaren IP entitateak. Azkenik, P0 irteera-portuko 2. mailako entitateari datagrama(k) eta E2 balioak pasatu, eta entitate horrek trama(k) eratu eta sarera bidaltzen d(it)u.

3.- SARE-MAILA

2 makina sare lokalean gertatzen den guztia etengabe entzuten ari da, difusiozko sare lokal batean dagoelako. Izan ere, difusiozko sare lokaletan transmisio-sistema partekatzen da; nodo guztiak etengabe entzuten ari dira, eta bakoitzak dagozkion tramak bakarrik prozesatzen ditu. Horrela, 1 makinak sarean jarritako trama, 2 makinaren sarrera-portuko 2. mailako entitateak detektatu eta helmugaren helbidean bere helbide fisiko propioa (E2) duela ikusirik, trama onartzen du. 2. mailako entitate horrek trama prozesatzen du (beraren protokoloak zehaztutako atazak gauzatuz), azkenik tramatik datagrama atera eta sare-mailako IP entitateari pasatzeko. Sare-mailan datagramaren helmugako IP helbidean (DA eremuan) bere helbide propioa (192.31.65.5) duela ikusten du, eta datagrama berarentzat dela konturatzen da. Hortaz, bideratze-algoritmoa aplikatu beharrean, datagramaren UD eremuaren edukiarekin birmuntatze-prozedura aurrera eramaten du (oraingoz azalduko ez duguna), eta, amaitzean (agian datagrama gehiago jaso ondoren), jatorriko N-SDUa lortzen du. Azkenik, datagram(ar)en Protocol eremuan adierazten den protokolo-entitateari pasatzen dio IP entitateak N-SDUa.

- Terminal-nodo-terminal komunikazioa: Demagun, orain, 1 makinak 4 makinari N-SDU bat bidali nahi diola IP protokoloaz. 1 makinako IP entitateak aurreko kasuko prozedura berdina egingo ditu N-SDU horrekin, baina helmuga ezberdina izanik, haien emaitzak ere ezberdinak izango dira. Hasteko, bideratzean 192.31.60.5 helbidearen sare-helbidea (192.31.60.0) bilatuko da bideratze-taulan; sare-helbide hori ez dagoenez, 0.0.0.0 edo *default* lerroa da bilatuko dena. Hortaz, irteera-portua P0 eta hurrengo nodoa 192.31.65.1 izango dira. 2. mailarako helbide fisikoa, berriz, E3 izango da.

Trama sarean jarrita, E3 helbide fisikoa duen makinak (hau da, irudiko 3 makinaren lotura-mailako entitateak) beretzat dela ikusiko du. Irudiko 3 makina hori router bat da, bi IP sare konektatzen dituena. Hala, konektatzen dituen sare bakoitzerako portu bat dauka, P0 eta P1 izenekoak. P0 portutik 192.31.65.0 sarera konektaturik dago, eta P1 portutik, berriz, 192.31.60.0 sarera. 1 makinak 192.31.65.0 sarean jarritako trama bere P0ko 2. mailako entitateak entzungo du. Aurreko kasuan bezala, azkenik, tramatik datagrama atera eta sare-mailari IP entitateari pasatzen dio. IP entitate horrek ere aurreko kasuan bezala jokatzeko du; oraingoan, baina, datagramaren helmuga (DA) beste makina bat dela ondorioztatuko du. Hortaz, birmuntatze-prozedura aplikatu beharrean, bideratze-prozedura egin beharko dio, 1 makinakoa bezala. 2 makinaren bideratze-prozeduraren emaitzak irteera-portua P1 eta hurrengo nodoa 0.0.0.0 dira. Helbide fisikoen taulan datagramaren helmugaren IP helbidea bilatzen da, eta, ondorioz, hurrengo nodoaren helbide fisikoa (eta datagrama garraiatuko duen tramaren helmuga) E5 izango da.

P1 portuko 2. mailako entitateak trama sarean jarrita, 4 makinak aurreko kasuko 2 makinak bezala jokatu du, tramaren eta bere erabiliztaile-datu den datagramaren helmuga delako.

- Terminal-nodo-Internet-terminal komunikazioa: Kasurik konplexuena izango litzateke 1 makinatik Interneten konektatutako makina batera datagramak bidaltzea. Kasu hori, berez, aurreko kasu bera da, baina bi terminalen artean hainbat nodo daudelarik. Datagrama, 1 makinan sortu eta 3 makinatik pasatuta,

3.- SARE-MAILA

5 makinara iritsiko litzateke. 5 makinan 3 makinan jasandako prozedura bera edo antzekoa izango luke; ezberdintasuna P1 irteera-portuaren izaeraren arabera izango da. Irteera-portua, 3 makinan bezala, difusiozko sare baterakoa bada, prozedura berdina izango da; aldiz, puntutik punturako lotura bat bada, sinpleagoa izango da, hurrengo nodoaren helbide fisikorik ez baita kontsultatu beharko helbide fisikoen taulan.

Internet barruko nodoetan, 5 makinan azaldutako guztia errepikatuko litzateke. Azkenik, datagrama dagokion helmugara iritsiko litzateke, hau da, Internetera lotutako terminal batera. Haren IP entitatean gauzatzen den prozedura aurretik ikusitako beste helmugena bezalakoa izango da; lotura-mailan, baina, tramaren harrera sarrera-portuko protokoloaren arabera izango da, puntutik punturako loturetan difusiozko sareetakoena baino sinpleagoa izan daitekeena.

Bideratzeari dagokionez, IP bideratze-prozesuan bideratze-aula kasu guztietan erabiliko da; difusiozko loturen kasuan, gainera, helbide fisikoen taula ere beharko da. Bi taula horien mantentzea zenbait modutara egiten da:

○ **IP bideratze-taulen mantentzea:**

Bideratze-tauletako informazioak sare-topologia islatu behar du; hortaz, eguneratua eta optimizatua izan behar du. IP protokoloa, baina, ez da horretaz arduratzen. Bi modutara egin daiteke mantentzea:

- **Mantentze zentralizatu:** sare bateko nodo guztietako IP bideratze-aulak nodo zentral berezi batek mantentzen ditu, sare-kudeaketaren mezu berezien bidez. Ez da asko erabiltzen.
- **Mantentze banatua:** modu honetan, sistema autonomoen (SAen) kontzeptua erabiltzen da.

Sistema autonomoak erakunde bakar baten kontrolpean dauden router homogeneoen bidez konektaturiko sare multzoak dira.

Hala, bideratze banatuaren barruan bi protokolo mota daude IP bideratze-aulak mantentzeko:

- IGP (*Internal Gateway Protocol*): Sistema autonomo beraren barruko nodoen artean taulak mantentzeko erabiltzen dira. Adibidez, RIP eta OSPF.
- EGP (*External Gateway Protocol*): Sistema autonomo ezberdinak lotzen dituzten nodoen arteko taulak mantentzeko.

○ **Helbide fisikoen taulen mantentzea:**

Taula hauetan hurrengo nodo baten IP helbideari zein helbide fisiko dagokion adierazten da. Helbide fisikoa sare motaren arabera izango da (Ethernet sareetan, adibidez, 6 byteko helbideak erabiltzen dira).

3.- SARE-MAILA

Taula hauetan, beraz, 3.3.2.1.- Sarrera puntuan azaldutako 2. eta 3. mailaren arteko helbideratzearen arazoa islatzen da. Taula horiek mantentzeko zenbait protokolo daude. Difusiozko LAN sareetan erabiltzen direnak (aurrerago ikusiko diren difusiozko sare konkretuak direnak), hauek dira:

- **ARP** (*Address Resolution Protocol*): Helbide fisikoen taulan agertzen ez den IP helbide baterako datagrama bat bidali behar denean, *broadcast* moduko trama batean ARP eskaera-mezu bat bidaltzen da datagramaren irteera-portuko sarera, IP helbide horren jabea zein makina den galdetuz. Mezu horretan, galdera nork egiten duen adierazten da, hau da, mezuaren jatorriaren IP helbidea eta helbide fisikoa adierazten dira, erantzuna broadcastean egin behar ez izateko. Galdetzen den IP helbidearen jabeak bere helbide fisikoa zein den erantzuten du beste ARP mezu batekin, zuzenean galdeketaren jatorrira bidaltzen den trama batean.

Protokoloa hobetzeko, makina bakoitzean jasotako helbide fisikoak (bai galdeketa propio baten ondorioz, bai beste makinaren baten galdeketa tramaren broadcasta dela eta iritsi delako) helbide fisikoen taulan sartzen dira, eta berriro erabiltzen diren arteko denbora neurtzen da. Horrela, gutxien erabiltzen diren helbideak taulatik kentzen dira, memoria alferrik okupa ez dezaten.

- **RARP** (*Reverse Address Resolution Protocol*): Batzuetan, makina baten helbide fisikoa jakina da, eta IP helbidea da falta dena. Hori, RARP protokoloa erabiliz konpontzen da.

- **Zatikatzeta eta birmuntatzea:**

IP entitateak, bideratzea egitean, irteera-portuaren informazioa lortzen du (hurrengo nodoarenaz gainera). Irteera-portu bakoitzak MTU ezberdina izan dezake; beraz, beharrezkoa izango da bideratzea zatitzea hasi baino lehen egitea.

Horrela, datagramako N-SDUa irteera-portuko MTUa baino handiagoa bada, zatikatu behar da. IP protokoloan, zatikatzea behar izanik ere, sareko nodoek datagramaren DF bita begiratu behar dute, zatikatzerik ezingo baita egin horretan 1 balioa agertzen bada. Kasu horretan, ICMP protokoloaz datagramaren jatorriari mezu bat bidaliko dio, datagrama zatikatu ezinagatik helmugara iritsiko ez dela adieraziz; nodoak, gainera, datagrama suntsituko du. DF bitak ahalbidetzen badu, N-SDUa zatikatu egingo da.

IP protokoloan zatiak egitea X.25 protokoloan baino zailagoa da. Hasteko, IP konexiorik gabeko pakete-kommutaziozko protokoloa denez, zatikatze ez gardena bakarrik aplikatu dezake sareko nodoetan, eta datagrama bakoitza helmugan bakarrik birmuntatzen da independenteki. Zati bakoitza datagrama ezberdin batean bidaliko denez, helmugara ere horrela iritsiko dira, eta agian, desordenaturik. Hortaz, birmuntatzean ordenatu beharra egongo da. Datagrama bakoitzak garraiatzen duen zatiaren ordena adierazten duen eremu bat du, Offset deiturikoa, eta ordena hori 8 byteko unitatetan ematen duena. Eremu horretan balio gisa zenbaki oso bat jarri ahal izateko, zatien tamaina maximoak MTU

3.- SARE-MAILA

baliotik hurbilen dagoen 8ren multiploa izan beharko du. IPn, beraz, ekuazio hauek betetzen dira:

$$ZTM_{IP} \leq MTU_{IP}$$

$$PDU_{IP}^M = PCI_{IP} + MTU_{IP}$$

X.25 PLPn bezala, zati guztiak ZTM tamainakoak izango dira, eta azkena txikiagoa izan daiteke. Helmugan zatiak birmuntatu ahal izateko, ordenaz gainera, beharrezkoa izango da zehaztea N-SDU berarenek direla. Hortaz, zati bakoitzarekin eratuko den datagraman, *Identification* eremuan zenbaki berdina jarriko du IP entitateak, eta Offset eremuan, berriz, dagokion posizioa (8 byteko unitatetan). Jatorrian, datagrama horietako MF eremuan 1 balioa jarriko da, azken zatia garraiatzen duenarenean izan ezik (non MF=0); sareko nodoetan, ordea, jada zatikatutako N-SDU baten zatia berriz zatikatu behar bada, MF=0 datagramatik eratorritako azkenak bakarrik izango du MF=0 (beste guztiek, MF=1).

Azkenik, *TTL* eremuan, jatorrizko datagraman agertzen zen balioa ken bat jarriko da, eta *length* eta *Checksum* eremuak zati bakoitzarekin eratutako datagramentzat birkalkulatu beharko dira.

Adibidea

Demagun IP sare bateko nodo batera bi datagrama hauek iristen direla.

	Tamaina	DF	MF	Identification	Offset
1. datagrama	300	0	0	20	85
2. datagrama	700	0	1	20	0

Nodoak, bideratzea egin ondoren, $MTU_{SIM}=256$ byteko lotura batetik kommutatu behar duela erabakitzen du. Datagrama bakoitzarekin prozesu hau egingo du:

1. datagrama

$$SDU_{IP} = PDU_{IP} - PCI_{IP} = 300 - 20 = 280$$

$$MTU_{IP} = MTU_{SIM} - PCI_{IP} = 256 - 20 = 236$$

$$SDU_{IP} = 280 > MTU_{IP} = 236 \Rightarrow \text{Zatikatzea beharrezkoa da.}$$

$$ZTM_{IP} \leq MTU_{IP} = 236 \Rightarrow 236/8=29, \dots \Rightarrow ZTM = 29 \times 8 = 232 \text{ byte}$$

Beharrezko zati kopurua:

$$SDU_{IP} / ZTM_{IP} = 280 / 232 = 1, \dots \Rightarrow 232 \text{ byteko zati 1, } 48 \text{ byteko zati 1}$$

2. datagrama

$$SDU_{IP} = 700 - 20 = 680$$

3.- SARE-MAILA

$SDU_{IP} = 680 > MTU_{IP} = 236 \Rightarrow$ Zatikatzea beharrezkoa da.

Lehen kalkulatu dugunez, $ZTM = 232$ byte

Beharrezko zati kopurua:

$SDU_{IP} / ZTM_{IP} = 680 / 232 = 2, \dots \Rightarrow$ 232 byteko 2 zati, 216 byteko zati 1

Bidaliko diren paketeak:

	Tamaina	MF	Identification	Offset	UD
1. datagrama	$232+20=252$	1	20	85	SDU^{1-1}
2. datagrama	$48+20=68$	0	20	$85+232/8=114$	SDU^{1-2}
3. datagrama	$232+20=252$	1	20	0	SDU^{2-1}
4. datagrama	$232+20=252$	1	20	$0+232/8=29$	SDU^{2-2}
5. datagrama	$216+20=236$	1	20	$29+232/8=58$	SDU^{2-3}

Helmugan, Identification = 20 balioko datagrama guztiak jaso arte itxaron beharko da, birmuntatzea egiteko. Datagrama guztiak iritsi diren egiaztatzeko, nahikoa da iristen direnen *Identification*, *Offset* eta *MF* eremuak begiratzea.

Birmuntatzea, zatikatze ez garden guztietan bezala, helmugan bakarrik egingo da. Horretarako, helmugako IP entitateak *identification* berdineko datagrama guztiak iritsi arte itxaron beharko du, eta, orduan, Offset eta MF eremuen arabera birmuntatu beharko ditu jatorriko N-SDUa lortzeko. Azkenik, Protocol eremuan adierazten den protokolo-entitateari pasako dio N-SDU hori.

• **Akatsen adierazpena:**

Nodo batek, edozein arrazoirengatik, datagrama bat bidali ezingo balu, komunikazioaren jatorriko makinari bere arazoaren berri eman beharko lioke. Mota horretako errore- eta kontrol-mezuak kudeatzen dituen protokoloari **ICMP** (*Internet Control Message Protocol*) deritzo.

ICMP paketeak IP datagrametan erabiltzaile-datu modura sartzen badira ere (IPn kapsulatzen direla esaten da), IPren maila berean dago. ICMP mezuen adibideak hauek dira:

- Datagrama ezin da helmugara iritsi: adibidez, zatikatu ezin daitekeen datagrama bat (DF=1) bideratu behar den portuko MTUa baino handiagoa denean.
- Datagramaren denbora agortua: TTL=0 balioko datagrama bat sareko nodo batera iristen denean, helmuga ez bada, mezu hau bidali beharko du.

3.3.3.- X.25 PLP eta IP protokoloak alderatzea

X.25 PLP eta IP protokoloak pakete-kommutaziozko sare-mailako protokoloak badira ere, haien arteko ezberdintasunak nabariak dira:

- IPk ez du fluxu- edo errore-kontrolik egiten; X.25 PLPk, berriz, bai.
- X.25 PLPk funtzio asko egiten ditu; beraz, garraio-maila sinpleagoa izan daiteke. IPk, berriz, garraio-mailari uzten dio konplexutasuna.
- X.25 PLPren azpiko maila fisiko (X.121, X.121 bis) eta lotura-mailako (LAPB) protokoloak guztiz zehaztuta daude. IP, berriz, lotura eta transmisio-bitarteko fisiko askoren gain lan egiteko diseinatuta dago (edozein protokolo darabilten puntutik punturako puntu askotarako loturak).

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

4.1.- SARRERA

4.1.1.- Eremu lokaleko sareen definizioa

Eremu Lokaleko Sare edo LAN (*Local Area Network*) sare bat eremu txiki bateko ordenagailu-sistemak konektatzeko modu bat da. LAN kontzeptuak, konexio fisikoaz gainera, komunikaziorako softwarea ere hartzen du.

IEEE erakundeak, 802 proiektuaren bidez, LAN sareen deskribapena egin zuen, puntuotan oinarriturik:

- **Jabegoa:** LAN sareak erakunde bakar batenak izan ohi dira.
- **Eremu txikia:** LAN batek ez du 5 km baino gehiagoko luzerarik hartzen; komunikazioa, beraz, eraikin baten barruan edo hurbil dauden eraikinen artean gertatzen da. **Transmisio-denbora maximoa** (seinalea sareko punturik urrunenera iristeko behar den denbora, alegia), mugatua eta ezaguna da.
- **Komunikaziorako transmisio-bitartekoa:** Gaitasun ertain/altukoa izaten da. 1-100 Mbps-ko abiadurak lortzen dira. LAN sare gehienetan, nodo guztien artean partekatzen dute.
- **Errore-tasa txikia:** eremu geografiko txikia hartzen dutenez, interferentzia elektrikoak gertatzeko aukera gutxiago daude.

LAN sareen helburua da komunikazio lokalak optimizatzea. Horretarako, topologia aldakorrek, kableatu eraginkorra eta jatorri askotako ekipoak erabiltzen dira; hala, kostu txikian, baliabideak partekatzea lortzen da.

4.1.2.- LANen abantaila eta desabantailak

LAN sare estandarizatuen abantailak zerrenda honetan aipaturikoak dira:

- Abantaila nagusia fabrikatzaile askoren elementuen integrazioa lortzea da, beharizanen arabera komunikazio gokia lortuz.
- Kostuen murriztea 2 arrazoiengatik lortzen da:
 - Baliabideak elkarbanatzea. Inprimagailu, fitxategi, modem eta antzerako baliabideak partekatu egiten dira.
 - Kableatua sinpletzen da, ekipoen artean puntutik punturako konexioen ordez, transmisio-bitartekoa partekatzen delako.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

- Topologiaren arabera, erraza da, sarean akatsen bat badago, sarearen zati hori kontuan hartu gabe funtzionatzea.
- Abiadura handiak lortzen dira LANetan.
- Ez da zertan LAN baten gaitasuna urrunera begira kalkulatu behar. Sarea moduluka hazten joan daiteke, arazorik gabe.

Desabantailen inguruan, berriz, gaur egun ezin daiteke esan askorik daudenik. Hasiera batean, berriz, hauek ikusten ziren:

- LAN baten instalazio-denbora luzea izan daiteke. Langileriaren prestakuntza eta sarearen kudeaketa ere konplexuak izaten ziren (informatika oraindik oso zabaldua ez zegoenean, are gehiago). Hala ere, gaur egun gauzak asko hobetu dira zentzu honetan.
- Estandarraren lehen garaian, ez zegoen oso argi zenbaterainoko arrakasta izango zuen, eta horien garapena nola egin behar zen esaten zuen araudirik ere ez zegoen.

4.1.3.- LANen aplikazioak

- **Fitxategiak partekatzea:**

LAN sareetan, fitxategiak partekatu ahal izatea zerbitzu nagusienetakoa da. Horri esker, edozein erabiltzailek besteen fitxategiak erabil ditzake, eta, hala, diskete edo CDen erabilera murriztu.

Sarean (LAN sareko makina batean) karpeta partekatuak jar daitezke, eta haiek erabili ahal izateko baimena erabiltzaile talde konkretuei eman. Hala, informazioa aldi berean erraz eskuratu eta/edo babestu daiteke.

Datu-base moduko aplikazioetan, adibidez, erabiltzaile ezberdinek datu-base bera batera erabil dezakete, eta erabiltzaile batek egiten dituen aldaketak beste erabiltzaileek berehala ikus ditzakete.

- **Inprimagailuak partekatzea:**

LAN sareen bitartez, sareko erabiltzaile guztiek partekatzen diren inprimagailuak erabil ditzakete. Hala, erabiltzaile kopuru bera izanda, inprimagailu gutxiago erosi behar dira, eta aldi berean, hobeak izan daitezke.

- **Sare-aplikazioen erabilera:**

Badira sare lokalek erabiltzen dituzten aplikazio batzuk, lana probetxugarriagoa egiten dutenak. Sare-aplikazio horietako bat posta elektronikoa da.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

Posta elektronikoaren bidez, sareko erabiltzaileen arteko interakzioa hobetzen da. Gaur egun, posta elektronikoaren bidez, mezu laburrez gainera, fitxategi mota asko truka daitezke erabiltzaileen artean.

- **Bezero-zerbitzari aplikazioak:**

Bezero-zerbitzari kontzeptua oso garrantzitsua da LAN sareetan, informazio kopuru handiak darabiltzaten aplikazioentzat. Bezero-zerbitzari moduko programek beren egitekoa bi zatitan banatzen dute; **bezero** zatia, aplikazioaren erabiltzailearen konputagailuan exekututzen da eta beste **zerbitzari** zatia, berriz, zerbitzari moduko sareko makina batean. Zerbitzari-makinak baliabide asko eta oso eraginkorrak dituzten makina handiak dira. Bezero-zerbitzari aplikazioen helburua zerbitzari makinaren baliabideak aprobetxatzea da, bezero-ordenagailuetako lan-karga arindu eta sareko trafikoa gutxitzeko.

Hasiera batean, datu-baseetako aplikazioetan, zerbitzaria fitxategi-zerbitzari bat zen soilik. Bezero-ordenagailuek zerbitzariko fitxategiak erabil zitzaketan eta behar zituzten datuak bere kabuz lortu. Horrek trafiko handia eragiten zuen sarean, eta kalkuluak egin behar ziren kasuetan, bezero-ordenagailuan egin behar ziren.

Bezero-zerbitzari aplikazioekin, datu-baserako galdeketa zerbitzarira bidaltzen da bezerotik, eta zerbitzariak egiten ditu egin beharreko galdeketa eta kalkulu guztiak; bezerora saretik zehar bidaltzen den bakarra emaitzak dira.

- **Komunikazio globaleko sistematarako sarbidea:**

Adibiderik garbiena Interneterako sarbidea da.

Komunikazio-zerbitzari batekin, sarea Internetekin lotzen duen abiadura handiko konexio iraunkor bat mantentzeko; hala, ez da behar sareko ordenagailu bakoitzarentzat sarbide-sare moduko transmisio-sistema bat. Konexio beharrak oso handiak ez badira, komunikazio-zerbitzariak, konexio iraunkor bat eduki beharrean, konexio kommutatu batekin ere lan egin dezake.

4.1.4.- LAN baten makina motak

LAN baten barruan bi makina mota egon daitezke, lanerako estazioak eta zerbitzariak.

- **Lanerako estazioak (*workstation*):**

Lanerako estazioak, kasu gehienetan, PC moduko makinak dira.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

LAN sareetan beharrezkoa da lanerako estazioak LAN sarera fisikoki lotuta egotea eta disko gogorretan sareko softwarea edukitzea.

Lanerako estazioen hardwarea bi zatitan banatu daiteke, konputagailua eta sareko interfaze-txartela (sarera lotzeko beharrezkoa). Sareko interfaze-txartelatik sarera lotzeko kablea ateratzen da, edo kablerik gabeko komunikazioetarako antena ere egon daiteke bertan.

Softwarea ere bi zatitan banatu daiteke, makinak lokalki lan egiteko softwarea eta sarera konektatzekoa. Hala, erabiltzaileak lanerako estazioa unitate independente moduan edo sareko parte moduan erabiltzea aukeratu dezake. Sareko parte moduan lan egiteko, sarera konektatzeko softwarea erabili behar du, eta bere sarrera erregistratu ondoren (identifikatu eta pasahitz egokia sartu ondoren) sareko parte aktibo bilakatzen da. Une horretan erabil ditzake sareko baliabideak.

- **Zerbitzariak:**

Zerbitzaria lanerako estazioei zerbitzua ematen dien makina da. Zerbitzu horien adibide dira inprimagailuetara sarbidea izatea, zerbitzariaren diskoetan gordeketak egitea, datu-sare publikoetara sarbidea ematea, eta abar.

Zerbitzaria helburu orokorreko makina bat (PCak bezala) edo funtzio berezietarako eraikitakoa izan daiteke. Helburu orokorreko makinak direnean, lanerako estazio moduan ere funtziona dezakete.

Zerbitzari gehienek, eta PC modukoek bereziki, PCaren softwarea eta sareko softwarea erabiltzen dituzte. PCko softwareak zerbitzariaren hardwarea kontrolatzen du. Sareko softwareak, berriz, sarerako konexioa gauzatzen du, eta lanerako estazioekin partekatzen den hardware-zatia ere kontrolatzen du.

4.2.- LAN SAREEN EZAUGARRIAK

LAN mota asko daude, eta askotariko ezaugarriak dituzte. LANen elementu bereizgarri esanguratsuenak azalduko dira atal honetan.

4.2.1.- Transmisio-moduak

LAN sareetan transmisio-bitartekoan komunikazioak elkarrengandik bereizteko kanalak eratzeko, bi transmisio-modu erabiltzen dira:

- **Oinarri-banda modua:** une jakin batean transmisio-bitartekoa kanal bakar batez osatuta egotea gertatzean, oinarri-banda moduko transmisioa dela kontsideratzen da. Horrenbestez, transmisio-bitarteko berean komunikazio asko batera emateko kanal ezberdinak behar badira, denbora-multiplexazioa erabili beharko da (TDM edo aurrerago ikusiko diren beste metodo batzuk).

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

- **Banda zabal modua:** une jakin batean, maiztasun-multiplexazioari esker, transmisio-bitartekoa kanal askoz osatuta dagoenean, banda zabal moduko transmisioa dago. Transmisio-modu hau erabiltzen da transmisio-bitarteko berean datu mota ezberdinak transmititzeko (bideoa, ahotsa, datu sinpleak,...) edo toki fisiko berean LAN sare ezberdinak edukitzeko. Kanal bakoitza frekuentzia zati bat da, helburu konkretu baterako erabilia.

Frekuentzia-kanal bakoitza datu-mota bereko komunikazio askotarako erabili behar denean, banda zabal moduko kanaletan partitze hori denbora-multiplexazioaz egiten da. Oro har, transmisio-modu hau garestiagoa da, nodo bakoitzak datu-mota bakoitzerako edo bere sareari dagokion frekuentzian transmititzeko modulazioak egiten dituen modem bat erabili beharko duelako.

4.2.2.- Kontrol motak

Komunikatzeko kanalak esleitzeko erabakia hartzeko moduaren arabera, bi kontrol mota bereizten dira:

- **Kontrol zentralizatua:** Nodo bakar bat dago sarean, zein nodok transmiti dezakeen eta zenbat denboraz egin dezakeen erabakitzen duena.
- **Kontrol banatua:** Ez dago transmisioen gaineko erabakirik hartzen duen nodo berezirik sarean. Nodo bakoitzak erabakitzen du transmititzen duen ala ez. Erabaki horiek arau batzuei jarraituz hartzen dira.

4.2.3.- Transmisio-bitartekoak

- **Pare bihurrituzko kableak:**

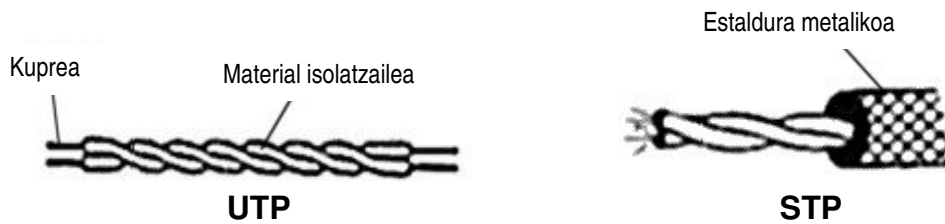
Transmisio-bitartekorik merkeena eta arruntena da. Pare bakoitza elkarren gainean bihurritutako kobrezko bi elementuz osatuta dago. Gainera, kobrezko elementu bakoitza material isolatzaile batez estalita dago.

Bi pare bihurritu mota daude, UTP (*Unshielded Twisted Pair*) eta STP (*Shielded Twisted Pair*).

UTP motako kableak pare sorta batzuez osatuta egoten dira (LAN sareetan erabiltzen direnek 4 pare izaten dituzte), sorta osoa plastikozko estaldura batean sartuta. UTP motaren barruan, 8 kategoria bereizten dira, zenbakiz izendatuak. Pare bihurrituzko kable bat zenbat eta kategoria altuagokoa izan, are interferentzia gutxiago eta abiadura handiagokoa izango da, baina garestiagoa ere bai, aldi berean.

STP motako kableetan, pare bakarra izaten da, seinale elektrikoaren interferentziak gutxitzeko estaldura metaliko batez hornitua. UTP modukoak baino garestiagoa da, eta instalatzen zailagoa, baina abiadura handiagoa lortzen du.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

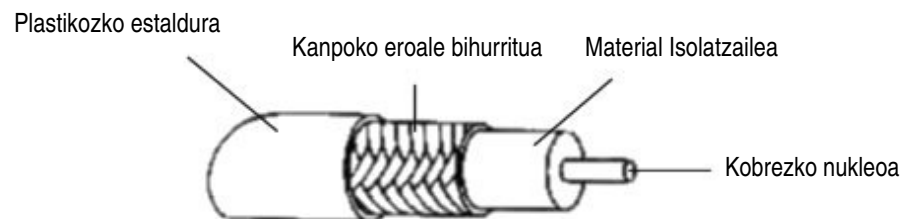


1. irudia. UTP eta STP pare bihurrituzko kable motak.

- **Kable ardazkidea:**

LAN handietan erabiltzen da. Instalazioa eta mantentzea pare bihurrituzko kableenaren antzekoa da.

Kable ardazkidearen zatiak:



2. irudia. Kable ardazkidea.

Pare bihurrituzko kableak baino garestiagoa da, baina abiadura handiagoak lortzen ditu eta interferentzia gutxiago ditu.

Bi kable ardazkide mota daude:

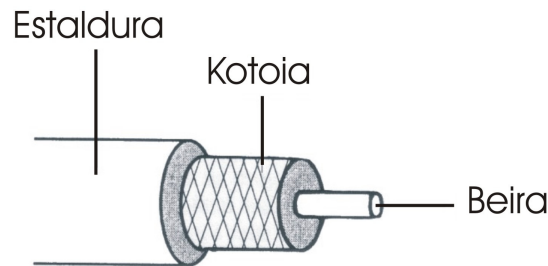
- **Oinarri-bandako ardazkidea:** oinarri-banda transmisio-moduan erabilia. Haren barruan, beste bi mota bereizten dira:
 - **Ardazkide lodia** (Thick): LANetan lehenik eta gehien erabilitakoa.
 - **Ardazkide mehea** (Thin): Lodiaren ordezkia, erabilerrazagoa.
- **Banda zabaleko ardazkidea:** banda zabal transmisio-moduan erabilia.

- **Zuntz optikozko kablea:**

Azkenaldian, zuntz optikoaren erabilera areagotzen ari da, sareko transmisio-bitarteko gisa.

Zuntz optikozko kable baten zatiak:

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)



3. irudia. Zuntz optikoa.

Kableetan erabilitako zuntza bi motatakoa izan daiteke: modu bakarreko zuntza (garestiena) edo modu anitzeko zuntza.

Lortutako transmisio-abiadurak pare bihurrituzko kableenak eta ardazkidearenak baino handiagoak dira, eta ez du seinale elektromagnetiko edo irrati-seinaleen interferentziarik jasaten.

Desabantaila garrantzitsuena: oso garestia da.

- **Irratizko transmisio-bitartekoa:**

Zenbait tokitan kableak jartzea oso zaila edo ezinezkoa da. Irtenbidea, orduan, kablerik gabeko sareak dira, non transmisio-bitarteko gisa irratia (airea) erabiltzen den. Sareko nodoetan, mikrouhinak transmititzen eta jasotzen dituzten txartel antenadunak jartzen dira.

Oro har, kablearekin baino abiadura geldoagoak lortzen dira, baina mugikortasunaren abantaila eskaintzen da.

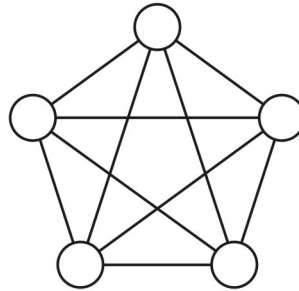
4.2.4.- LAN sareetako topologiak

LAN sareek topologia asko erabil ditzakete, sarearen funtzio edo egoera geografikoaren arabera.

4.2.4.1.- Puntutik punturako moduko topologia

Topologia honetan, sareko elementu bakoitza beste elementu guztiekin lotuta dago. Instalazioa oso sinplea da, baina sortzen zituen arazoak zirela eta (elementu berri bakoitzagatik jarri beharreko transmisio-sistema berrien kopurua asko igotzen da), denborarekin, izar-topologia bilakatu zen. Desabantailarik nagusienetako bat lotura fisiko asko behar izatea da.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)



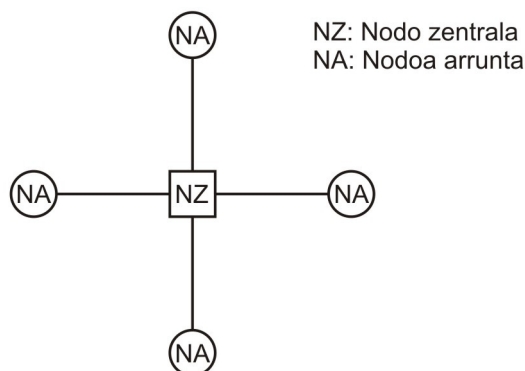
4. irudia. Puntutik punturako topologia.

4.2.4.2.- Izar-topologia

Izar-topologia batean, sareko nodo guztiak elementu berera konektaturik daude. Definizio hori izar-topologia fisikoa da soilik.

Izar-topologia osoa izateko, hau da, topologia fisiko eta logikoa, nodo guztiak konektaturik dauden elementu horrek sareko nodo berezi bat izan behar du, nodo zentral deritzona. Nodo zentral horrek informazio-transferentzia guztietan parte hartzen du, kommutagailu modura gutxienez (horretarako, dagokion protokoloa ulertzen du, baina ezin da komunikazioen jatorri edo helmuga izan). Beste nodo guztiak nodo arruntak dira.

Topologia honek nodo zentralaren menpekotasun osoa dauka, elementu hori hondatzen bada, sare osoa hondatzen baita.



5. irudia. Izar-topologia.

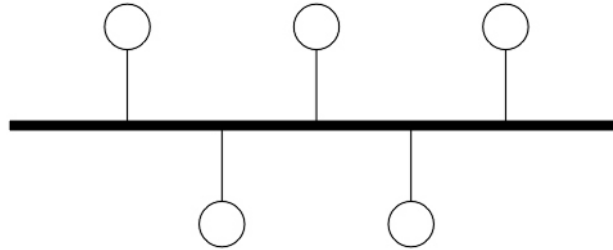
Nodo arruntak arazorik gabe ken daitezke topologia honetan, baina, gehitzean, kontuz ibili behar da. Izan ere, nodo zentralaren lan-gaitasunak mugatua dago bertara konektatzen diren nodo arruntaren kopurua.

Topologia honen abantaila bat zera da, sareko administratzaileak nodo arruntei nahi duten lehentasuna egokitu ahal izatea. Nodo zentralak, lehenik, lehentasunik handieneko nodo arruntak eskatutakoa egingo du.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

4.2.4.3.- Bus-topologia

Bus-topologia batean, transmisio-bitarteko-fisiko bakarra dago, eta sareko nodo guztiak bertara konektatzen dira fisikoki.



6. irudia. Bus-topologia.

Sarbide-teknikekin egiten da informazio-transferentziaren kontrola. Busean transmisio-bitarteko fisiko bera nodo guztien artean partekatzen dute, eta bakoitzak berari dagokion informazioa ezagutzeaz arduratu behar du. Hala, nodo bat hondatzen bada, sarea ez da hondatzen; transmisio-bitartekoa hondatzen bada, berriz, bai.

Nodo bakoitzak mezuak norentzat diren identifikatzeko gaitasuna du. Berari dagozkion mezuak bere sareko interfaze-txartelaren RAM memorian kopiatzen ditu, eta gero informazio hori prozesatu egiten du.

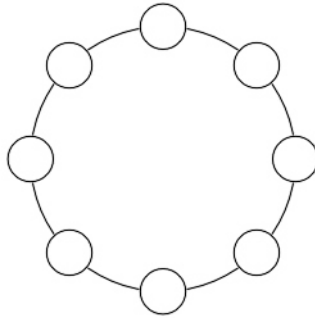
Izar-topologian ez bezala, bus-topologian kableatua sinplea da. Topologia garrantzitsu askok baino kableatu sinpleagoa du, egia esan; horregatik, kostu baxuko LAN askok bus-topologia eta pare bihurrituzko kableatua darabilte.

Bus-topologiaren desabantaila bat zera da, konpartitzen den transmisio-bitartekoan dauden deribazioen artean distantzia minimo bat egon beharra, nodoen seinaleen artean interferentziak gutxitzeko. Segurtasun aldetik ere, nodo baten funtzionamendu egokia aldatuta, beste estazioen arteko komunikazioetako datuak lortu ahalko liriateke.

4.2.4.4.- Erantzun-topologia

Topologia honetan lotura itxi bat eratzen da, eta nodo bakoitzak errepikatzaile modura lan egiten du. Informazioa eraztunean zehar garraiatzen da nodoen arteko puntutik punturako loturen artean.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)



7. irudia. Eraztun-topologia.

Hasiera batean, nodo batzuk eraztun-topologia eratuz konektatzean, zaila zen nodoak gehitzea. Gaur egungo eraztun-topologiako sareek, kable-zentro edo konzentratzaile izeneko elementuak erabiltzen dituzte. Horrela, administratzaileek erraz konekta eta deskonekta ditzakete nodoak, sarea eta sarearen funtzionamendua aztoratu gabe.

4.3.- TRANSMISIO-BITARTEKOA PARTEKATZEKO METODOAK

LAN sareetan, transmisio-bitartekoa bi modutara partekatu daiteke:

- **Banaketa estatikoa:** N erabiltzaile dituen transmisio-bitarteko bat N “zatitan” (kanaletan) banatzea da, zati (kanal) bakoitza erabiltzaile baten komunikazioei egokituz.

Zatiketa hori denboran egiten bada, TDM (*Time Division Multiplexing*) denbora-multiplexazioa erabiltzen da. Erabiltzaile bakoitzak bere txanda izango du denboran zehar transmisio-bitartekoa erabili ahal izateko, eta txanda iritsi arte itxaron beharko du. Txandaren denbora ere mugatua izango da.

Zatiketa banda-zabaleran egiten bada, maiztasun-zatiketa bidezko multiplexazioa erabiltzen da, FDM (*Frequency Division Multiplexing*) deritzona. Banda-zabalera N zatitan banatzen da, eta erabiltzaile bakoitzak egokitu zaion maiztasun-banda bakarrik erabil dezake.

Edozein modutara, nodo batek transmititzeko informaziorik ez badu, haren denbora-txanda edo maiztasun-kanala alferrik galtzen da.

- **Banaketa dinamikoa:** honetan kanal bakarra dagoela kontsideratzen da, dinamikoki partekatu beharrekoa. Erabiltzeko denbora-tarte bat izango da kasu honetan ere, baina tarte horren luzera eta egokipena (zein erabiltzailerik dagokion) ez dira aurretik jakinak, dinamikoki aldatzen direlako erabilera-beharren arabera. Banaketa dinamikoa ulertzeko, kontzeptuok izan behar dira kontuan:
 - **Eredu estatistikoa:** N nodo independente daudela kontsideratzen da. Hardware aldetik, guztiak berdinak izango dira, baina, software aldetik, protokoloak lehentasun ezberdinak egokitu ditzake.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

- **Transmisio-kanal bakarra:** Komunikaziorako, transmisio-kanal bakarra dago, N estazioek denboran partekatu beharrekoa.
- **Talkak:** Kanalean trama bat baino gehiago batera gertatzen badira, denboran gainjartzen dira, eta seinalea aldatu egiten da. Talka bat gertatu da orduan (nahikoa da trama baten azken bita eta beste baten lehenengo bita gainjartzearekin). Nodoek kanalean gertatzen den guztia entzuten dutenez, talka egin duten tramen jatorriek entzundakoa eta transmititu dutena ezberdina dela ohartuta detektatzen dute talka; hala, badakite berriro transmititu behar dutela. Gertatzen diren errore bakarrak talkak direla kontsideratzen da.
- **Denbora:**
 - **Jarraitua:** Trama baten transmisioa edozein unetan has daiteke. Ez dago denbora-tarte diskretutan zatitzen duen erlojurik.
 - **Artekatua:** Denbora-tarte diskretutan zatitzen da; tarte horiei arteka deritze. Trama baten transmisioa arteka baten hasieran bakarrik has daiteke.
- **Seinale-eramailea:**
 - **Eramaile-detekzioa:** Eramaile-detekzioa egin dezaketen nodoetako sare batean, tramak bidali baino lehen, inor transmisio-bitartekoa erabiltzen ari den begiratzen da. Inor erabiltzen ari bada, ez da beste inor erabiltzen saiatuko, aske geratzen den arte.
 - **Eramaile-detekziorik gabe:** Kasu honetan, nodoek ezin dute jakin inor transmisio-bitarteko bat erabiltzen ari den ala ez. Transmisioa egin ondoren talka gertatu den detektatuz bakarrik jakin dezakete trama berriro bidali behar duten ala ez.

Horrela, kanal-banaketa dinamikoa egiteko teknika asko daude, hurrengo azpiataletan ikusiko ditugunak. Teknika horiek bi multzotan banatzen dira:

- **Deterministikoak:** Transmisio-bitarteko fisikoa erabiltzeko itzarote-denbora maximoa aurrez jakina da, eta bermaturik dago. Nodo batek transmisio-bitartekoa erabiltzen duenean, ziur dago berak bakarrik erabiliko duela; ez dago talka gertatzeko aukerarik.
- **Lehiakorrak:** Transmisio-bitarteko fisikoa erabiltzeko lehiaketa gertatzen da hauetan. Transmisorako itzarote-denbora maximoa ez da aurretik ezagutzen, eta ez dago bermaturik. Talkak gerta daitezke.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

4.3.1.- Kanal-banaketa dinamikoa: sarbide-teknika deterministikoak

4.3.1.1.- Lekukoa darabilen teknika

Lekukoa darabilen teknikan, lekukoa (*token*) deitzen den transmititze-baimen bat erabiltzen da. Nodo batek ezin du transmititu horretarako baimenik ez badu, hau da, lekukoa ez badu.

Hasiera batean, eraztun logiko bat ezartzen da, hau da, nodo bakoitzak lekukoa beste nodo batetik jaso eta beste nodo bati bidaltzen dio, lotura logiko itxi bat eratuz. Eraztun logiko horren hasieran, nodoetako batek lekukoa sortzen du.

Lekukoa nodo batek hurrengoari ematen dio etengabe, transmititzeko tramak dituen nodo batek jasotzen duen arte. Orduan, lekukoa gorde eta tramak transmititzen hasiko da denbora mugatu batez. Denbora hori edo bidali beharreko tramak bukatzean, lekukoa hurrengoari ematen dio.

Transmisio-bitartekoaren banaketa egiteko modua TDM antzekoa da, baina ezberdintasun garrantzitsu bat dago: TDMn, banaketa estatikoa da, eta nodo batek transmititzeko ezer ez badu, berari dagokion transmititze-denbora alferrik galtzen da transmisio-bitartekoa erabili gabe. Lekukoa darabilen teknika deterministikoan, ez da horrelakorik gertatzen: nodo batek transmititzeko ezer ez badu, hurrengoari pasatzen dio lekukoa, denborarik galdu gabe.

4.3.1.2.- Galdeketa-teknika

Teknika honetan, kanalaren banaketa kontrolatzen duen nodo zentral bat dago. Nodo zentrala, etengabe galdezka ari zaie beste nodoei ea bidaltzeko tramarik duten. Galdeketa (*polling*) hori hasieran ezarritako zerrenda bati jarraituz egingo du; zerrenda horretan nodoen artean lehentasun ezberdinekoak daudela kontsideratu dezake, eta ordena horren arabera ezar dezake.

Nodo batek tramak transmititzeko baditu, kanalaren erabilera bi modutakoa izan daiteke:

- Bidaltzeko dituen trama guztiak nodo zentralera pasatzea, nodo horrek dagozkien helmugako nodoei bidaltzeko.
- Tramak zuzenean dagozkien helmugako nodoei bidaltzea.

4.3.2.- Kanalaren banaketa dinamikoa: sarbide-teknika lehiakorrak

4.3.2.1.- ALOHA

Sarbide-teknika hau Hawaiiko Unibertsitatean asmatu zuten. Kasu horretan transmisio-bitartekoa irratia izan bazen ere, oinarrizko ideia banatutako transmisio-bitarteko batengatik lehian ari diren erabiltzaile ez koordinatuen edozein sistemari aplika dakioke. Nodoek ez zuten eramaile-detekziorik.

ALOHAK bi bertsio ditu:

- **ALOHA hutsa:**

Bertsio honetan, denbora jarraitua kontsideratzen da. Hala, nodoek, transmititzeko datuak dituztenean, transmititza baimendua dute. Talkak izango dira, eta talka egin duten tramak hondatu egingo dira. Jatorri-nodo batek, transmisio-bitartekoa entzunda, bidalitako tramak talka izan duen ala ez jakin dezake. Bidalitako tramak talka izan bada, ausazko denbora bat itxaroten du, eta berriro bidaltzen du. Ausazko denbora itxarotea garrantzitsua da, bestela talka berriro errepikatuko litzatekeelako.

Kalkulu estatistikoak eginda, ALOHArekin denboraren %18an kanala ondo erabiltzen dela jakin zen.

- **ALOHA artekatua:**

ALOHAREN bigarren bertsio hau ALOHA hutsaren gaitasuna bikoizteko sortu zen.

ALOHA artekatuan, denbora-tarte diskretutan zatitzen da. Horrek berekin dakar transmisio-erreak denbora-tarte bakoitzaren mugak non dauden jakin beharra, eta haien erlojuek sinkronizaturik egon behar dute. Hori egiteko modu bat izango litzateke denbora-tartean mugetan seinale berezi bat transmititzen duen nodo berezi bat edukitzea.

Hala, nodo batek, transmititzeko tramak dituztenean, hurrengo denbora-tartearen hasieraraino itxaron behar du, ezin du, ALOHA hutsean bezala, edozein unetan transmititu. Talka gertatu bada, ausazko arteka kopuru bat itxaron, eta berriro hasten da.

ALOHA artekatuak, esan bezala, ALOHA hutsaren gaitasuna bikoizten du; hortaz, ikerketen ondorioen arabera, denboraren %37an kanala ondo erabiltzen da, %37an ez dago transmisiorik eta %26an talkak gertatzen dira.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

4.3.2.2.- CSMA

LAN sare batzuetan, nodoek transmisio-bitartekoko seinalearen eramailea detekta dezakete. Nodo horiekin, transmisio-bitartekoaren banaketa dinamikoa eraginkorragoa da.

Eramaile-detekzioa kontuan hartzen duen protokolo bat baino gehiago dago. Teknika garrantzitsuenetakoa CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*) da. Haren lau bertsiio azalduko ditugu:

- **CSMA iraunkorra-1:**

Nodo batek, transmititzeko tramarik badu, transmisio-bitartekoa entzungo du lehenik, beste nodoren bat transmititzen ari den jakiteko. Beste bat transmititzen ari bada, transmisio-bitartekoa aske egon arte itxaroten du, eta orduan transmititzen du. Transmisio-bitartekoa aske badago, berriz, transmititu egiten du. Talkarik gertatzen bada, nodoak ausazko denbora bat itxaroten du, eta algoritmoa berriro hasten du.

Protokolo honetan, seinalearen hedapen-atzerapena oso garrantzitsua da. Gerta daiteke nodo bat transmititzen hasi bezain laster beste batek transmititu nahi izatea. Lehenengo nodoaren seinalea oraindik bigarreneraino hedatu ez bada, bigarrenak ez du detektatuko, eta, transmisio-bitartekoa aske dagoela pentsatuz, transmititu eta talka eragingo du. Hedapen-atzerapena zenbat eta handiagoa izan, orduan eta efektu garrantzitsuagoa izango du.

Hedapen-denbora zero balitz ere, talkak gerta daitezke. Demagun nodo bat transmititzen ari dela eta beste bi bere transmisioaren amaiera itxaroten daudela transmititzeko. Lehenengoaren transmisioa bukatzen denean, beste biak une berean hasiko dira transmititzen, eta talka eragingo dute. Esan daiteke hain "pazientzia gutxi" izango ez balute talka gutxiago gertatuko liratekeela. Hala ere, protokolo hau edozein ALOHA baino askoz hobea da.

Protokoloaren izenean **iraunkorra-1** adierazten da, transmisio-bitartekoa aske dagoenean nodoak 1 probabilitatearekin (hau da, beti) transmititzen duelako.

- **CSMA ez iraunkorra:**

Protokolo hau bestearen antzekoa da, baina hau bestea bezain "berecoia" ez izaten saiatzen da.

Protokolo honetan, bidaltzeko tramak dituen nodo batek transmisio-bitartekora begiratzen du lehenik. Transmisio-bitartekoa aske badago, transmititu egiten du. Bestela, ez da etengabe begira egoten askatzen den arte; ausazko denbora bat itxaroten du, eta algoritmoa berriro hasten du.

Protokolo honekin, transmisio-bitartekoaren erabilera **CSMA iraunkorra-1**ean baino hobea da (talka gutxiago gertatzen dira), baina atzerapenak handiagoak dira.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

• CSMA/CD:

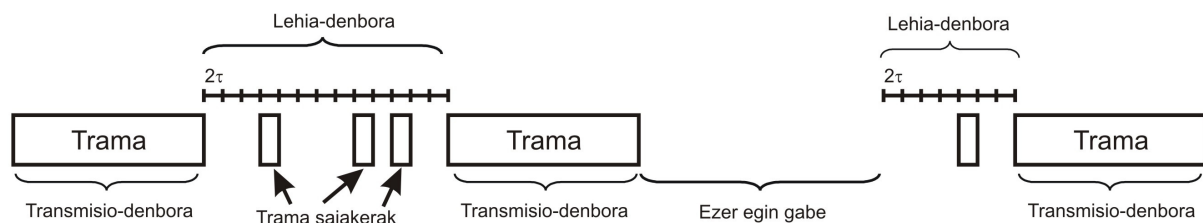
Kasu honetan, nodoek, seinale eramailea detektatzeaz gainera, talkak gertatzen ari direla detekta dezakete, trama osoa transmititu eta gero seinalea hondatu den ala ez ikusteko itxaron behar izan gabe.

CSMA iraunkorrek eta ez iraunkorrek ALOHA protokoloak baino hobekien dira, nodoek ez baitute transmititzen transmisio-bitartekoa erabilia izaten ari bada. Badago beste hobekuntza bat ere: talka bat gertatzen ari dela ikusi bezain laster, transmisioa eten egiten da. Aske dagoen transmisio-bitarteko batean, bi estazio tramak bidaltzen has daitezke une berean; CSMA/CDn talka gertatzen ari dela detektatu bezain laster, transmisioa eteten dute, tramak osorik transmititu beharrean. LAN sareetan asko erabiltzen da.

CSMA/CDn, talka bat detektatu bezain laster, jatorri-nodoak transmititzeari uzten dio, eta ausazko denbora-arteak kopuru bat itxaroten du berriro algoritmoa aplikatu arte.

Protokolo honetan, nodo bat 3 fasetan egon daiteke bakarrik: transmititzen, transmisio-bitartekoagatik lehian edo ezer egin gabe.

Transmisio-denboran, nodo bakar bat egon daiteke uneoro. Nodo bat transmisio-bitartekoagatik lehian badago, beste nodoren bat ere horrela dagoelako da. Lehia-denbora artekatu egiten da. Ezer egin gabe ere, estazio bat baino gehiago egon daiteke. Irudi honetan ikusten da hori guztia:



8. irudia. Transmisore baten CSMA/CDko hiru faseak.

Demagun bi nodo une berean transmititzen hasten direla. Zenbat denbora pasatuko da talka gertatzen ari dela konturatzen diren arte? Erantzuna oso garrantzitsua da lehia-denboraren luzera jakiteko, eta ondorioz, sistemaren atzerapena eta errendimendua jakiteko.

Talka bat detektatzeko denbora seinaleak nodo batetik bestera iristeko ematen duen denbora da. Demagun τ dela sarean urrunen dauden nodoen artean bidaiatzeko seinale batek eman behar duen denbora. Kasurik okerreanean, nodo batek ezin dezake jakin ondo transmititzen ari dela transmisioa hasi duenetik 2τ denbora pasatu eta talkarik ez dela gertatu ikusi arte. Horregatik, lehia-denborako arteak 2τ -koak izango dira.

Nodoaren hardwareak transmisio-bitartekoari begiratu behar dio transmisioa egiten ari den bitartean. Bertan ikusitakoa eta berak jarritakoa gauza bera ez

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

badira, badaki talka bat gertatzen ari dela. Berriro transmititzen saiatzeko, nodo bakoitzak, zenbait denbora-arterka itxaron ditzake (ausazko arteka kopuru bat), talkak gertatzeko probabilitatea gutxitu eta lehia-denbora laburtzeko.

Seinalea kodetzeak talkak detektatzea ahalbidetu behar du (adibidez, ezinezkoa da 0 voltoko bi seinaleren talka detektatzea). Horregatik, normalean, maila fisikoan talken detekzioa errazten duten kodetze bereziak erabiltzen dira.

- **CSMA/CA:**

CAk *Collision Avoidance* esan nahi du, hau da, talkak eragozteak. Kablerik gabeko sareetarako sortu zen lehen tekniketako izan zen.

Kablerik gabeko sareetan, talkak elkarrengandik gertu dauden nodoekin bakarrik gerta daitezkeenez, teknika honetan, transmititzeko zerbait daukan nodoak, transmisio-bitartekoa libre dagoela ziur badago, transmitituko duela adierazten duen trama labur bat (RTS, 30 byte) bidaltzen du. Trama labur horretan, benetan bidali nahi duen tramak zenbaterainoko luzera duen adierazten da. Transmisioaren helmuga izango denak beste trama labur batekin (CTS) erantzuten du, eta, azkenik, jatorria bere trama bidaltzen hasten da.

RTS trama laburra inguruko estazio guztiek ikusi dutenez, badakite ezin dutela kanala erabili CTS tramaren denbora eta geroago jatorriak bidaliko duen tramaren denbora amaitu baino lehen. Jatorriaren tramaren luzera guztiek dakitenez (RTSn jarrita zegoelako), ez dago denbora hori itxaroteko arazorik.

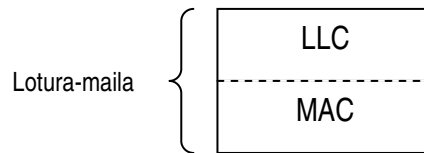
Helburua talkak eragozteak bazen ere, gerta daitezke. Gertatuz gero, jatorriak ausazko denbora bat itxarongo luke, eta gero berriko hasiko litzateke.

4.4.- LAN PROTOKOLO-ARKITEKTURA

Gai honen hasieran esan bezala (**4.1.1.- Eremu Lokaleko Sareen definizioa**), LAN sareen deskribapena IEEE erakundeak egin zuen, bere 802 proiektuaren bidez. Deskribapen horretan, LAN sareen protokolo-arkitektura ere garatu zuen; hartan, OSI arkitekturaren lotura-mailan bi azpimaila definitu zituen. Bi azpimaila horien definizioa beharrezkoa izan zen, OSIren lotura-maila originalak ez baitzuen partekatutako transmisio-bitartekoekin lan egiteko funtzionaltasunik (LAN sareetan oinarritzkoa dena). Konpondu beharreko arazo nagusia zen erabakitzea ea zein nodok erabiliko zuen nodo batek baino gehiagok transmisio-bitartekoa aldi berean erabili nahi dutenean. Arazo horren irtenbidea sarbide-teknikak izan ziren, lehen ikusi bezala.

Irudian, transmisio-bitarteko partekatua darabilten LAN sareetan OSIren lotura-mailan definitzen diren azpimailak adierazten dira.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)



9. irudia. OSIren lotura-maila transmisio-bitarteko partekatua darabilten sistemetan.

Transmisio-bitarteko partekatuetarako sarbidea kontrolatzen duten protokoloak OSIren lotura-mailaren MAC (*Medium Access Control*) azpimailako protokoloak dira. MAC azpimaila horrek garrantzia handia dauka LAN sareetan, gehienek partekatzen den kanal bat erabiltzen baitute komunikazio-oinarri gisa.

Difusiozko LAN baten lotura-mailan, OSIren arabera, funtzio hauek bete behar dira:

- Sare-mailatik jasotako datuak maila fisikora bidaltzeko trametan kapsulatu behar dira, helbide fisikoa eta erroreak detektatzeko eremuekin.
- Goiko mailarekiko interfazean konexioa darabilen zerbitzua gauzatu eta fluxu- eta errore-kontrola egin behar da.
- Difusio-sareetan, transmisio-bitarteko fisikorako sarbidearen kontrola egin behar da.

Funtzio horiek OSIk lotura-mailarako hasieran definitutakoak dira, azkena izan ezik. Izan ere, puntu horren beharra difusiozko LAN sareak agertu arte ez zen kontsideratu. Lehen eta azken puntuetako funtzioak MAC azpimailari egokitzen zaizkio IEEEren LAN arkitekturan. Bigarrena, berriz, LLC azpimailari.

IEEEk 802 proiektuan LAN sareetarako definitutako arauak irudi honetan agertzen dira:

LLC	802.2		
MAC	802.3	802.4	802.5
Maila fisikoa			

10. irudia. IEEE 802, LAN sareentzat.

MAC azpimailan, 802 arau guztietan transmisio-bitartekoaren banaketa dinamikoa egiten da, difusiozko sareak direlako (transmisio-bitartekoa partekatzen dute). Batzuetan, deterministikoa; besteetan, berriz, lehiakorra.

4.5.- ETHERNET SAREA. IEEE 802.3

Nodoetan eramaile-detekzioa eta talka-detekzioa sartuta, Xerox-PARC enpresak CSMA/CD sortu zuen, transmisio-bitarteko partekatu batekin 2,94 Mbsp-ko abiadura funtzionatzea ahalbidetzen zuena. Sistemari **Ethernet** izena eman zion.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

Xeroxen Ethernet hain izan zen arrakastatsua, ezen Xerox, DEC eta Intel enpresek estandar bat diseinatu baitzuten 10 Mbps-ko abiadura lortzen zuen Ethernet bat sortzeko. Estandar hori izan zen 802.3 arauaren oinarria.

Argitaratutako 802.3 arauaren eta Etherneten arteko ezberdintasuna zera da: 802.3 araua CSMA/CD tekniken familia oso baten deskribapena da; teknika horiek 1-10 Mbps-ko abiaduran lan egiten dute. Tramen formatuan ere badago ezberdintasuna.

4.5.1.- Protokolo fisikoa

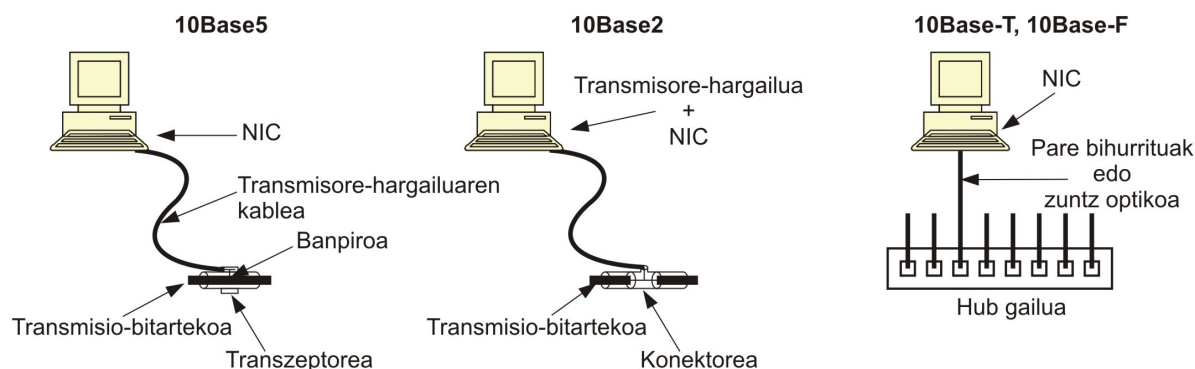
Lau kabletu-eskema erabiltzen dira IEEEko 802.3 arauan. Taula honetan azaltzen dira:

Izena	Partekatutako transmisio-bitartekoa	Segmentu maximoa	Nodo kopurua
10Base5	Ardazkide lodia	500 m	100 (segmentuko)
10Base2	Ardazkide mehea	200 m	30 (segmentuko)
10Base-T	Pare bihurrituak	100 m	1024 (sarean guztira)

1. taula. 802.3ko protokolo fisikoak.

Kabletuaz hitz egitean, *segmentu* hitzarekin *partekatzen den kablearen luzera* adierazten da. Segmentuak, kopuru mugatu batean, elkarrekin lot daitezke, seinale-errepikagailuak erabiliz.

Irudi honetan, 802.3ko kabletu-eskemak ikusten dira:



11. irudia. 802.3ko kabletu-eskemak.

10Base5 izan zen lehena. *Ethernet lodia* ere deitu zitzaion. Nodoak transmisio-bitarteko fisikoan bus-topologiari jarraituta lotzen dira, banpiro moduko deribazio-gailuekin; horiekin, konektore elektriko bat sartzen da ardazkidearen nukleoaren erdiraino, baina transmisio-bitartekoa puskatu gabe. Nodorik banpiroraino pare bihurrituzko kableak erabiltzen dira, eskema horretan *transmisore-hargailuaren kablea* izena hartzen duena.

Eskema honek 10 Mbps-ko abiadura lortzen du, oinarri-banda moduan lan egiten du eta 500 m-ko segmentuak erabil ditzake; segmentu horietako bost lot daitezke gehienez.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

10Base2 kronologikoki bigarren kableatua izan zen. Ethernet mehea ere deitu zitzaion. Kasu honetan, BNC konektoreekin, T loturak erabiltzen ziren nodoak transmisio-bitarteko partekatura lotzeko, eta ez banpiro-deribazioak.

10Base5 eta 10Base2 kableatuek *transmisore-hargailu* izenekoak erabiltzen dituzte. Transmisore-hargailu horiek seinalea eramateko eta talkak detektatzeko beharrezko elektronika daukate. Talka detektatzean, seinale berezi bat jartzen du transmisio-bitartekoan transmisore-hargailuak, beste guztiek talka gertatu dela jakin dezaten. Bus-topologia erabiltzen da bi kableatu horietan. Hala, sarera konektatutako nodo guztiek transmisio-bitarteko partekatuan dabilzan seinale guztiak entzungo dituzte, eta MAC azpimailari pasatuko dizkiote. MAC azpimailan, trama makinarentzat den ala ez ikusiko da, eta, ez bada, suntsitu egingo da.

Bus-topologietan, baina, transmisio-bitartekoa puntu ahula da, haustura bat gertatzen zaionean sare osoa erabilgaitza bilakatzen baitu. Hausturak topatzea ere ez da lan erraza. Horregatik, izar-topologia fisikoa erabiltzen zuten kableatu-eskema berriak sortu ziren. Izar-topologietan elementu zentrala ere puntu ahula da, baina haren haustura erraz detektatu eta konpon daiteke, instalazioa egitean zehaztu baita elementuaren lekua. Izar-topologietan ez dago transmisio-bitarteko partekaturik, elementu zentrala baizik. Izar-topologia fisikoetan, elementu zentralak ez du nodo zentral izateko gaitasunik; beraz, ezin du haren erabilera kontrolatu; beste nodoek egin beharko dute hori, bus-topologia duten eskemetan transmisio-bitartekoaren erabilera kontrolatzen zuten bezala. Hub gailuetan, portu batetik sartzen dena beste portu guztietan errepikatzen da, jatorrizko Ethernet sistema emulatuz (imitatuz); hau da, hubekin ere, nodo guztiek sarean jarritako trama guztiak entzuten dituzte, eta helmugaren arabera prozesatuko dituzte. Hala, MAC protokoloa ez da aldatu behar. Elementu zentral moduan *hub* (kontzentratzaile) gailuak erabiltzen zituzten eskema bi agertu ziren, 10Base-T eta 10Base-F.

10Base-T kableatuan, hubera konektatzen diren kableak pare bihurrituzkoak dira. Aurreko bi eskemak baino sinple eta merkeagoa izanik ere (hubaren portu kopuruaren arabera), desabantaila nagusia segmentuen luzera da, 100 m-ko muga baitute.

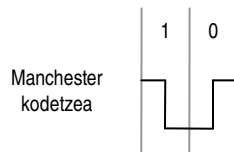
10Base-F kableatuak, berriz, zuntz optikoa erabiltzen du. Garestia da, baina, aldi berean, ez du interferentziarik jasaten; horregatik, segmentuen luzera 10Base-Tko pare bihurrituzkoena baino askoz handiagoa da.

Protokolo fisikoan, 802.3 arauak ez du inoiz 0 bitentzat 0 volt eta 1 bitentzat 5 volt balioen moduko kodetze bitar zuzenik erabiltzen, erroreak ekar ditzaketelako. Nodo batek 00010000 bit segidan bidaliko balu, beste nodoek 10000000 edo 01000000 moduan uler lezakete, azken batean, ez baitute modurik transmisore bat ezer egin gabe (seinalerik transmititu gabe, 0 volt-eko neurria emanaz) edo 0 bitak transmititzen (0 volt) ari den jakiteko. Hartzailleetan, mekanismoren bat behar zen bit bakoitzaren hasiera, bukaera edo erdia bereizteko, eta hori kanpoko erloju bat erabili beharrik gabe egin nahi zen. Hori biten kodetze mota bereziekin lor daiteke; kodetze mota horien artean daude **Manchester** eta **Manchester Diferentzial** kodetzeak.

Manchester kodetzean, bit baten denbora bi zati berdinetan banatzen da. 1 balioko bit bat, bit denboraren lehenengo zatian seinale altua eta bigarren zatian seinale

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

baxua eraginez adierazten da. 0 balioa duen bita, berriz, alderantziz. Horrela, bit bakoitzaren denboraren erdian hartzailea sinkronizatzeko volt-trantsizio bat gertatzen dela ziurtatzen da.



12. irudia. Manchester kodetzea.

4.5.2.- MAC protokoloa

MAC azpimailako protokoloak azpimailari ezarritako funtzioak gauzatzen ditu:

- Gaineko azpimailatik iritsitako erabiltzaile-datuak garraiatzeko, tramak definitzen ditu.
- Trametan erroreak detektatzeko eta jatorria/helmuga identifikatzeko helbide fisikoen eremuak agertzen dira.
- Transmisio-bitartekorako sarbideaz arduratzen da, CSMA/CD banaketa dinamiko teknika erabiliz.

Datuak bidaltzeko, ez da konexiorik ezarri edo askatu behar. Ez da fluxu-kontrolik egiten ere, eta erroreei dagokienez, detekzioa baino ez da egiten, hau da, txarto iristen diren tramak detekta daitezke, baina ezin da berriro bidaltzeko eskatu (errore-kontrolik ez). Funtzio horiek, beraz, gaineko mailetan inplementatu beharko lirateke, komunikazio guztiz egokia lortzeko.

Horrela, 802.3an ez da prozedura berezirik zehazten, CSMA/CD teknikaz datu-tramak bidaltzea bakarrik.

802.3 arauak MAC azpimailan definitzen duen trama-formatuaren eremuak:

7 byte	Byte 1	2 edo 6 byte	2 edo 6 byte	2 byte	0-1500 byte	0-46 byte	4 byte
Preamble	Flag	Destination Address	Source Address	Length	User Data	Padding	Checksum

13. irudia. 802.3 trama.

• **Preamble:**

7 byteko luzera duen eremua da. Byte guztiek balio berdina dute, 10101010. Balio hori egokia da maila fisikoko transmisore eta hartzailearen erlojuak sinkronizatzeko, eta horretarako erabiltzen da.

• **Flag:**

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

Byte bakarra da, balio hau duena: 10101011. Preamble eta Flag eremuek tramaren hasiera adierazten dute.

- **DA/SA:** Destination/Source Address.

2 edo 6 byteko eremua da; oro har, 6 bytekoa. Helmuga/jatorri estazioen helbide fisikoak (802.3 motakoak) adierazten dituzte.

Nodoen helbide fisikoak modu kanonikoan idazten dira. Modu horretan, helbide baten byteak “:” zeinuaren bidez banatzen dira elkarrengandik, eta byte bakoitzaren adierazpena idazkera hamaseitarrean ematen da. Adibidez, 00:E0:7D:96:9F:24, 802.3 helbide fisiko bat da.

802.3 helbide-formatuan, MSB bitak (47 bita) esanahi berezia du. 0 balioa badu, helmugako helbidea arrunta izango da, makina baten 802.3 helbide fisikoa. 1 balioa badu, berriz, talde batean broadcast egiteko erabiltzen da, hau da, 802.3an nodoak taldekatu egin daitezke talde bateko nodo guztiei trama bat bidaltzeko, eta taldearen helbidea jar daiteke DA eremu horretan (MSB bitean 1 balioa izango duena), bakoitzari trama bana bidali beharrean.

46 bitak ere esanahi berezia du. 1 balioa badu, “helbide lokal” batez ari garela adierazten du. Helbide lokalak sareko administratzaileak egokitzen ditu, eta saretik kanpo ez dute balio. 46 bitak 0 balioa badu, aldiz, “helbide global” bat adierazten du, IEEEk ezartzen duena, munduan 802.3 helbide fisiko bera duten bi makina egon ez daitezten.

Bit guztiak 1 baliokoak dituen helbidea berezia da. Sarean broadcast (difusioa) egiteko erabiltzen da; hau da, helmuga, jatorriaren sareko nodo guztiak direla adierazten du.

- **Length:**

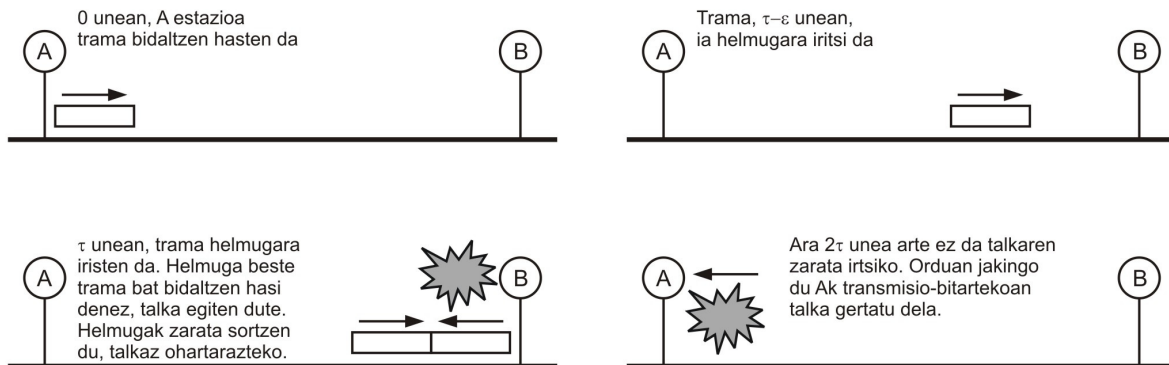
Erabiltzaile-datuen eremuaren luzera adierazten du, byte unitatetan. 0-1500 tarteko balio bat adieraziko du Length eremuak. Eremu hau dela eta, ez da beharrezkoa beste eremuetan *bit stuffing* teknirik erabiltzea Flag karaktereak suertatuz gero (HDLCn gertatzen zen modura).

0 balioa erabil daiteke, baina, *padding* eremuagatik ez balitz, arazoak sortuko lirakeke. CSMA/CDn lan egiteagatik talka bat gertatzen dela detektatzen denean, tramaren transmisioa eten egiten da. Horregatik, bit galduak eta trama zatiak agertzen dira transmisio-bitartekoan etengabe. Trama baliiodun eta baliogabeen artean bereizketa egiteko, 802.3k ezartzen du trama baliiodunek DA eremutik Checksum eremuraino gutxienez 64 byteko luzera eduki behar dutela. Horrela, 6 byteko helbide fisikoekin erabiltzaile-datuen eremuak 46 byte izan beharko lituzke gutxienez. Erabiltzaile-datuen eremua 46 byte baino laburragoa bada, *padding* eremua erabiltzen da 46 bytera iristeko falta dena jartzeko.

Luzera minimoko trama bat zehazteko beste arrazoi bat, aurrekoa baino garrantzitsuagoa, zera da: ekiditea nodo batek trama labur baten transmisioa bukatzea lehen bita kablearen muturrik urrunenera iritsi baino lehen.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

Hau da, kablearen mutur bateko A nodoak, 0 unean, trama bat bidaltzen du. Trama horrek kablearen beste muturrera iristeko behar duen denbora τ da. Trama beste muturrera iristen den unean, mutur horretako B nodoa transmititzen hasten da. Horrela, bi tramen arteko talka gertatzen da, eta B nodoa denez horretaz konturatzen den lehena, beste estazio guztiak ohartarazteko zarata-seinale bat sortzen du (transmisore-hargailuarekin). 2τ unean, A nodoak zarata detektatzen du, eta bere transmisioa eteten du; berriro saiatu baino lehen, ausazko denbora bat itxaroten du.



14. irudia. Tramen luzera minimoaren arrazoi garrantzitsuenaren irudikapena.

Transmititzen den trama laburregia bada (14. irudia. Tramen luzera minimoaren arrazoi garrantzitsuenaren), gerta daiteke talka detektatu baino lehen bukatzea transmisioa. Horrela, talka egin duen trama bidali duen nodoak (A nodoak) ez du jakingo berak bidalitako trama dela talka izan duena eta berriro bidali behar duela. Horregatik, bidaltzen diren trama guztiak 2τ denbora baino gehiagoko transmisio-denbora hartu behar dute.

802.3 arauak zehazturik, baimendutako abiadura eta luzera maximoak (hots, 10 Mbps-ko abiadura eta 2.500 m-ko luzera maximoa) dituen 802.3 LAN batean, trama bat transmititzeko $51,2 \mu\text{s}$ behar da gutxienez, hau da, 64 byteko luzera izan behar dute DA eremutik Checksum eremuraino (biak barne).

CSMA/CD algoritmoa erabiltzean, talka bat gertatu ondoren lehia-denbora hasten da. 4.3.3.2.- CSMA puntuko 8. Irudian azaldu genuenez, lehia-denbora artekatu egiten da, eta denbora-arteak bakoitzak 2τ luzera du. 10 Mbps-ko eta 2.500 m-ko balio maximoak definiturik, 2τ denbora $51,2 \mu\text{s}$ da. Talka gertatu ondoren, ausazko denbora bat itxaroten du nodo bakoitzak (2τ -ren multiploa), eta hurrengo denbora artekaren hasieran transmititzen saiatzen da. Ausazko denbora hori **itzulera esponontzial bitar** deritzon algoritmoarekin sortzen da.

Eremu hau ez zegoen Ethernet bertsio originalean. Haren orde, *Ethertype* eremua zegoen, sare-mailan erabilitako protokoloa identifikatzen zuena.

- **UD:** User Data:

Erabiltzaile-datuak daramatzen eremua da; hau da, LLC azpimailatik iristen den SDUa eremu honetan sartzen da.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

- **Padding:**

Trama laburretan, trama minimoaren luzera betearazteko erabiltzen da.

- **Checksum:**

Lau byteko CRCa erroreak detektatzeko erabiltzen dena. Lehen esan den bezala, ez da errore-kontrolik egiten; erroreak detektatu baino ez dira egiten. Hau da, helmugan eremu honi esker trama baten bitetan erroreak detektatzen badira, UD eremuko SDUa ez zaio gaineko mailari pasatuko (errorea haietan egon daitekeelako), baina tramaren jatorriari ere ez zaio trama berriz bidaltzeko eskatuko (errore-kontrolik ez).

4.6.- TOKEN BUS. IEEE 802.4

802.3 araua bulego-inguruneetan oso erabilia bada ere, 802 estandarraren garapenean, General Motors eta manufakturaioaren automatizazio-industrian interesaturik zeuden beste enpresa batzuk arauaren inguruko zalantzak zituzten.

Alde batetik, MAC azpimailan sarbide-teknika probabilitistiko bat erabiltzen zenez (CSMA/CD, lehiakorra), "zorte txar" apur batekin, gerta liteke nodo batek denbora luzea itxaron behar izatea trama bat bidaltzeko, hau da, kasurik txarrena ez dago zehazturik. Bestalde, 802.3 tramek ez dute lehentasun-sistematik.

Kasurik txarrena jakina duten sarbide-teknikak deterministikoak dira. Lekukoa darabilen teknikan, adibidez, nodo bakoitzak bere txanda itxaron behar du tramak bidaltzeko. N nodo badaude eta trama bat bidaltzeko T segundo behar badira, inongo tramak ez du $N \times T$ segundo baino gehiago itxaron beharko bidalia izateko. 802 batzordeko manufakturaio-automatizazioan zebiltzan enpresei, lekukoa estazioen eraztun batean ibiltzearen kontzeptu logikoa gustatu zitzairen, baina ez inplementazio fisikoa, eraztunean gertatutako haustura batek sare guztia hondatzen zuelako.

Ondorioz, estandar berri bat garatu zen, fisikoki 802.3 arauko bus-topologia zuena eta, *logikoki*, eraztun bat bezala zebilena. Estandar berri hori 802.4 araua da, **Token Bus** ere baderitzona. Fisikoki, difusiozko kable ardazkide bat dago, eta bertara konektatzen dira sareko nodo guztiak, bus-topologiari jarraituz. Logikoki, nodo guztiek eraztun bat antolatzen dute, eta nodo bakoitzak badaki zein den beraren lehenagoko eta ondorengo nodoa. Transmisio-bitartekoaren banaketa dinamikoa lekukoa darabilen teknikarekin egiten da. Difusiozko kablean tramak bidali ahal izateko, nodo bakoitzak bere txanda itxaroten du, eta transmititzeko baimena, "lekuko" baten moduan, nodo batetik bestera pasatzen da.

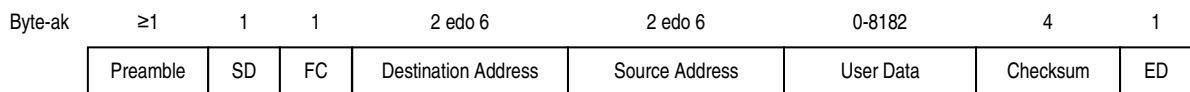
4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

batek transmititzeko tramarik ez badauka, lekukoa ondorengoari pasatzen dio berehala.

802.3an bezala, ez da datuen fluxu- eta errore-kontrolik egiten, errorearen detekzioa baino ez da egiten (erroreak dituzten tramak deuseztatu egiten dira, eta ez dira berriz bidaltzeko eskatzen). Izan ere, funtzio horiek LLC azpimailari uzten zaizkio.

4.6.2.1.- 802.4 trama

Irudi honetan, 802.4 Trama baten eremuak adierazten dira.



16. irudia. 802.4 trama.

- **Preamble:**

Eremu honen eginkizuna, 802.3 arauan bezala, nodoetako hartzailearen erlojuak sinkronizatzea da. 802.4 arauan, oso laburra izatera irits daiteke; byte batekoa izan daiteke, zehazki.

- **SD/ED:** Start/End Delimiter

Tramen mugak zehazten dituzten eremuak dira. 0 eta 1 ez diren sinboloen kodetze analogikoa erabiltzen dute; beraz, ezin daitezke gertatu erabiltzaile-datuen eremuan. Horrela, 802.4 tramek ez dute luzera adierazten duen eremurik behar, ezta HDLCko *bit stuffing* prozesamendurik ere.

- **FC:** Frame Control

Eremu honekin, trama motak zehazten dira, kode berezi batez.

Datu-trametan, datuen lehentasuna zehazten da eremu honetan. Horretaz gainera, jatorriak trama helmugara ondo edo txarto iritsi den adieraztea eska diezaioke helmugari, eremu honetan kode bat jarritz. Kode hori gabe, helmugak ezingo luke ezer bidali, transmititzeko behar den lekukoa ez baitu berak.

Kontrol-trametan, eremu honetan zein kontrol-trama den adierazten da. Kontrol-trama horiekin, lekukoaren eta eraztunaren mantentzea gauzatzen da.

- **DA/SA:** Destination/Source Address

Helmuga- eta jatorri-nodoak identifikatzen dituzte eremu hauek, helbide fisikoekin. 802.3 arauan zehaztutako helbide-formatu bera erabiltzen da 802.4 arauan.

- **UD:** User Data

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

Jatorrian, LLC azpimailatik jasotako SDUa sartzen da eremu honetan. Helmugan, LLCri pasako zaion SDUa izango da.

Eremu honen luzera aldakorra da. 802.3 arauan bezala, tramek luzera maximo bat dute, nodo batek ez dezan eman denbora gehiegi transmititzen. 802.4 arauko tramaren luzera maximoa 802.3 arauko tramarena baino 5 aldiz handiagoa da (8.182 byte).

Luzera minimoa ez da definitzen (eremu bakoitzaren luzera minimoen batura izango da), sarbide-teknika deterministikoa erabiltzen denez ez baitu garrantzirik (ez da talkarik gertatzen).

- **Checksum:**

Tramaren transmisioan gertatutako erroreak detektatzeko erabiltzen da eremu hau. 802.3 arauko polinomio eta algoritmo berak erabiltzen dira detekzio horretarako.

4.6.2.2.- Lehentasunen kudeaketa

Token Busean, lau lehentasun klase definitzen dira, 0, 2, 4 eta 6; 0 da lehentasunik txikiena. Horrela, trametan garraiatzen diren datuen garrantzia sailkatzen da.

Lehentasunen funtzionamendua ulertzeko, errazena da nodo bakoitza bere barruan lau azpinodotan zatitua dagoela kontsideratzea. Jatorrian, MAC azpimailaren gaineko LLCtik iristen den IClan SDUarekin eratu beharreko tramaren lehentasuna adierazten da, eta, horren arabera, azpinodoetako batera pasatzen dira. Beraz, azpinodo bakoitzak, bere tramak transmititzeko, ilara berezia izango du.

Lekukoa jatorri-nodora iristen denean, haren barruan 6 lehentasuneko azpinodoari pasatuko balio bezala gertatzen da. Azpinodo hori 6 lehentasuneko tramak bidaltzen hasiko litzakete, baldin eta izango balitu. Trama guztiak bidali eta lekuko-educitzearen denbora amaitu ez balitz, lekukoa 4 lehentasuneko azpinodoari pasatuko litzaioke. Horrela, nodo batek lehentasun gehieneko tramak bidaltzen ditu lehenik, eta, guztiak bidali ondoren, hurrengo lehentasun-kategoriako tramak bidaltzen ditu. Gerta daiteke LAN sareko nodo askotan 6 lehentasuneko tramak egotea, baina haien transmisioen artean lehentasun txikiagokoak suerta daitezke.

4.6.2.3.- Eratzun logikoaren mantentzea

Lehen esan bezala, 802.4 arauan kontrol-tramak definitzen dira, lekukoa eta eratzun logikoaren mantentzea gauzatzen dituztenak. Taulan kontrol-trama horiek adierazten dira:

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

Izena	Esanahia
Claim_token	Eratzunaren hasieran lekukoa eskatzeko.
Solicit_successor_1	Nodo berriak eratzunera sartzen uzteko.
Solicit_successor_2	
Who_follows	Galdutako lekuko bat berreskuratzeko.
Resolve_contention	Nodo batek baino gehiagok aldi berean eratzunean sartu nahi dutenean erabiltzen da.
Token	Lekukoa.
Set_successor	Nodo bat eratzunetik ateratzeko.

2. taula. 802.4ko eratzun logikoaren mantenurako kontrol-tramak.

Eratzun logikoaren mantentzea ez da zentralizatu (hau da, ez dago nodo berezi bat mantentze-funtzioak aurrera eramateko) banatua baizik; horretarako, prozesu hauek definitzen dira:

- **Eratzun logikoaren hasiera:** Sarea ezartzean, hasiera batean ez da eratzun logikorik egongo. Kasu horretan, eratzun logikoa hasteko prozesua da hau. Helbide fisiko altuena duen nodoa sartzen da lehenik.
- **Nodo berriak eratzun logikoan sartzea:** Nodoak banan-banan sartuko dira eratzun logikoan. Nodo bakoitzak eratzunean beraren aurrekoa eta hurrengoa zeintzuk diren jakin beharko du. Nodo batek baino gehiagok eratzunean batera sartu nahiko balute, arazo hori konpontzeko ere metodo bat erabiltzen du prozesu honek.
- **Nodo bat eratzun logikotik ateratzea.**
- **Lekukoaren galera:** Gerta liteke nodo batek bere hurrengoari lekukoa pasatzea, baina hurrengo nodo hori itzalita edo hondatuta egotea. Kasu horretan, lekukoa galduko litzateke. Hori gerta ez dadin, prozesu berezi hau dago definituta.

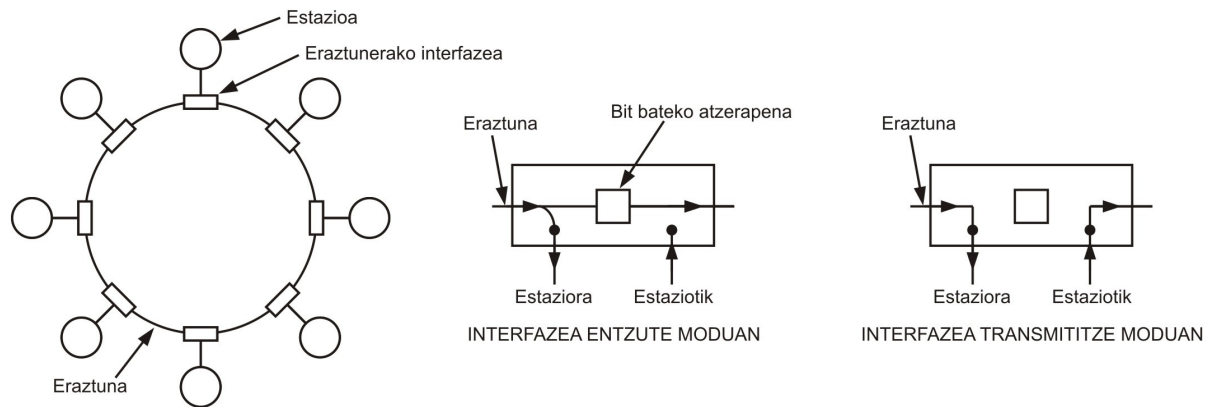
4.7.- TOKEN RING. IEEE 802.5

Eratzun fisikoaren moduko sareak ez ziren berriak IEEEen estandarra sortzean; sare lokal zein hedadura zabalekoetan erabiliak ziren. Haien ezaugarri positiboenetakoa zera da, benetan ez dela difusiozko transmisio-bitarteko bat erabiltzen; eratzuna puntutik punturako konexioz osatuta dago, eta konexioek egitura itxi bat osatzen dute. Eratzunen teknologia, halaber, guztiz digitala da; 802.3 arauan, aldiz, osagai analogiko garrantzitsu bat beharrezkoa da talkak detektatu ahal izateko. Hala, IBM enpresak eratzun-teknologia hautatu zuen bere LAN sarerako, eta IEEEek 802.5 araua atera zuen, **Token Ring** deritzona.

Eratzun batean, eratzunerako interfazeak puntutik punturako modura loturik daude. Interfaze batera iristen den bit bakoitza bit bateko edukiera-ahalmena duen buffer memoria batean kopiatzen da, eta, gero, eratzunean kopiatzen da berriro ere. Metodo horrek bit bateko atzerapena sartzen du interfaze bakoitzean.

Irudian, eratzun-sare bat eta haren interfazeak ikusten dira:

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)



17. irudia. Erastun-sarea eta interfazeak.

Token Ring edo lekukoa darabilten erastun-sareetan, transmisio-bitartekoaren banaketa dinamikoa lekukoa darabilen teknika deterministikoarekin egiten da. Trama berezi bat erabiltzen da, lekuko gisa. Nodo guztiek transmititzeko tramarik ez badute, lekukoa erastunean biraka egongo da etengabe. Nodoren batek transmititu nahi badu, lekukoa iritsi arte itxaron behar du.

4.7.1.- Protokolo fisikoa

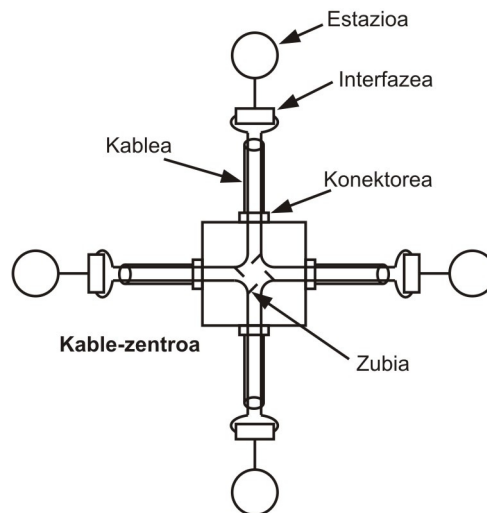
802.5 arauak, maila fisikoan, pare bihurrituetako kableak eta 1 Mbps-ko edo 4 Mbps-ko abiadurak zehazten ditu. Beranduago, IBM enpresak 16 Mbps-ko abiadura lan egiten duen bertsio bat lortu zuen.

Manchester diferentzial kodetzea erabiltzea ere zehazten da.

Erastun-sareek badute arazo bat: kablea nonbait hondatzen bada, erastuna osorik hondatzen da. Arazo hori konpontzeko, **kable-zentro** izeneko gailuak erabiltzen dira. Gailu hori erabilia, sareak logikoki erastun moduan funtzionatzen du, baina nodo bakoitza fisikoki kable-zentrorra loturik dago, gutxienez, pare bihurrituetako bi kablerekin; kable bat, kable-zentrotik datozen datuentzat izango da, eta bestea, kable-zentrorra bidali beharrekoentzat.

Irudian, kable-zentro baten erabilera azaltzen da:

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)



18. irudia. Lau nodoko eraztun-sarea, kable-zentro bat erabiliaz.

Kableren bat hondatu edo nodoren bat itzaltzen bada, korrante falta nabarituko da, eta kable-zentroaren barruan zubi-konexio bat egingo da dagokion tokian, eraztun logikoak funtzionatzen jarrai dezan. Zubi-konexio horiek software bidez ere kontrola daitezke.

Kable-zentroa darabilen eraztun-konfigurazio horri, **izar-eraztun** deritzo. 802.5 arauak ez du konfigurazio hau erabiltzerik zehazten, baina 802.5 LAN gehienek erabiltzen dute, sare fisikoaren fidagarritasuna hobetu eta mantentzea errazteko.

Kable-zentroa darabilten 802.5 arauko eraztunek ez dute izar-topologia bat eratzen. Kontuan izan behar da kable-zentroa ez dela sareko nodo bat, ez da nodo zentral bat izateko adimena duen makina bat, kableatua sinpleagoa egiten duen gailu bat baizik.

4.7.2.- MAC protokoloa

Transmititzeko baimena ematen duen lekuko trama trama berezi bat da, 3 byteko luzera duena. Lekuko trama eraztunean zehar biraka ari da nodotik nodora, transmititzeko tramarik duen nodo batera iritsi arte. Orduan, nodo horrek 0 balioa duen lekuko tramako bit zehatz bat 1 baliora aldatzen du, eta, hala, lekuko trama zena beste edozein trama mota baten hasierako sekuentzia bilakatzen da (19. irudia. 802.5 tramak).

Egoera normal batean, trama baten lehenengo bita, eraztunean jarri eta bira osoa ematen duenean, berriro jatorrira itzuliko da trama osoa oraindik transmititu gabe dagoela. Trama bat transmititzen duen nodoak (hots, jatorriak) bira osoaren ondoren iristen zaizkion bitak eraztunetik kentzeaz arduratu behar du.

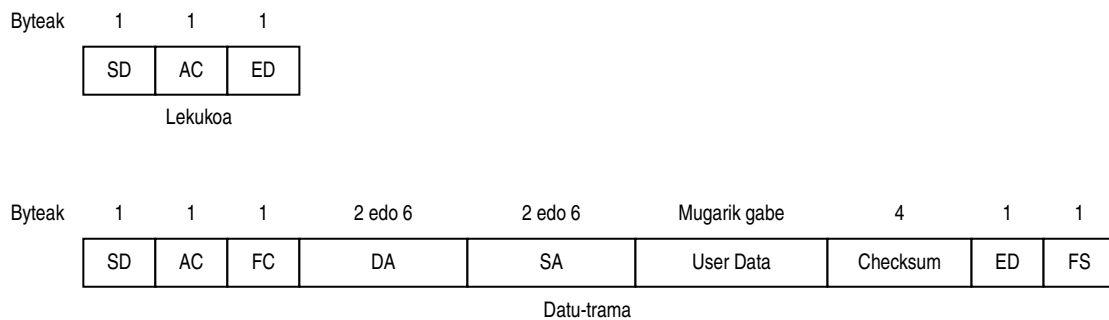
Token Busean bezala, nodo batek denbora mugatu batez bakarrik izan dezake lekukoa, **lekukoaren edukitze-denbora** deritzona. Jatorri batek, lehenengo trama bidali ondoren denborarik geratzen bazaio, trama gehiago bidali ditzake. Kontuan

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

izan behar da trama bat bidaltzen duen nodoa trama hori eraztunetik kentzearen arduraduna dela; beraz, *trama bidaltzea* esatean, trama eraztuneari jarri eta bertan bira osoa eman ondoren ateratzea dela kontsideratzen dela. Transmittitu beharreko trama guztiak bidaltzean, edo lekukoaren edukitze-denbora agortzen denean, nodoak lekukoa sortuko du berriro, hurrengo nodoari bidaltzeko.

4.7.2.1.- 802.5 trama

Irudian, lekuko trama eta beste tramen formatuak ikusten dira:



19. irudia. 802.5 tramak.

- **SD/ED:** Start/End Delimiter.

Tramaren hasiera eta bukaera adierazten dituzte. Manchester diferentzial kodetzean erabiltzen ez diren balioko seinaleak erabiltzen dituzte, haien bitak beste bit guztietatik desberdintzeko.

- **AC:** Access Control

Eremu honetan, hainbat bit berezi daude:

- Lekuko-bita: trama lekuko trama den ala ez bereizteko balio du.
- Monitorizazio-bita: Eraztunaren mantentzean erabiltzen da.
- Lehentasun-bitak: Tramaren lehentasuna adierazteko balio dute.
- Erreserba-bitak: Tramen lehentasuna erreserbatzeko.

- **FC:** Frame Control

Datu- eta kontrol-tramak bereizteko erabiltzen da eremu hau.

- **DA/SA:** Destination Address/Source Address

802.3 eta 802.4 arauetan zehaztutako eremu berdinak dira.

- **UD:** User Data

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

Eremu honetan LLC azpimailatik iritsitako SDUak sartzen dira erabiltzaile-datu modura. Eremu honen luzerarako muga bakarra dago: tramaren transmisioak (eraztunari bira osoa emateak) lekukoaren edukitze-denbora baino gutxiago hartu behar du. Eratzunaren luzera fisikoaren eta bertako nodo kopuruaren arabera izango da, beraz.

- **Checksum:**

802.3 eta 802.4 arauetan ematen den eremu berdina da, baina ez da tramako beste eremu guztietan egiten. Ikusiko dugun hurrengo FS eremua ez da Checksummerako kontuan hartzen.

- **FS: Frame State**

Eremu honetan, *A* eta *C* izeneko bitak daude. **4.7.- TOKEN RING. IEEE 802.5** puntuaren hasieran, eraztun-sareetako nodoen sarrerako interfazea azaltzen da. Interfazearen barruan, bit bateko buffer bat dago. Trama bat bere helmugara iritsi bada, haren interfazeko bufferrean FS eremuko *A* bita iristean, bit horri 1 balioa emango dio helmugak. Trama nodora ondo iritsi bada (*checksum* eremuarekin errorerik ez zeukala egiaztatu bada), FS eremuko *C* bitari ere 1 balioa ematen dio.

Tramak bere bidea jarraituko du eraztunean, trama eraztunetik ateratzeko erantzukizuna jatorriaren lana baita. Trama jatorrira iristen denean, *A* eta *C* bitak begiratzen dizkio jatorriak, eta, balioaren arabera, trama helmugara nola iritsi den jakingo du:

- *A*=0, *C*=0: Helmugak ez du trama jaso.
- *A*=1, *C*=0: Trama helmugara iritsi da, baina txarto.
- *A*=1, *C*=1: Trama helmugara iritsi da, eta ondo.

A eta *C* bitak oso garrantzitsuak dira, trama ondo iritsi den ala ez adierazten dutelako. Horregatik, FS eremuan bi aldiz agertzen dira.

4.7.2.2.- Lehentasunen kudeaketa

802.5 protokoloak lehentasun ezberdineko tramekin lan egiteko eskema konplexu bat erabiltzen du, 802.4 protokoloak darabilena ez bezalakoa.

Lekukoaren AC eremuaren barruan lehentasun bat adierazten da, eta horrek lehentasun hori edo altuagoko tramak transmititzeko baimena bakarrik ematen du. Nodo batek, transmititzeko *n* lehentasuneko tramak baditu, *n* lehentasuneko (edo baxuagoko) lekukoa jaso behar du. Nodo batek sarean jarriko den hurrengo lekukoak adieraziko duen lehentasuna jakin eta aldatu egin dezake. Horretarako, eraztunetik entzuten duen hurrengo tramaren AC eremuko erreserba-bitei begiratuko die lehenik. Bit horietan adierazten den lehentasuna nahi duena baino baxuagoa bada, haietan behar duen lehentasuna adieraziko du. Hala, jatorriak transmisioa amaitzean sortuko duen hurrengo lekukoa saretik kendutako azken tramaren erreserba bitetan adierazi

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

zaion lehentasunekoak izango da. Beraz, sareko nodoetan lehentasun ezberdineko tramak bidaliak izateko prest badaude, beti bidaltzen dira lehenik lehentasun altuenekoak (802.4an ez bezala).

Lekukoaren lehentasuna igotzea eskatu eta lortu duen nodoaren erantzukizuna izango da berriro ere beraren aurretik erreserbatuta zegoen lehentasuna berreskuratzea. Horregatik, jatorri bilakatzean bidaliko duen lehengo traman, aurretik erreserbatutako lehentasun hori erreserbatuko du berriz; sareko beste nodoek, aldi berean, lehentasun altuagoen beharra badute, aldatu ahalko dute.

4.7.2.3.- 802.5 eraztunaren mantentzea

Token Ring eraztun guztietan nodo berezi bat dago, nodo begiralea deritzona. Nodo begiralea eraztunaren mantentzeaz arduratzen den bakarra da. Nodo begirale hori itzaltzen bada, lehia-protokolo berezi batekin, beste nodo begirale bat hautatzen da. Sareko nodo guztiek dute nodo begirale izateko gaitasuna. Eraztunaren mantentzea modu zentralizatuan egiten da, beraz, eta ez modu banatuan Token Busean bezala.

Taulan, Token Ring kontrol-tramak azaltzen dira:

Izena	Esanahia
Helbide bikoitzaren frogia	Bi nodok helbide berdina duten frogatzen du.
Indikazioa	Eraztunean hausturak bilatzeko.
Lekukoa eskatu	Eraztunaren hasieran.
Husketa	Eraztuna berriz hasteko.
Begiralea aktiboa bertan	Noizean behin begiraleak bidalia.
Begiralea itxaroten bertan	Begirale posibleak badaudela adierazteko.

3. taula. 802.5 eraztunaren mantenurako kontrol-tramak.

Trama horiek erabiliz, prozesu hauekin egiten da eraztunaren mantentzea:

- **Eraztunaren hasiera:** Sarearen hasieran edo nodoren batek begiralerik ez dagoela ikusten duenean gertatzen da prozesu hau. "Lekukoa eskatu" kontrol-tramarekin, nodo begirale berria hautatzen da.
- **Lekuko galduak:** Nodo guztietan, lekukoaren edukitze-denbora neurtzeko tenporizadoreak daude. Begiraleak, tenporizadore horretaz gainera, beste tenporizadore bat du, eta lekukoa beraren barnetik pasatzean, abiarazi egiten du. Tenporizadore hori, lekukoak begiraletik berriro pasatzeko behar duen denbora igarotzean amaitzen da, hau da, nodo guztietako lekuko-edukitzearen denbora amaitzen denean. Une horretan lekukorik iritsi ez bada, sarean ez dagoelako da, hau da, lekukoa galdu egin da. Horregatik, begiraleak lekuko berri bat sortzen du.
- **Trama hondatuak:** Begiraleak, beraren barnetik pasatzen diren tramak ondo dauden jakin dezake, seinale-formatu edo Checksum egokia duten ikusita. Hondatutako trama bat jasotzean, trama hori eraztunetik atera eta lekuko berri bat eraztunean jartzen du, ez baitu zentzurik trama okerra helmugara iristeak.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

- **Trama umezurtzak:** Nodo batek trama labur bat eraztun handi batean transmititu eta eraztunetik kendu baino lehen nodoa eraztunetik ateratzen denean, trama “umezurtz” geratu dela esaten da. Trama bat eraztunetik ateratzearen erantzukizuna beraren jatorriarena denez, nodo hori trama eraztunetik kendu gabe ateratzen bada, trama ez luke beste inork kenduko.

Hori gerta ez dadin, nodo begiraleak trama guztien AC eremuko monitorizazio-bitari 1 balioa ematen dio bertatik pasatzean. Nodo begiralera iristen den trama baten monitorizazio-bita jada 1 balioaz badago, trama lehendik ere pasatu zela esan nahi du, hau da, nodo begiraletik bi aldiz pasa dela inork eraztunetik atera gabe. Trama umezurtza da, beraz; horregatik, nodo begiraleak berak ateratzen du eraztunetik.

- **Eraztun txikien mantentzea:** Lekuko tramak 24 bit dituzenez, eraztunak 24 biteko luzera izan behar du gutxienez. Interfazeetan gertatzen den bit bateko atzerapena eta kablearen luzerak 24 bit baino gutxiago osatzen badituzte, nodo begiraleak bere sareko interfazeko bufferra behar adina handitzen du, lekukoa eraztunean ondo ibil dadin.
- **Hausturak eraztunean:** Eraztunean gertatzen diren hausturak topatzea ezin du nodo begiraleak egin, baina badira horretarako kontrol-trama bereziak.

4.8.- 802.3, 802.4 ETA 802.5 ARAUEN ALDERATZEA

Hiru LAN arauak antzeko teknologia darabilte, eta lortutako emaitzak ere antzekoak dira.

- 802.3 arauaren abantailak:
 - 802.3 araua da gaur egun gehien erabiltzen dena. Horrek kostuak merkatzea dakar.
 - Protokoloa erraza da.
 - Trafiko gutxi dagoen kasuetan, ia ez da atzerapenik gertatzen.
- 802.3 arauaren desabantailak:
 - Nodoez teknologia analogikoekin lan asko egiten dute; nodo bakoitzak ahulenaren seinalea detektatzeko gai izan behar du. Transmisore-hargailuan talken detekzioa egiten duten zirkuitu guztiak ere analogikoak dira.
 - Trama minimoa 64 bytekoa da, eta horrek sartu beharreko karga nabaria ekar dezake, trama laburragoak eragiten dituzten mezuak bidali behar direnean.
 - Ez da deterministikoa eta hori desabantaila handia izan daiteke denbora errealean lan egiteko.
 - Lehentasun-sistematik ez du.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

- Lan-karga handiekin errendimendu okerragoa du, oro har.
- 802.4 arauaren abantailak:
 - Deterministikoa da.
 - Lan-karga altuekin, errendimendu eta eraginkortasun oso onak lortzen ditu.
 - Lehentasunak erabil daitezke.
- 802.4 arauaren desabantailak:
 - Protokoloa konplexua da.
 - Lan-karga baxuekin, atzerapenak nabariak dira.
 - Oso garestia da.
 - Analogikoa (banda zabaleko kable ardazkidea).
- 802.5 arauaren abantailak:
 - Deterministikoa da.
 - Puntutik punturako konexioak erabiltzen dituenek, hardwarea sinpleagoa eta merkeagoa da. Guztiz digitala izatera irits daiteke.
 - Pare bihurrituetako kableak instalatzea oso erraza da. Kable-zentroen erabilerari esker, Token Ring da LAN sare bakarra bere kableatuan akatsak detektatu eta konpontzeaz arduratu daitekeena.
 - Lehentasunak erabil daitezke.
 - Lan-karga altuekin, errendimendu eta eraginkortasun oso onak lortzen dira, Token Busean bezala.
 - Protokoloa konplexua da.
- 802.5 arauaren desabantailak:
 - Mantentzea modu zentralizatuan egiten da, horrek dakarren arriskuarekin. Nodo begirale eroriak ordeztu egin daitezke, baina txarto dabilzanek arazo asko ematen dituzte.
 - Lan-karga baxuekin, atzerapenak nabariak dira.

4.9.- ABIADURA HANDIKO LAN SAREAK

4.9.1.- Switch Ethernet

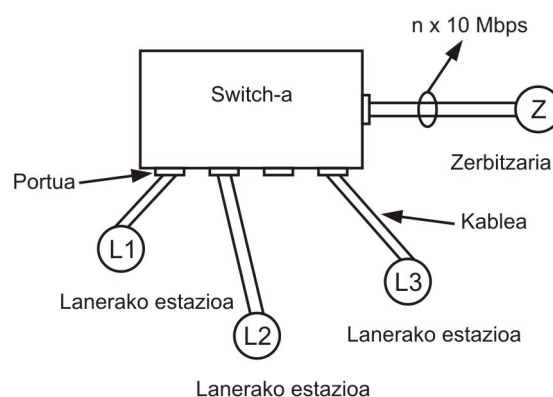
Elementu zentral gisa switch bat (sareen interkonexiorako makina mota berezi bat) darabilen izar-topologiako sare mota bat da. Nodo guztiak pare bihurrituzko kableekin konektaturik daude switchera.

Pare bihurrituetako bi kable erabiltzen ditu nodo bakoitzak: bat datuak switchera bidaltzeko, eta bestea switchetik datuak jasotzeko.

Switchek, iristen zaizkien trametako helmuga- eta jatorri-helbideei begiraturaz, portu bakoitzean zein nodo loturik daukaten dakite, eta, horrela, birtransmititze-taula bat mantentzen dute. Izar-topologia oso bat eratzen da, switch gailuak nodo zentral modura lan egiteko beharrezko adimena duten makinak baitira. Hori da, beraz, Etherneten 10Base-T arau fisikoarekin duen ezberdintasun nagusia. Eta hori abantaila da: transmisioak nodo ezberdinen artean gertatzen diren bitartean, switcharekin transferentzia bat baino gehiago batera egin daitezke. Talka, berriz, trama bat dagoeneko erabilia izaten ari den portu bateko kabletik bidali behar izatean gertatzen da.

Hainbat transferentzia batera gerta badaitezke ere, bakoitza 10 Mbps-koa izan daiteke gehienez. Zenbait konfiguraziotan, zerbitzari-makina bat egoten da nodo moduan, transferentzia gehienetan parte hartzen duena. Funtzionamendua hobetzeko, beste switch gailu bat sortu da, beste portuak baino abiadura azkarragoan funtzionatzen duen portua duena. Oro har, portu hori switchak elkarrekin konektatzeko edo zerbitzari-makina bat konektatzeko erabiltzen da.

Irudi honetan, Switch Ethernet sare baten osagaiak ikusten dira:



20. irudia. Switch Ethernet.

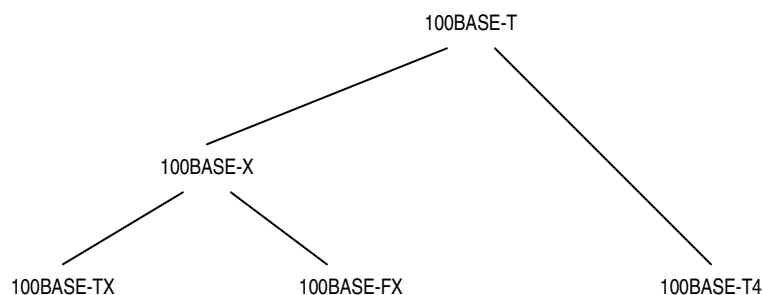
4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

4.9.2.- Fast Ethernet. IEEE 802.3u

Ethernet motako LAN sareak 10 aldiz azkarragoak izateko sortu ziren Fast Ethernet arauak, 100 Mbps-ko abiadura lan egiteko. Arau horiei 100Base-T ere baderitze, eta osatzen duten estandarra 802.3u da. Hasierako Ethernet sarearen estandarrekin bateragarritasuna mantentzeko, trama-formatua, interfazeak eta prozedurak mantendu zituzten.

MAC protokoloa ondo ibil dadin, beharrezkoa da trama minimoaren tamaina 640 bytera handitzea, edo nodoen arteko distantzia maximoa 250 metrora jaitea.

Irudian 100Base-T barruko arauak adierazten dira:



21. irudia. 100Base-T.

100Base-X arauetan, nodoek bi kable erabiltzen dituzte: bat transmititzeko, eta bestea entzuteko. Eraikin gehienetan, 100BASE-X arauak erabiltzeak kableatu berria egitea eskatzen du. Hori ekiditeko, 100BASE-T4 alternatiba merkeagoa da, kalitate baxuagoko kable motak erabiltzen baititu. Kalitate baxuagoko kable motekin 100 Mbps-ko abiadura lortzeko, pare bihurrituetako lau kable erabiltzea zehazten du arauak, 3 kable transmititzeko eta beste bat entzuteko.

Topologikoki, 100Base-T 100Base-T bezalakoa da. Hub makinek portu batetik iristen zaiena portu guztietatik ateratzen dute, helmuga zein den kontuan eduki gabe. Azken batean, jatorrizko Etherneten gertatzen den transmisio-bitarteko fisikoaren emulazioa egiten dute Hubek.

Taulan, 100Base-T arauen alderatzea egiten da:

	100Base-T4	100Base-TX	100Base-FX
Transmisio-bitartekoa	4 UTP, 3, 4 edo 5 kategoriakoak	2 STP	2 modu anitzeko zuntz optiko
Segmentuaren luzera	100 m	100 m	2.000 m

4. taula. 100Base-T.

100Base-FX arauak, bi modu anitzeko zuntz optiko erabiltzen ditu, bat transmititzeko eta bestea jasotzeko. Bakoitzak 100 Mbps-ko abiadura lan egin dezake.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

4.9.3.- Gigabit Ethernet. IEEE 802.3z

802.3z estandarraren helburua Fast Etherneten abiadura 10 aldiz hobetzea zen. Beraz, 802.3z edo Gigabit Ethernet sareek 1 Gbps-ko abiadura egiten dute lan. 802.3 estandarreko protokolo fisikoak aldatu ziren, MAC azpimailako trama-formatua eta prozedurak mantenduz.

Lehia-denborako artekak ere handitu ziren. Hala ere, CSMA/CD bere mugara iritsi da Gigabit Ethernetekin.

Maila fisikoan, modu anitzeko zuntz optiko erabiltzen da, 550 metroko luzera maximoarekin; modu bakarreko zuntz optikoarekin, 5 km-ko luzera maximoa onartzen da, eta 5 klaseko 4 UTPrekin, 100 metroko luzera maximoa.

4.9.4.- FDDI

200 km-ko zuntz optikozko sareen araua da. LAN eta MAN sareetan erabiltzen da. Banda-zabalera handiagoko aplikazioen beharrek bultzatuta eta LAN sare askoren arteko konexio-beharrentzat sortu zen.

Erabiltzen duen topologia zuntz optikozko bi eraztun dira. Modu anitzeko zuntzak erabiltzen dira, LED eta fotodiodoekin batera. 100 Mbps-ko abiadura lan egiten du, eta 1.000 nodo onartzen ditu gehienez.

Eraztun bakoitzean, lekuko bat dago, aurkako noranzkoan biraka. MAC azpimailan 802.5 arauaren antzekoa da, aldaketa batzuekin:

- Jatorri-nodo batek bidalitako trama guztiak berriro beragana iritsi eta saretik kendu arte itxaron behar zuen 802.5 arauan. FDDIrekin, berriz, ez. Azkeneko trama transmititu ondoren transmiti dezake lekuko-trama hurrengo nodoarentzat.
- 802.5 arauan, transmititu beharreko tramak zituen nodo batek, lekuko-trama jasotzean, lehen tramaren hasiera gisa erabiltzen zuen, AC eremuko lekuko-bitari balioa aldatuz. FDDIn ez da horrelakorik egiten.
- MAC tramaren formatuan ere, aldaketa bat dago: AC eremua ez dago.

4.9.5.- 100VG-AnyLAN

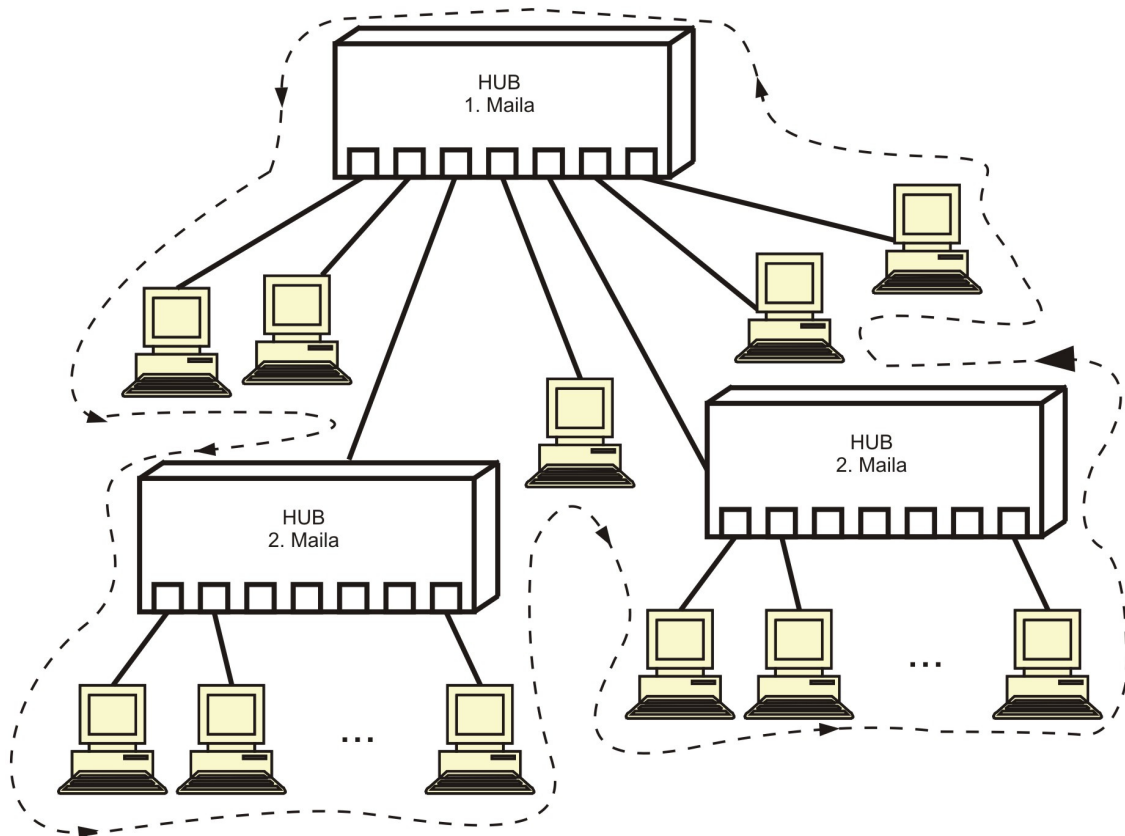
100Base-T arauarekin gertatu zen moduan, 100VG-AnyLAN araua 802.3an 100 Mbps-ko abiadura lortzeko sortu zen, 802.4 eta 802.5 arauetako tramak onartzearekin batera.

Maila fisikoan, hub bereziki lortutako topologia hierarkiko bat erabiltzen du. Konfigurazio sinpleenean hub bakarra erabiltzen da. Konfigurazio konplexuagoak 1. mailako Hubera 2. mailako Hubak konektatuz egiten dira; modu hierarkikoan maila

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

gehiago sartuz, konplexutasuna areagotu daiteke. 4 UTP erabiltzen dira, 3, 4 edo 5 klaseetakoak (VG, *voice grade*, ahotserako kableak).

MAC protokoloan, lehen aipatutako tramen formatua bakarrik errespetatzen da. Sarbide-teknikari dagokionez, "eskaerapeko lehentasuna" izenekoa erabiltzen da. Irudian ikus daiteke nola funtzionatzen duen maila bat baino gehiagoko egituretan:



22. irudia. 100VG-AnyLAN.

Bi lehentasun mota bereizten dira, arrunta eta gorena. 1. mailako Hubak; bere portuetako nodoek lehentasun goreneko tramarik baduten begiratzeko txandaka. Porturen batean beste maila bateko Hub bat balego, Hub horretara konektaturiko nodoen tramak begiratu gertatu ez bada, lehentasun arrunteko tramak bilatzen dira.

4.10.- KABLERIK GABEKO LAN SAREAK. IEEE 802.11

Kablerik gabeko LAN sareak 802.11 estandarraren bidez arautzen dira.

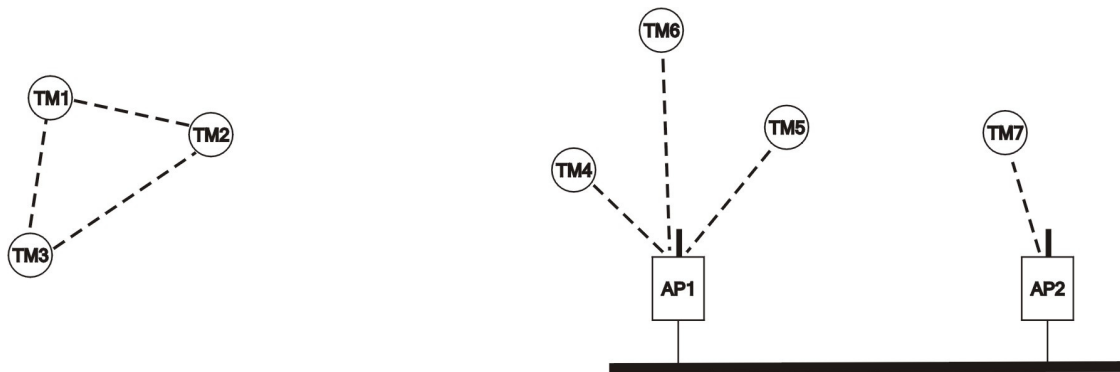
Kablerik gabeko teknologia erabiltzeko arrazoi nagusia erabiltzaileei mugikortasuna ahalbidetzea da; beste arrazoi garrantzitsu bat bada: kablea sartzea zaila den tokietan, instalazioa sinpletzea. Hala ere, hainbat arazo sortzen dira:

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

- Interferentziak areagotzen dira.
- Ezin da oso abiadura handia lortu.

802.11 estandarrean, hainbat kontzeptu definitzen dira:

- **IBSS** (*Independent Basic Service Set*): Elkarren artean 802.11 arauari jarraituta, irrati bidez tramak zuzenean trukatzeko gai diren estazioen multzoa. Truke horretarako, beraz, ez dute beste makina edo gailu bereziren beharrik. Irudian, TM1, TM2 eta TM3 terminal mugikorrek osatzen dute IBSS multzo bat.
- **BSS** (*Basic Service Set*): Irrati bidezko transmisio-bitartekoarekin eta 802.11 arauari jarraituz operadore batek jarritako AP (*Access Point*, Sarbide Puntua) sistema bati esker elkarrekin komunikatzen diren terminalek eta AP horrek berak osatzen duten multzoa. Irudian, TM4, TM5, TM6 eta AP1ek BSS bat osatzen dute, eta TM7 eta AP2k beste bat. Tramak ez dira zuzenean jatorri- eta helmuga-terminal mugikorren artean trukatzeko, komunikazioa AParen bitartez izan behar baita beti.
- **BSA** (*Basic Service Area*): BSS baten hedadura geografikoaren eremua da.
- **ESS** (*Extended Service Set*): Kabledun banaketa-sistema baten bidez konektaturiko BSS taldeek osatzen dute. ESSko BSS bakoitzak **AP** (*Access Point*, Sarbide Puntua) bat du, banaketa-sistamarako sarbidea ematen diona. Irudian, lehen esan bezala, AP1ek eta AP2k, bakoitzak bere BSSa eratzen du bere hedadura-eremuko terminal mugikorrek batera, eta BSS horiek kabledun banaketa-sistema batekin lotuta daudenez, ESS bat eratzen dute.



23. irudia. 802.11 sare-konfigurazioak.

802.11 arauan, kablerik gabeko bi sare mota sor daitezke:

- **Ad hoc sareak**: Denbora laburreko iraupena izaten dute, eta IBSS batez osaturik daude. Terminal mugikor bakoitza besteen eremuaren barnean dago, eta hala, elkarrekin gainjartzen diren eremuetako terminalak elkarren artean zuzenean komunika daitezke. Sarea nahi gabe sor daiteke edozein tokitan, eta, terminalak mugikorrak direnez, denbora baten ondoren desagertu (terminalak elkarrengandik urrundu direlako). Bi estazio nahikoak dira horrelako sare bat sortzeko.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

- **Sare azpiegituradunak:** Kablerik gabeko komunikazioa zerbitzu hori eskaintzen duen operadore batek jarritako azpiegitura batekin gauzatzen duten sareak dira. Haietan BSS eta ESS asko aurkitu daitezke. Ad hoc sareak ez bezala, ez daude denboran mugatuak, eta azpiegitura dagoen tokian kokatzen dira beti (ez dira “edozein tokitan” sortzen).

Maila fisikoan bi uhin-mota erabiltzen dira, irrati-frekuentziak eta infragorriak. Ezberdintasuna frekuentzia-espektoan hartutako banda da. Edozein modutara, 1 edo 2 Mbps-ko abiadurak erabiltzen dira. Kontuan edukitzekoa da eremu geografiko berean 802.11 sare bat baino gehiago suerta daitezkeela, IBSS, BSS edo ESS elementu askorekin, eta, azken horien kasuan, bakoitza operadore batena izan daitekeela. Sare guztietako funtzionamendua egokia izan dadin, maila fisikoan bakoitzak frekuentzia-espektoaren kanal ezberdin bat erabiltzen du (banda-zabalerako transmisio-modua).

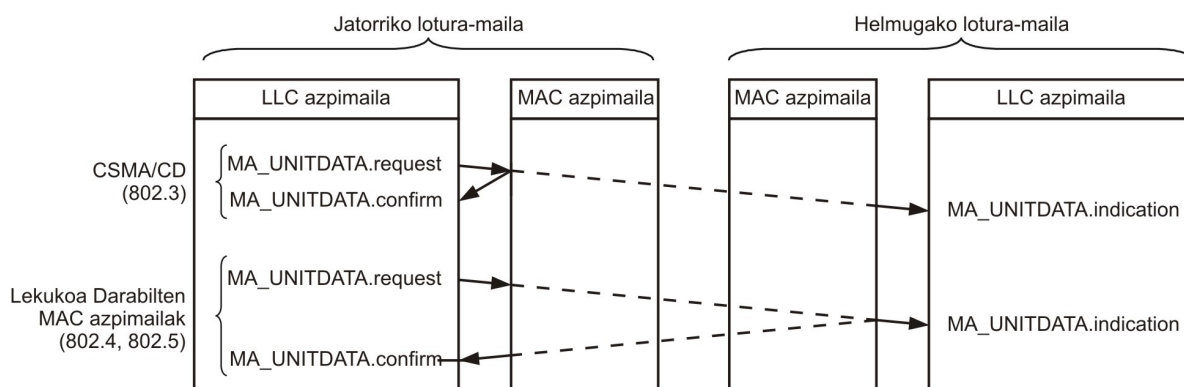
MAC azpimailan, berriz, CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*) protokoloa erabiltzen da, talkak gertatzea ekiditeko.

4.11.- MAC AZPIMAILAREN ERABILTZAILEAREKIKO INTERFAZEA

MAC azpimailaren protokoloa dena delakoa izanda, gainera LLC azpimailaren zerbitzu-emaitza da, eta zerbitzu bakarra eskaintzen dio: konexiorik gabeko datu-transferentzia.

Datu-transferentziako zerbitzu hori eragiketa estandar multzo batekin ematen da. Baieztapenarekin egindako zerbitzua kontsideratzen da, nahiz eta *response* eragiketarik erabili ez, *confirm* eragiketa bat erabiltzen duelako. Ikusten denez, MAC azpimaila honek ez ditu gutiz betetzen ikasitako OSI arauak.

Eragiketa horien sekuentzia irudian ikusten da:



24. irudia. MAC eragiketak.

Hala, *MA_UNITDATA.confirm* eragiketaren erabilera MAC azpimailako protokoloaren sarbide-teknikaren araberakoa da. CSMA/CD darabilten MAC azpimailatan, *MA_UNITDATA.confirm* eragiketak *MA_UNITDATA.request* eragiketa **jatorriko** MAC azpimailatik nola transmititu den adierazten du. Lekukoa darabilten MAC

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

azpimailetan, berriz, *MA_UNITDATA.confirm* eragiketak **helmugako** MAC azpimailan *MA_UNITDATA.indication* eragiketa nola egin den adierazten du.

Zerbitzu-eragiketa bakoitzak parametro batzuk erabiltzen ditu, ICI moduan pasatzen direnak LLC-MAC interfazetik:

- *MA_UNITDATA.request*: Helmugaren helbide fisikoa eta lehentasuna (lehentasun-sistemak definitzen dituzten azpimailetan; adibidez, 802.4, 802.5).
- *MA_UNITDATA.confirm*: dagokion *MA_UNITDATA.request* edo *MA_UNITDATA.indication* eragiketa ondo edo txarto egin den adierazten duen parametroa erabiltzen du. Txarto egin den kasuetan, akatsaren arrazoia ere adierazten du.

4.12.- LLC AZPIMAILA. IEEE 802.2

802.2 estandarrean, IEEEk MAC azpimailaren gaineko LLC azpimailarako protokoloa definitzen du, LLC deituko duguna oro har. HDLCn oinarritutako protokoloa da LLC, eta gaineko sare-mailari, interfazean, hiru operazio modu eskaintzen dizkio aukeran, azpiko MAC eta maila fisikoa direnak direla ere.

4.12.1.- Helbideratzea

LLC azpimailan erabilitako helbideratzea MAC azpimailaren helbideratzearen osagarria da. Nodo bakoitzak bere helbide fisiko bakarra du, baina LLC azpimailak gaineko entitateetatik aldi berean gerta daitezkeen datu-trukeak kudeatu behar ditu. Sare-mailako entitate horietako bakoitzak LLCko zerbitzua SAP konkretu batean aurkituko du. LLC azpimailako SAPei L-SAP deritze.

Horrela, L-SAP bakoitzak sare-mailako erabiltzaile konkretua identifikatzeko balio du, makina bakoitzean.

4.12.2.- LLC-PDU formatua

LLC azpimailako PDUek formatu berdina dute (ez dago formatu ezberdineko PDUrik, 802.5 protokoloan bezala). Formatu hori HDLCn oinarrituta dago:

Byteak	1	1	1 edo 2	Aldakorra
	DSAP	SSAP	CONTROL	INFO

25. irudia. LLC-PDUen formatua.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

2.- LOTURA-MAILA gaiko **2.4.3.- LLC** puntuan LLCko PDUa eta MAC azpimailako trama generiko bat azaldu dira, eta LAN sareetako trametan bi protokoloen eremuak bereizi behar direla adierazi da.

- **DSAP:**

Helmugaren SAP identifikatzailea. Lotura fisikoaren beste muturreko makinan helmuga den LLC zerbitzuaren identifikatzailea da.

- **SSAP:**

Jatorriko SAP identifikatzailea. 1. bitak 0 balioa badu, PDUa agindua dela adierazten da, eta 1 balioa badu, berriz, erantzuna dela.

- **Control:**

PDU mota adierazten du. Sekuentzia-zenbakirik gabeko PDUetan, byte bakarreko zabalera du. Sekuentzia-zenbakia duten PDUetan, berriz, 2 bytekoa.

- **INFO:**

Erabiltzaile-datuak (gaineke mailako entitateak pasatutakoak) eremu honetan sartzen dira.

4.12.3.- LLCren erabiltzailearekiko interfazea

Hiru komunikazio-zerbitzu eskaintzen dizkio LLC azpimailak gaineke sare-mailari:

- **1. mota:** Konexiorik eta fidagarritasunik gabeko komunikazioa.

LLC entitateen artean, LLC-PDUak trukatzeko dituzte, aurretik konexiorik ezarri eta datuak baieztatu gabe. Ez dago fluxu- edo errore-kontrolirik; beraz, datuak heltzea ez dago bermaturik.

Zerbitzu hau bi egoeratan da erabilgarria:

- Goiko mailek konexiorako eta fidagarritasunerako prozedurak eskaintzen dituztenean.
- Konexio logikoaren ezarpenaren eta askatzearen kostua handiegia denean.

Zenbatu gabeko informazioko PDUa (UI PDUa) erabiltzen da erabiltzaile-datuak garraiatzeko, HDLC arrunteko I motako PDUak erabili beharrean. Baieztapenik ez dagoenez, UI PDUak sare-maila eta LLC interfazeko *request* eta *indication* eragiketekin bakarrik kudeatzen dira.

Kudeaketa-funtzioetarako ere beste bi PDU erabiltzen dira.

- **2. mota:** Konexioa darabilen komunikazio fidagarria.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

HDLC protokoloak eskainitako ABM(E) moduko zerbitzuaren antzekoa da. Datuak trukatzeko hasi baino lehen, konexio logikoa ezartzen da, eta datuetan fluxu- eta errore-kontrola egiten da.

Zerbitzu mota hau gailu sinpleetan erabiltzen da, LLC gaineko mailetan gaitasun gutxi dutenetan.

Taulan, mota honetako komunikazioak eragindako LLC-PDUak adierazten dira:

Fasea	Aginduak	Erantzunak
Konexio-ezarpena	SABM, SABME	UA/DM
Datu-transferentzia	I, RR, RNR, REJ	I, RR, RNR, REJ
Konexio-askapena	DISC	UA/DM

5. taula. LLC-PDUak, konexioa darabilten komunikazio fidagarrietan.

- **3. mota:** Konexiorik gabeko komunikazio fidagarria.

Beste bi komunikazio moten arteko nahasketa da. Ez da konexio logikorik ezartzen, baina datu-PDUak baieztatu egiten dira.

Komunikazio mota hau erabiltzen da datuak ondo iritsi direla ziurtatu behar denean baina konexio-ezarpenak hartzen duen denbora-galera jasan ezin bada. Adibidez, alarma- edo kontrol-seinaleen kudeaketan.

Erabiltzaile-datuak trukatzeko, HDLCren I tramak erabili ezin direnez (sekuentzia-zenbakiak baituzte eta horrek *konexio* kontzeptua eskatzen du) AC motako tramak erabiltzen dira. AC agindu bakoitza AC erantzun batekin baieztatu behar da (horregatik da baieztapenarekin egindako zerbitzua; beraz, *confirm* eragiketak egongo dira). Ezin da AC agindu bat baino gehiago bidali, erantzuna jaso gabe. Stop&Wait moduko fluxu- eta errore-kontrola egiten dira, beraz.

Komunikazio bakoitza dagozkion zerbitzu-eragiketekin egingo da sare-mailaren eta LLC azpimailaren arteko interfazean. Zehaztu diren kasu berezietan izan ezik, eragiketa horiek **2.- LOTURA-MAILA** gaiko **2.3.3.- Erabiltzailearekiko Interfazea** puntuan agertzen direnak izango dira.

4.13.- MAN SAREAK

Oro har, Metropoli Eremuko Sare edo MAN sareak LAN sareen bertsio fisikoki handiagoak eta gaitasun handiagokoak baino ez dira. **4.9.- ABIADURA HANDIKO LAN SAREAK** puntuan ikusitako protokoloak erabiltzen dira beharrian horiek betetzeko.

MAN sareen ezaugarri orokorrak hauek lirateke:

- Jabegoa: LAN sareetan ez bezala, jabegoa pribatua edo publikoa izan daiteke.

4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)

- LAN sare tradizionalak baino eremu fisiko handiagoa: eraikin ezberdinetako bulegoak edo hiri oso bat har dezakete. Ondorioz, nodo kopurua ere handiagoa izango da.
- Trafiko mota: denetarik garraiatzeko gaitasuna dute (ahotsa, irudia, datuak).

MAN sareak kategoría ezberdintzat hartzeko arrazoi nagusia haietarako estandar bat izatea da. Estandar horren izena **DQDB** (*Distributed Queue Dual Bus*, ilara banatuko bus bikoitza) da, eta 802.6 zenbakiarekin ere izendatzen da.

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

5.1.- SARRERA

Gai honetan, WAN sare deritzen estandar batzuk erakutsiko dira. Oro har, LAN sareen aldean, WAN sareen ezaugarri nagusiak hauek dira:

- **Jabetza:** WAN sareak gehienetan baliabide publikoz osatuak daude, baina, aurrerago ikusiko den bezala, badira korporazioetako WAN pribatuak ere.
- **Eremua:** WANek edo Eremu Zabaleko Sareek eremu geografiko handiak hartzen dituzte, herrialde bat edo kontinente bat bezain handiak izan daitezkeenak.
- **Komunikaziorako transmisio-bitartekoak:** WANetan komunikaziorako transmisio-bitarteko asko egoten dira elkarren artean kommutagailu edo interkonexio-gailu berezien bidez lotuak. Topologia jakinei jarraituz (izarra, busa, eraztuna, zuhaitz hierarkikoa,...) lotzen dira asko, baina, oro har, irregularrak izaten dira. Lortutako abiadurak LAN sareetakoak baino txikiagoak dira. Izan ere, distantzia handiagoak hartu beharrak seinaleek jasandako interferentziak areagotzen dituzte, errore-tasak handituz.

WAN teknologiek OSIren azpiko hiru mailetan lan egiten dute. Hau da, nodo guztiek, bai sare barrukoek, baita sARBIDEKOEK ere, OSIren azpiko hiru mailak inplementatzen dituzte gutxienez. WAN sare batera lotutako terminalaetan, azpiko hiru mailak WAN sare horrek zehaztutakoak izango dira (terminalaren sARBIDEKO nodoarenak); gainera beste mailetan, terminalen erabiltzaileek erabakitako protokoloak jar daitezke, sareak ematen duen zerbitzuaren eta guztira lortu nahi den zerbitzuaren arabera aukeratuak.

5.1.1.- WAN sareen jabetza

Historikoki sortu zen lehen WAN sare garrantzitsua PSTN (*Public Switched Telephone Network*) edo kommutaziozko telefono-sare publikoa izan zen. Sare horrek ia mundu osoa hartzen zuen, eta, jakina den bezala, zirkuituen kommutazio-teknologia analogikoaz, bi terminalen artean ahots-seinaleak trukatzeko zerbitzua ematen zuen.

Hala, datu informatikoak urrunera transmititzeko beharra iritsi zenean, lehen probatu zen sarea uneko bakarra zen, hau da, aipatutako telefonia-sarea. Sare horrekin terminal informatikoen artean datuak trukatzeko lortu zen, baina berehala ikusi zen ez zela horretarako oso egokia; abiadura baxuak lortzen ziren (transmisio analogikoak), eta denboraren eta distantziaren arabera kostu handiak ekartzen zituen (ez zen ahots-deien eta datu-deien artean bereizketarik egiten fakturazioan). Horregatik, zerbitzu-beharrizan berriei erantzuna emateko, bi sare mota agertzen hasi ziren:

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

- **Datu-sare pribatuak:** erakunde handi eta pribatuek beren datuak trukatzeko kudeatu eta erabilitako sareak dira. Telekomunikazio-sare publikoei alokatutako *linea dedikatuak* erabiltzen dituzte, eta fakturazioa alokairuagatik egiten zaie (distantziaren eta denboraren arabera egin beharrean). Diru-inbertsio handi bat da, gaur egun oso gutxitan erabiltzen dena.
- **Datu-sare publikoak:** sare hauen mantentzea eta kudeaketa enpresa pribatu baten —**operadore** izenekoaren— esku egon daiteke; baliabide fisikoak, berriz, publikoak dira. Operadoreek, erabileraren arabera edo kuota bidez kobratzen dute datu-sare publikoa erabiltzea. Oro har, fabrikatzaile ezberdinen ekipoek elkarrekin modu egokian lan egitea ahalbidetzen dute. Estatu bakoitzeko gobernuek definitzen dute beren datu-sare publikoen funtzionamendua.

5.1.2.- Konexio motak

WANek, sarearen teknologia dena delakoa izanda ere, konexiodun zerbitzua eskaintzen diete terminaletako erabiltzaileei. Bi Konexio mota eskaini ohi dira:

- **Konexio dedikatua:** Erabiltzaile bakarrarekiko eta helburu bakarrerako erreserbatutako konexioak dira, beti erabiliak izateko prest daudenak. Komunikazio-zerbitzua eskaintzen duen operadorearekin kontratu baten bidez guztiz zehaztuta geratzen dira; parte hartzen duten makinak zuzenean konfiguraturaz sortzen dira, inongo protokoloren seinaleztapenik erabili gabe. Garestiak dira, eta, horregatik, trafiko-bolumen handia dagoenean bakarrik erabiltzen dira. Erabiltzaileak ez du konexio-ezarpenik egin behar erabiltzen duen aldi bakoitzean, hasieratik ezarrita dagoelako. Zirkuitu fisikoak erabiltzen diren kasuetan, puntutik punturako konexioak dira; zirkuitu birtualekin, berriz, zirkuitu birtual iraunkorrak.
- **Konexio kommutatua:** Hainbat erabiltzailerekiko ezar daitezke; erabiltzaileek beharrezko arabera prest egoten dira erabiliak izateko, eta helburu orokorrekoak dira (edo zertarako). Kostu txikia dute, sarearen baliabideak beharren arabera partekatzen direlako. Beharrezkoak direnean bakarrik ezartzen dira, datu-transferentzia egin baino lehen. Ezarpen hori erabiltzaileak berak egiten du, protokoloak zehaztutako seinaleztapenaren bitartez. Erabili ondoren, askatu egin behar da, eta hori ere erabiltzaileak egin behar du.

WAN sarearen erabiltzaileak aukeratutako konexio-mota faktore askoren arabera izango da; haien artean, informazio mota, bolumena, kostua eta segurtasun-beharrak daude.

5.1.3.- Trafiko mota

Hiru trafiko mota izaten dira WAN sareetan: ahotsa, datuak eta bideoa. Teorian, trafiko mota horiek guztiak edozein sare motatatik garraiatu ahalko lirarteke, baina,

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

praktikan, trafiko mota bakoitzari egokitzen zizaion teknologiagatik, sarearen diseinua trafiko motaren arabera izan ohi zen.

Gaur egun, guztia batzea da helburua:

- Transferentzia aldetik: transmisio-bitarteko fisiko bera erabiltzea trafiko guztia garraiatzeko.
- Sare aldetik: trafikoaren arabera protokolo ezberdinak erabil ditzaketen sareak erabiliz.
- Aplikazio mailan: trafiko mota ezberdinekin lan egin dezaketen aplikazio integratuen bidez.

Batura bilatze horrek eragin handia du gaur egun. Horregatik, hainbat operadore eta zerbitzu-emaile sareak aldatzen ari dira trafiko mota guztiak garraiatu ahal izateko.

5.1.4.- Sarearen zatiak

WAN sareen zatiez hitz egitean, hauek aipatuko ditugu:

- Sarbidea: erabiltzailea sarera nola konektatzen den (erabiltzailearen eta 1. nodoaren arteko lotura).
- Garraioa: informazioa sareko nodoen artean nola garraiatzen den.
- Kommutazioa: bi transmisio-sistemen artean, informazioa nola kommutatzen den.

5.2.- X.25

Sare publiko zahar askok X.25 estandarrari jarraitzen diote.

Hasiera batean, maila fisikorako X.21 estandarra definitu zen. Estandar hori teknologia digitalarekin erabiltzekoa da, eta, egia esan, X.25 sortu zenean, sare publiko gehienek linea telefonikoen teknologia analogikoa erabiltzen zuten. X.25 protokoloa hobeto zabaltzeko, maila fisikorako teknologia analogikoarekin lan egiten duen X.21bis araua atera zen.

Lotura-mailan, HDLC familiako LAPB protokoloa definitzen da.

Sare-mailako protokoloa helbideak esleitzeaz, konexio kommutatuak ezarri eta askatzeaz, fluxu- eta errore-kontrolaz, datu garrantzitsuen garraioaz eta antzeko beste funtzioez arduratzen da. Protokolo horri X.25 PLP deritza. Protokolo horretan datu-paketeak modu fidagarrian eta ordenaturik iristen dira helmugako sare-mailara.

X.25en, beraz, zirkuitu birtualak erabiltzen dira, eta kommutatuak edo iraunkorrak izan daitezke. Zirkuitu birtual kommutatu bat jatorriko sare-mailak konexio-ezarpen

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

bat eskatzen duenean sortzen da. Iraunkorrak, berriz, zerbitzua ematen duen operadoreak sortu eta askatzen ditu, eta beti prest daude erabiltzailearentzat, datuak bidaltzeko.

X.25 estandarrak sarbide-sarea bakarrik zehazten bazuen ere, sortu zen garaian erabiltzen zen teknologia fisiko analogikoak eta terminal-etako adimen urriak sare barruko protokoloak baldintzatzen zituen. Izan ere, komunikazio zitura eta abiadura egokia lortu beharrek sareko konmutadoreetan ere konexiodun protokolo fidagarriak erabili behar izatea ekarri zuen, bai lotura-mailan (LAPB), bai sare-mailan (X.25 PLP).

X.25 estandarra erabiltzen hasi zirenean, erabiltzaile-makina gehienek ez zuten protokolo osoa garatzeko adinako ahalmenik. Horrela, *X hirukoitza* izeneko arau multzo bat atera zen, terminal "ez-adimendunak" X.25 sareekin lan egin ahal izateko. Arau multzo horrek elementu berri bat erabili beharra zekarren, PAD izenekoa. PAD hori, terminal ez-adimendunaren eta X.25 sarearen artean jartzen zen, eta terminal ez-adimendunak eta PADak (biek batera) terminal inteligente bat eratzen zuten. PADaren funtzionamendua X.3 arauan zehazten da. PADaren eta terminalaren arteko komunikaziorako, X.28 protokoloa definitu zen, eta PADaren eta helmugako terminal adimendunaren arteko protokoloa, berriz, X.29 zen. X.3, X.28 eta X.29 dira X hirukoitza osatzen dutenak.

5.3.- FRAME RELAY

Paketeen konmutazioa X.25 erabilia egin zen hasieran. Horretan, zirkuitu birtualak ezartzeko eta askatzeko paketeak komunikazioko datu-paketeak doazen zirkuitu beretik garraiatzen dira. Biten errore-kontrola 2. mailan egiten da LAPBekin. Lotura-mailako protokolo horrek, komunikazioaren nodo pare bakoitzaren artean, bidaltzen den trama bakoitzeko egiaztapena eskatzen du. Gainera, muturreko nodoak ez diren beste guztietan, haietatik pasatzen diren zirkuitu birtualen egoeraren taulak mantendu behar dira, fluxua eta erroreak kontrolatzeko eta kudeatzeko. Horregatik, X.25 arau garestia dela esaten da.

Guztiaren kostua onar daiteke sarean errore-probabilitatea altua denean, baina gaur egungo teknologia digitalentzat ez da egokia; gainera, lor daitezkeen abiadura altuak ez aprobetxatzea dakar. Horregatik, *Fast Switching* teknologiak sortu ziren; haien artean Frame Relay eta ATM zeuden.

Frame Relayk darabilen teknologia, X.25ek bezala, zirkuitu birtualetako pakete-konmutazioa da. Frame Relayren estandarizazioa ISDNrako sarbide izateko egin zen, baina gaur egun abiadura altuko zerbitzuetan X.25 ordezkatzeko erabiltzen da gehienbat; X.25ek dakarren kostuaren zati handi bat kentzen du Frame Relayk. X.25en eta Frame Relayren arteko ezberdintasunik handienak hauek dira:

- Frame Relayn zirkuitu birtual baten ezarpen- eta askapen-paketeak zirkuitu birtual hori ez den beste zirkuitu berezi batetik transmititzen dira, eta zirkuitu hori bera da guztientzat.

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

- Erabiltzaile-datuak garraiatzen dituzten paketeen fluxu- eta errore-kontrola komunikazioaren muturren artean egiten da bakarrik. Horregatik, gorenko mailetako protokoloen esku uzten da, eta estandarrean protokolo horiek ez dira zehazten.
- Zirkuitu birtualak lotura-mailako elementuak dira, hau da, lotura-mailako entitateek kudeatzen dituzte. Sareko nodoek zirkuitu birtual batetik iritsitako datuak kommutatu behar dituztenean, kommutazio hori lotura-mailan gertatzen da. Kommutazioa, beraz, trametan egiten da, eta ez paketeetan (X.25 sareetan bezala). Sareko nodoetan jasan beharreko prozesamendua X.25en baino txikiagoa da.

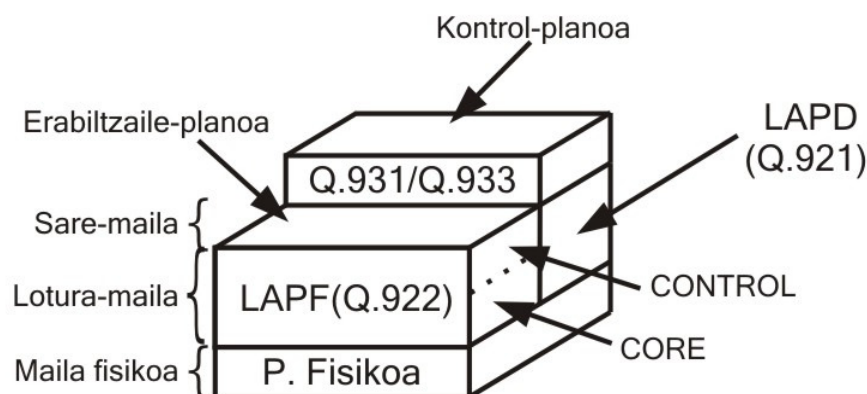
Frame-Relay operadoreek eskaintako lehen zerbitzuak zirkuitu birtual iraunkorrekoak izan ziren.

Frame Relayk lotura-mailan kontrol gutxiago egiten du, baina hori ez da arazo handiegia gaur egungo transmisio-sistemen fidagarritasuna handiagoa eta kommutazioa ere errazagoa delako. Abantaila nagusia komunikazio-prozesuaren potentzia da, lotura-mailako protokoloan benetan beharrezkoak ez diren prozedurak kendu direlako. Horrela, atzerapenak txikiagoak dira, eta errendimendua handiagoa. Abiadura handiko transmisio-bitarteko batekin Frame-Relay erabiliz probetxua atera dezaketen aplikazioak hauek dira:

- Blokeko datu interaktiboen aplikazioak: bereizmen handiko grafikoekin lan egiten duten aplikazioak dira. Atzerapen txikiak eta errendimendu handia eskatzen dituzte.
- Fitxategien transferentzia: aplikazio hauek eskatzen duten atzerapen txikia ez da aurreko aplikazioek eskatzen dutena bezain txikia. Beharrezko errendimendua, baina, nahiko handia izaten da.

5.3.1.- Protokoloen arkitektura

Frame-Relayren protokolo-arkitektura irudian erakusten da:



1. irudia. Frame-Relay protokolo-arkitektura.

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

Protokolo-arkitekturan ikusten denez, bi plano bereizten dira, bai sareko nodoetan, bai erabiltzaile-terminaletan. Nodetako kontrol-planoetako entitateak bikote-entitateak dira, eta gauza bera gertatzen da erabiltzaile-planoko entitateekin, hau da, kontrol-planoko entitateak elkarren artean komunikatuko dira eta ez erabiltzaile-planoko entitateekin.

Terminalen kasuan estandarrak ez ditu zehazten protokolo-arkitekturan aplikazio-mailara arte falta diren protokoloak, eta erabiltzaileak nahi dituenak aukeratu ditzake.

• **Kontrol-planoa:**

Zirkuitu birtualen ezartze- eta askatze-faseetan eta kudeaketa eragiketetan hartzen dute parte plano honetako entitateek.

Kontrol-planoko entitateek bidaltzen dituzten paketeak datuen garraioa egiten den kanal logikoetatik bereizita bidaltzen dira, beste kanal logiko batean.

Maila fisikoan, Frame Relay estandarrean ez da protokolorik zehazten.

Lotura-mailan LAPD erabiltzen da. Protokolo horrekin, kontrol-planoko paketeak lotura-mailako konexio fidagarrietan garraiatuko dira, fluxu- eta errore-kontrolekin.

Sare-mailan berriz, beharrezkoa da LAPD gainera Q.931 edo Q.933 protokoloak egotea; sare-mailako beste protokoloetan bezala, terminal-etako entitateak bakarrik izango dira bikote.

• **Erabiltzaile-planoa:**

Plano honetako entitateak gaineko mailetatik iritsitako SDUak bidaltzeaz arduratzen dira, hau da, datu-transferentziaren fasean datuak bidaltzeaz.

Honetan ere, maila fisikoan Frame Relay ez da protokolorik zehazten.

Lotura-mailan LAPF protokoloa erabiltzen da. Protokolo horrek bi bertsio ditu, oinarritzkoa (*CORE*) eta kontrollekoa (*Control*). Oinarritzko LAPFren funtzio nagusiak hauek dira:

- Tramen mugatzea.
- Tramen azterketa, luzera egokia dutela baieztatzeko (ez txikiegia, ezta handiegia ere).
- Tramak zirkuitu birtual bakoitzean konmutatzea.
- Transmisio-erroreen detekzioa (EZ zuzenketa edo kontrola; erroreak dituzten tramak deuseztatu egiten dira, errepikapenik eskatu gabe).
- Kongestio-kontrola.

Azken funtzioa izan ezik, beste guztiak LAPD protokoloak ere egiten ditu kontrol-planoan (kontrol-planoko fluxu- eta errore-kontrolarekin batera).

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

Sare-mailari dagokionez, erabiltzaile-plano honetan ez da agertzen. Izan ere, zirkuitu birtualak lotura-mailako entitateek lantzen dituztenez tramak kommutatuta, sare-mailako entitaterik ez da behar.

Erabiltzaile-terminaletan konexiodun zerbitzu fidagarria lortu nahi bada, beharrezkoa izango da erabiltzaile-planoko gaineko beste mailetan fluxu- eta errore-kontrola modu egokian egiten dituzten protokoloak erabiltzea. Terminaletako lotura-mailan bertan, kontroleko LAPF erabil daiteke horretarako, datuen muturretik muturrerainoko (terminaletik terminalerainoko) kontrola egiten duelako.

5.3.2.- Datu-tramaren formatua

Frame-Relayko datu-tramaren formatua oinarrizko LAPF protokoloak definitzen du, erabiltzaile-planoan. Trama horien formatua:



2. irudia. LAPF tramen formatua.

Ikusten denez, oinarrizko LAPF formatua HDLCren antzekoa da. Ezberdintasun nabariena C eremurik ez izatea da. Azken batean, HDLCko eremu horren zeregina kontrol-informazioa garraiatzea zen, Frame Relayn kontrol-planoan edo kontroleko LAPFn egiten dena.

- **FLAG:**

Tramaren mugak adierazteko erabiltzen da. LAPB eta LAPD protokoloetan erabiltzen diren berak dira.

- **ADDRESS:**

Zirkuitu birtualaren identitatearen eta erabilera-egoeraren berri ematen duen eremua da. Jatorrizko HDLCn helbidea adierazten zuenez, tradizioz edo, izena mantendu zaio LAPFn. 2, 3 edo 4 byteko luzera izan dezake; hala, hiru formatu ditu:

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

8	7	6	5	4	3	2	1
DLCI (bit gorenak)						C/R	EA=0
DLCI (bit beherenak)				FECN	BECN	DE	EA=1

(a) 2 byteko Address eremua (arruntena)

8	7	6	5	4	3	2	1
DLCI (bit gorenak)						C/R	EA=0
DLCI				FECN	BECN	DE	EA=0
DLCI (bit beherenak edo kontrol-bitak)						D/C	EA=1

(b) 3 byteko Address eremua

8	7	6	5	4	3	2	1
DLCI (bit gorenak)						C/R	EA=0
DLCI				FECN	BECN	DE	EA=0
DLCI							EA=0
DLCI (bit beherenak edo kontrol-bitak)						D/C	EA=1

(c) 4 byteko Address eremua

3. irudia. ADDRESS eremuaren formatuak.

Aurreko irudian ikusten denez, ADDRESS eremuaren luzera EA (*End Address*) bitaren balioaren arabera da. Bit horrek 0 balioa duenean, ADDRESS eremuak beste byte bat du gutxienez bit horren atzetik. 1 balioa duenean, berriz, ADDRESS eremuaren amaiera adierazten du.

C/R (*Command/Response*, Agindua/Erantzuna) bita ez da benetan oinarrizko Frame-Relay erabiltzen.

FECN eta BECN bitak sarean (hau da, zirkuitu birtualeko terminalak ez diren beste nodoren batean) kongestioa gertatu dela adierazteko erabiltzen dira.

Kongestioa gertatzean, DE bitean 1 balioa duten tramak ezabatzen dira lehenik (aurrerago azalduko da).

D/C bitak, azken byteko DLCI bitak kontrol-bit gisa edo pisu gutxienerako DLCI bit gisa ulertu behar diren adierazten du.

DLCI bitek zirkuitu birtualari dagokion kanalaren identifikatzailea adierazten dute. X.25 protokoloan erabiltzen zen LGN-LCN eremuen baliokideak dira, baina, kasu honetan, lotura-mailan. Identifikatzaile horrek esanahi lokala du bakarrik; zirkuitu birtualaren mutur bakoitzaren arteko lotura fisiko bakoitzean, DLCI bat egongo da zirkuitu birtualari egokituta. Lotura fisiko bakoitzeko muturrek erabakitzen dute zein DLCI erabili zirkuitu birtual bakoitzerako, libre dauzkatenen artean (X.25 PLPn bezala).

Zirkuitu birtuala eratzen duten kanal logikoak, beraz, lotura-mailako trametan adierazten dira, LAPF protokoloko DLCI eremuan. Horregatik esaten da Frame

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

Relayn kommutazioa lotura-mailan gertatzen dela (X.25en sare-mailan gertatzen da, X.25 PLPko LGN-LCN eremuekin).

- **INFO:**

Erabiltzaile-planoko sare-mailatik iritsitako SDUa garraiatzeko eremua.

- **FCS:**

Tramako biten erroreak detektatzeko eremua.

5.3.3.- Prozedurak

5.3.3.1.- Konexioa ezartzea eta askatzea

Frame-Relay konexiodun zerbitzua ematen duenez, komunikazioa hasi baino lehen, konexioa ezarri behar da. Zirkuitu birtual iraunkorren kasuan zirkuitua beti ezarrita dagoenez, datuen transferentzia zuzenean egin daiteke.

Lotura fisiko batean, zirkuitu birtual bat baino gehiago egon daitezke. Zirkuitu birtual bakoitzak kanal-identifikatzaile bat du (DLCI) muturretik muturrerainoko lotura fisiko bakoitzean.

Frame Relay zerbitzuak ematen dituzten operadoreek, zirkuitu birtual iraunkorrak eskaintzen dituzte batez ere. Edonola, arauak zirkuitu birtual kommutatuekin lan egiteko prozedurak ere zehazten ditu.

Zirkuitu birtual kommutatua ezarri eta askatzeko, muturren artean pakete zehatz batzuk kanal logiko berezi batetik trukatzeko dira. Kanal logiko hori DLCI=0 zenbakikoa da lotura guztietan, eta beste kanaletako zirkuitu birtualak kontrolatzeko erabiltzen da. DLCI eremuan 0 balioa duen trama batek, beraz, INFO eremuan zirkuitu birtual baten kontrol-pakete bat garraiatzen du. Zirkuitu birtualen kontrola kontrol-planoan egiten da, lotura-mailan LAPD protokoloa eta sare-mailan Q.931 protokoloa erabiliz.

Konexioa ezartzeko erabiltzen diren paketeen sekuentzia X.25 PLPn erabiltzen zenaren antzekoa da. Komunikazioaren bi muturretako edozeinek has dezake ezarpena, sare-mailan SETUP pakete bat bidaliz; pakete hori DLCI=0 duen trama batean bidaltzen da LAPD protokoloarekin, eta helmugarainoko lotura fisiko bakoitzean, zirkuiturako hautatzen den DLCI zenbakia ere adieraziko da trama horretan. Beste muturrak sare-mailan CONNECT pakete batekin erantzun dezake, eta zirkuitua ezarria geratzen da. Konexioa onartu nahi ez bada, RELEASE COMPLETE paketearekin erantzungo zaio SETUP paketeari, eta zirkuitua ezarri gabe geratzen da.

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

Zirkuitu birtualaren askapena ere, bi muturretako edozeinek has dezake, sare-mailatik RELEASE pakete bat bidaliz. Beste muturrak RELEASE COMPLETE pakete batekin erantzutean, zirkuitua askaturik geratzen da.

5.3.3.2.- Datu-transferentzia

Datuen transferentzia erabiltzaile-planoko entitateen artean gertatzen da. Datu-transferentzian, X.25-n bezala, gaineko mailatik (kasu honetan, sare-mailatik) iritsitako SDUa bidaltzen da. Lotura-mailan, oinarrizko LAPF protokoloa erabiltzea zehazten du estandarrak (terminaletan, kontroleko LAPFrekin osa daiteke).

5.3.2.- Datu-tramaren formatua puntuan azaltzen denez, oinarrizko LAPF tramen formatua HDLCn oinarriturik dago. Ezberdintasun nagusia CONTROL eremurik ez edukitzea da. Horrek hainbat ondorio ditu:

- Trama mota bakarra dago, erabiltzailearen datuak garraiatzen dituen.
- Ezin daiteke zirkuitu birtualaren seinaleztapenik egin. Zirkuitu birtualean, erabiltzaile-datuak bakarrik garraia ditzake, ez bere kudeaketarako informaziorik.
- Ezin da fluxu- ezta errore-kontrolik egin, horretarako eremurik ez dagoelako.

Kontrolako LAPFn badago C eremua, fluxu- eta errore-kontrolako informazioa garraiatzeko balio duena. Terminaletan eremu hori erabiltzen bada, oinarrizkoarekiko ezberdintasun bakarra eremu hori da. C eremu hori ulertzeko gai den bakarra beste terminaleko bikotekidea denez, lotura-mailako protokolo batekin muturretik muturrerainoko fidagarritasuna lortzen da; bideko nodoek eremu hori erabiltzaile-datuen partetzat hartzen dute.

Kongestio-kontrola

Datu-transferentziaren fasean kongestio-kontrolerako prozedurak erabiltzen dira; une jakin bakoitzean beharrezkoa dena erabiltzen da.

Sarearen lan-karga handitzen doan heinean, sareko nodoetako ilaretako itxarotedenbora handituz doa. Muturretik muturrerainoko atzerapena ere handitzen da, eta errendimendua gutxitu. Kongestio-kontrolerako teknikekin nodoetako itxarote-ilaren tamaina mugatzea bilatzen da, errendimendua gutxitu ez dadin.

Kongestio-kontrola Frame Relay erabiltzaileen eta sarearen erantzukizuna da. Sarea kongestioaren monitorizaziorako (jarraipenerako) egokia da; muturretako erabiltzaileak, berriz, kontrolerako punturik egokienak dira, trafikoaren fluxua murriztu baitezakete.

Ekidite-estrategia darabilten prozedurek kongestioa ez gertatzea bilatzen dute. Kongestioa sortuko luketen trafiko-igoerak detektatzen direnean aplikatzen dira mota honetako teknikak.

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

Ezeztapen-estrategia kongestioaren aurreko erantzunik sinpleena da. Jada kongestioa gertatu denean, kongestionatutako nodoek, egoera horretatik berreskuratzeke, tramak ezeztatzen dituzte.

Azkenik, **berreskuratze-estrategia** kongestioaren ondorioz sarea tramak galtzen hasten denean erabiltzen da. Tramen galera, gaineko mailetako protokoloek detektatuko dute (oinarrizko LAPFk ez du fluxu- edo errore-kontrolik egiten; beraz, ezin du jakin tramarik falta den).

Taulan, ITU-T eta ANSik definitutako kongestio-kontrolerako teknikak agertzen dira.

Teknika	Mota	Funtzioa	Elementu garrantzitsuak
Kongestioa jakinaraztea, atzerantz	Ekidite-estrategia	Sareko kongestioari aurre egiteko laguntza eskatzen zaie terminalei.	BECN bita
Kongestioa jakinaraztea, aurrerantz	Ekidite-estrategia	Sareko kongestioari aurre egiteko laguntza eskatzen zaie terminalei.	FECN bita
Ezeztapen-kontrola	Ezeztapen-estrategia	Zein trama deusezta daitezkeen esaten zaie sareko nodei.	DE bita
Kongestioaren jakinarazte inplizitua	Berreskuratze-estrategia	Terminalek kongestioa gertatzen ari dela detektatzen dute, trama galdu asko daudelako.	Goiko mailetako PDUen sekuentzia-zenbakiak

1. taula. ITU-T eta ANSiren kongestio-kontrolerako teknikak.

• **Kongestioa ekiditeko estrategiak:**

Sareak, kongestioa ekiditeko, trafikoa gero eta handiagoa dela adierazten die terminalei. Hala, terminalek sarean sartzen duten karga gutxitzeko beharrezko neurriak hartzen dituzte.

Frame-Relayk ekiditeko estrategia seinaleztapen esplizituarekin egiten duela esaten da. LAPF tramen ADDRESS eremuko bi bit erabiltzen dira. Bit horiek, kongestioa nabaritzen duen sareko edozein nodok aktiba ditzake; nodoren batek, bit horiek aktibatuak dituen tramaren bat jasotzean, ezin ditu desaktibatu:

- **BECN** (*Backwards Explicit Congestion Notification*, kongestioaren jakinarazte esplizitua, atzeraka): Terminal batek, BECN bita aktibaturik duen trama bat jasotzean, trama horren aurkako noranzkoan bidali beharreko trafikoa jaitsi behar duela ulertzen du.
- **FECN** (*Forwards Explicit Congestion Notification*, kongestioaren jakinarazte esplizitua, aurreraka): Terminal batek, FECN bita aktibaturik duen trama bat jasotzean, trama horren noranzko bereko trafikoa jaitsi behar duela ulertzen du. Beste muturreko terminala izango da trafikoa gutxitu behar duena, eta, horregatik, prozedurak konplexuagoak dira. FECN bita jaso duen makinak beste muturrekoari nolabait adierazi beharko dio trafikoa jaitsi behar duela, eta

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

LAPFren oinarrizko funtzioek ez dute horrelakorik egiteko balio; gaineko mailek arduratu beharko dute.

Nodo bakoitzak bere ilaren tamaina kontrolatu behar du. Tamaina handiegia bilakatzen bada, konmutatu beharreko tramen BECN, FECN edo bi bitak aktibatu beharko ditu, terminalei trafikoa jaisteko esateko. Nodo bakoitzak askatasuna du kongestioari buruz zein zirkuitu birtual ohartaraziko duen erabakitzeke.

- **Ezeztapen-estrategia:**

Batzuetan, trafiko-igoera arriskutsuak detektatu eta ekiditeko estrategiak aplikatuta ere, kongestioa gertatzen da. Halakoetan, kongestionatuta suertatu diren nodoak, egoera horretatik irteteko, tramak deuseztatzen hasiko dira.

Baliabideen probetxu hobea ateratzeko, Frame-Relay zerbitzua kontratatzean CIR (kontrataturako informazio-tasa) kontzeptua erabiltzen da. CIR hori abiadura bat da, bps unitatetan neurtua. Operadorearen eta erabiltzailearen arteko akordioaz, konexio bakoitzak bere CIRa izango du. Akordio hori kontratazio unean gertatuko da zirkuitu birtual iraunkorren kasuan, eta konexioaren ezarpenean, berriz, zirkuitu birtual konmutatuetan. Tramaren bat dagokion CIR-abiadura baino azkarrago transmititzen bada, kongestioa gertatutako balitz, ezeztatua izateko arriskuan legoke. Hala ere, CIRa baino abiadura baxuagoko tramak ezeztatuko ez direnik ez da bermatzen. Kongestioa gertatzean, ezeztapen-estrategia aplikatuz, kongestionatutako nodoek tramak ezeztatuko dituzte. Lehenik ezeztatuko diren tramak dagokien CIRa baino abiadura altuagoa dutenak izango dira.

CIR-abiadura gainditu duten tramak bereizteko, DE bita erabiltzen da. Sareko nodo batera trama bat iristean tramaren abiadura dagokion CIRa baino baxuagoa bada, nodoak ez du tramaren DE bita aktibatzen. Abiadura CIRa baino altuagoa den kasuetan, nodoak tramaren DE bita aktibatzen du, dagokion irteera-portutik konmutatu baino lehen. Nodo batera DE bita aktibatua duen trama bat iristean, nodoak ez du desaktibatuko.

- **Berreskuratze-estrategia:**

Jada kongestioa gainditu denean jarraitu beharreko estrategia da, deuseztatu diren tramak berreskuratzeke.

Berreskuratze-estrategia seinaleztapen inplizituaz gertatzen da. Seinaleztapen inplizitua sareak trama bat deuseztatu eta gertaera hori helmugako erabiltzailearen goiko mailetan detektatzen denean gertatzen da.

Kontrolatzeko LAPF protokoloaren funtzioak muturretik muturrerainokoak dira (PDUak jatorritik helmugarainoko bidean ez dira aldatzen), eta oinarrizko LAPF protokoloaren gainean erabiltzen dira. Funtzio horiek leiho labainkorreko fluxu- eta errore-kontrola egiten dute, eta berreskuratze-estrategia aplikatzeko erabil daitezke.

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

5.3.4.- LMI

Frame-Relayren garapenik handiena 1990 urtean gertatu zen, Cisco Systems, Stratacom, Northern Telecom eta Digital Equipment Corporation enpresek Frame-Relay teknologia garatzeko partzuergoa eratu zutenean. Partzuergo horrek zehazpen berezi bat garatu zuen ANSI eta ITU-Tk garatutako hasierako Frame-Relay protokoloarekin bat zetorrena baina sare konplexuetan gaitasun berriak ematen dituzten ezaugarriak gehitzen zituena. Gehitze horiei LMI (*Local Management Interface*) deritze. Komunikazioaren egoera kontrolatzeko definituak izan ziren.

LMI mota asko daude. Batzuk arruntak direla esaten da eta besteak, berriz, aukerakoak. Adibide gisa, bi LMI funtzio:

- **Zirkuitu birtualaren egoera-mezuak:** LMI arrunta da. Zirkuitu birtual iraunkorrekin erabiltzen da. Sarearen eta erabiltzailearen arteko komunikazioa eta sinkronizazioa ahalbidetzen du, ZBI berrien existentzia edo desagertpenaren berri eta, oro har, ZBI ezberdinen egoerari buruzko informazioa emanez.
- **Multicasting:** Aukerazko LMIa da. Jatorri batetik trama bakarra helmuga batera baino gehiagotara bidaltzea ahalbidetzen du.

5.4.- ISDN

5.4.1.- ISDN kontzeptua

5.4.1.1.- ISDNren historia

ISDN agertu baino lehen, WAN sareak telekomunikazio-zerbitzu konkretuentzat eraikiak zeuden (telefonía-sarea, telebista-sarea, pakete-kommutazioko sareak,...). ISDN mundu osoko telekomunikazio-sare publiko bat izateko sortu zen, gaur egun herrialdeetan dauden WAN sareak ordeztuz erabiltzaile-interfaze gutxi batzuekin telekomunikazio-zerbitzu asko emateko.

Gai honen hasierako **5.1.1.- WAN sareen jabetza** puntuan esan bezala, telefonía-sarea herrialde guztietan zabalduena denez, huraxe hartu zen oinarritzat.

ISDNrekin eskaini nahi diren zerbitzuek behar duten banda-zabalera, malgutasuna eta kalitatea emateko, beharrezkoa da telefonía-sarean hainbat aldaketa egitea. Izan ere, hasiera batean telefonía-sarea zirkuitu-kommutazioan oinarritutako sare analogikoa zen, ahotsa garraiatzeko egokia baina desegokia ISDNk eskaini beharreko zerbitzuak emateko. Lehen pausoa teknologia analogikotik digitalera pasatzea izan zen, transmisio-sistemak, kommutazio-makinak eta seinaleztapenak digitalizatuz. ISDN, beraz, guztiz digitala da.

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

Zirkuitu-kommutazioko telefonia-sare digitala lortuta, hurrengo pausoa, ahotsa garraiatzeaz gainera beste mota batzuetako zerbitzuak ematea izan zen, ISDNra iristeko.

5.4.1.2.- ISDNren printzipioak

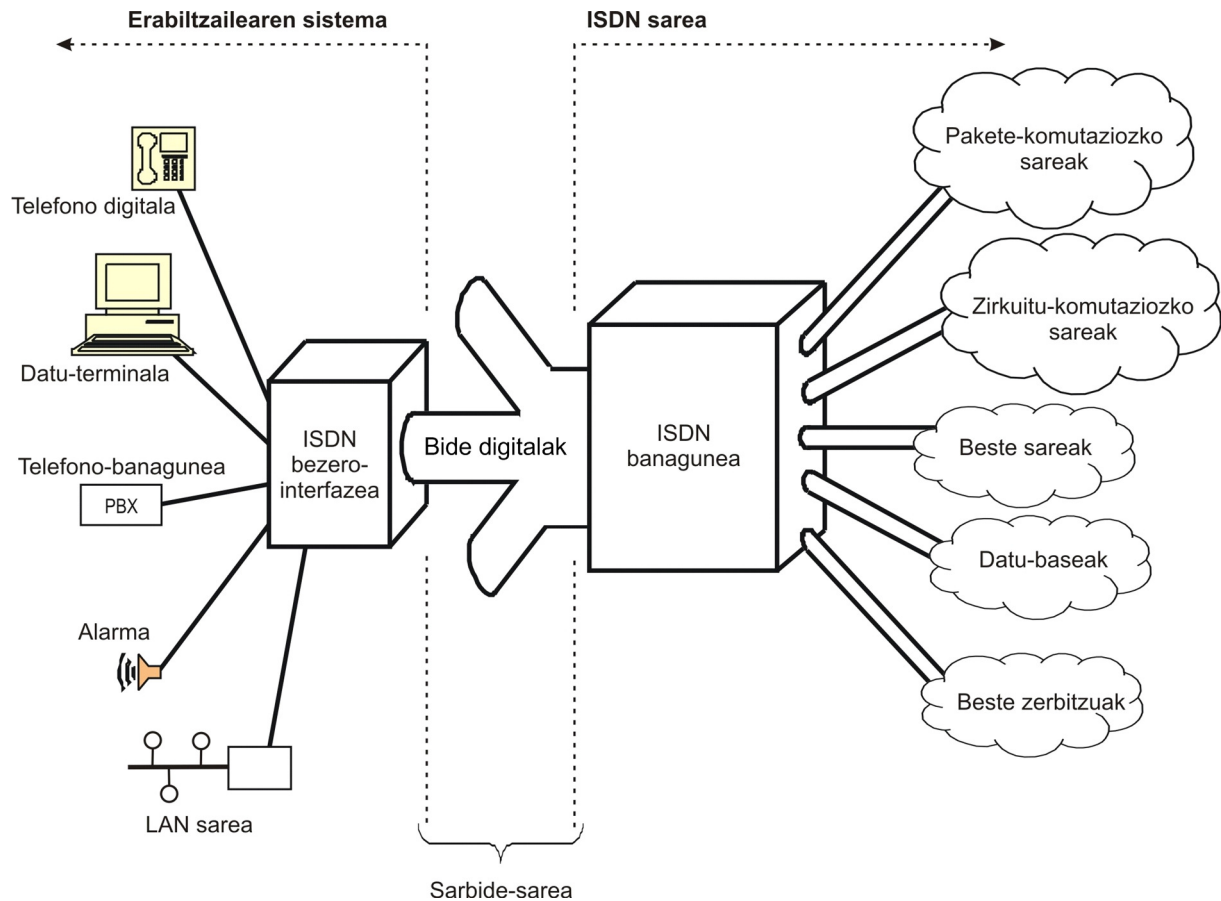
ISDNrako normalizazioak ITU-Tk definitu zituen 1984an gomendio multzo baten bidez. Gomendio multzo horri "I serie" deritzo. I.120 gomendioan, ISDNren *printzipioak* zehazten dira:

- ISDNren ezaugarri nagusia ahots-aplikazioak eta ahotsik gabeko aplikazioak sare berean onartzea da, normalizatutako prestazio mugatuekin. ISDNk zerbitzu asko eskaintzen ditu, ahots-komunikazioekin erlazionatuak (zerbitzu telefonikoak) eta erlazionatu gabeak (datu digitalen trukea). Zerbitzuen erabiltzaileek interfaze normalizatuen kopuru mugatu baten bidez erabili ahalko dituzte zerbitzuok.
- ISDNk zirkuitu-kommutazioko teknologia zein pakete-kommutaziokoa eskaintzen ditu.
- ISDNk 64 kbps-ko abiadurak eskaintzen ditu pakete- zein zirkuitu-kommutazioan. Abiadura hori aukeratu zen sortu berri zegoen ahots digitalizatuaren estandarrak adierazitakoa zelako. Etorkizunean, aukera gehiago egotea onartu zen.
- ISDN batek erabiltzailearekiko zerbitzuak, zerbitzu horien kudeaketa eta bere mantenu propioaren funtzioak gauzatzeko adina adimen izango du. Adimen hori zerbitzu berrientzat nahikoa ez bada, adimen gehigarria beharrezkoa izatea onartzen da.
- ISDNren protokolo-arkitektura OSI eredu betetzen duten mailez osatzen da. Horrek hainbat abantaila ditu:
 - ISDNn OSIrentzat jada garatutako normalizazioak erabil daitezke.
 - ISDNrako normalizazio berriak ere jada existitzen direnetan oinarritu daitezke, eta, hala, inplementazio berrien kostua gutxitu.
- ISDNren konfigurazio fisiko bat baino gehiago onartzen dira. Hala, herrialde bakoitzaren politikak, teknologiaren egoera eta beharrezkoak kontuan hartzen dira.

5.4.1.3.- Erabiltzailearen interfazea

Irudian, ISDNren ikuspegi kontzeptuala agertzen da, bezeroaren edo erabiltzailearen aldetik:

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)



4. irudia. ISDNren ikuspuntu kontzeptuala.

Ikusten denez, erabiltzailearen sisteman ISDN bezero-interfaze bat dago. Bezero-interfaze hori, hainbat “bide digitalen” bidez, ISDN banagune batera konektaturik dago. Bide digital horiek tamaina ezberdinekoak izango dira, bezeroen beharren arabera. Bide digital horietan, ISDNk eskaintzen dituen zerbitzuen seinaleak nahasi egingo dira, kontrol-seinale konplexu eta denbora-multiplexazioari esker.

5.4.1.4.- Helburuak

Estatu batzuetako gobernuak, komunikazio- eta datu-prozesamenduko enpresak, normalizazio-erakundeak eta beste hainbat erakunde aritu ziren lanean ISDN sare mundiala lortzeko.

Bilatutako helburu nagusiak hauek dira:

- **Normalizazioa:** ISDNrako normalizazio multzo bakarra lortzea garrantzitsua da mundu osoan sarbidea eta ekipo merkeen garapena lortzeko.
- **Gardentasuna:** Garatzen diren aplikazio edo goi-mailako protokolo berriek ez dute sarearen barne-egitura kontuan hartu behar.

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

- **Egokitzea:** ISDNrako bilakaerak gradualak izan behar du, eta, denbora batez, ISDNra eraldatzen ari den sareak lehendik zeuden ekipo eta sistemekin batera egin beharko du lan.
- **Tarifikazioa:** Erabilerarekin erlazionatuta egongo da, eta ez denbora edo datu motarekin.

5.4.2.- Sarbide-sarearen egitura

5.4.2.1.- ISDN kanalak

Erabiltzailearen eta ISDN banagunearen arteko bide digitalek komunikazio-kanal asko garraiatzen dituzte. Erabiltzaile mota batetik besterako bide digitalaren edukiera edo komunikazio-kanalen kopurua aldakorra da.

Hiru komunikazio-kanal mota daude:

- **B kanala:** 64 kbps.
- **D kanala:** 16 edo 64 kbps.
- **H kanalak:** 384 (H0), 1536 (H11) eta 1920 (H12) kbps.

B kanala erabiltzailearen oinarrizko kanala da. Datu digitalak, ahots digitalizatua edo abiadura txikian nahasitako trafikoa garraia ditzake. Trafiko nahastuaren kasuan, guztiak helmuga bererakoa izan beharko du. B kanal batean, 3 komunikazio mota erabil daitezke:

- **Zirkuitu kommutatuak:** Erabiltzaileak dei bat egin eta zirkuitu kommutatu moduko konexio bat ezartzen du sareko beste erabiltzaile batekin. Ezarpenerako seinaleztapena ez da B kanalean egiten, D kanalean baizik. Zirkuitu fisikoan terminalek erabakitako edozer protokolo-pila erabil daiteke, edo zuzenean ahotsa garraiatu, telefono-deia litzatekeena. ISDN Frame Relay saretarako sarbide moduan erabiltzea ere kontsideratzen da, zirkuitu fisikoekin. Horretarako, zirkuitu fisikoa Frame Relay sarbide-nodo batekin ezarriko litzateke, horretaraino puntutik punturako lotura lortuta; ondoren, Frame Relay komunikazio kommutatu bat ezarri ahalko litzateke bertatik, beste Frame Relay erabiltzaile batekin.
- **Zirkuitu erdi-iraunkorrak:** Beste erabiltzaile batekin aurretik ezarritako zirkuitu fisikoak lirarteke. Erabiltzailearen ikuspuntutik, konexio dedikatuen antzekoak dira, baina ezberdintasuna sorreran dago; konexio dedikatuak kommutadoreetako taulak konfiguraturaz eratzen ditu operadoreak, eta protokoloaren seinaleztapena erabiltzen du konexio erdi-iraunkorrak sortzeko. Zirkuitu fisiko hauetan ere, aurreko kasuan azaldutako datu motak garraia daitezke.
- **Pakete kommutatuak:** Erabiltzailea pakete-kommutaziozko nodo batera konektatzen da, eta beste erabiltzaileekiko datu-trukea X.25 bidez egiten da.

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

D kanala bi helburuokin erabiltzen da:

- B kanaletako zirkuitu kommutatuen deien kontrol-seinaleztapenerako informazioa garraiatzea.
- Pakete-kommutaziorako erabil daiteke, seinaleztapenik garraiatu behar ez duenean.

H kanalak abiadura altuko informazioa garraiatzeko erabiltzen dira; B kanalak baino azkarragoak dira. Erabiltzaileak bi modutara erabil ditzake:

- Abiadura handiko kanal moduan.
- Denbora-multiplexazioaz kanala abiadura txikiagoko kanaletan zatitu eta zenbait zerbitzutarako erabili.

5.4.2.2.- Transmisio-egiturak

Aurreko 5.4.2.1.- ISDN kanalak puntuan azaldutako kanalak erabiltzaileei multzoka eskaintzen zaizkie, *transmisio-egitura* modura.

Erabiltzailearen sisteman zerbitzu ezberdinetarako terminal guztiak ISDN bezero-interfaze batera konektatzen dira, eta ISDN bezero-interfaze hori da ISDN sarera loturik dagoena. Transmisio-egiturak ISDN bezero-interfazetik ateratzen dira, erabiltzaileari ISDNko sareko zerbitzuak emateko.

Bi transmisio-egitura nagusi eskaintzen dira gaur egun:

- **Oinarrizko sarbidea:**

2 full duplex B kanalek eta 16 kbps-ko abiadurako D kanal batek osatzen dute multzo hau. 192 kbps-ko abiadura ematen dute guztira.

Oinarrizko sarbideak banako erabiltzaileei (etxeetan) eta bulego txikiei saltzen zaizkie. Ahots- eta datu-aplikazioak aldi berean erabiltzea ahalbidetzen du.

- **Sarbide primarioa:**

Oinarrizko sarbideak betetzen dituenak baino beharrian handiagoak dituzten erabiltzaileei zuzenduta dago (bulego ertain eta handiak). Estatuetan transmisio digitaletan abiadura-hierarkia ezberdinak erabiltzen direnez, ezin daiteke datu-abiadura bakar batez hitz egin.

Bi egitura nagusi definitzen dira. Batak (1,544 Mbps-koak) 23 B kanal ditu eta 64 kbps-ko D kanal bat; bestea 2,048 Mbps-koa da, eta 30 B kanal ditu eta 64 kbps-ko D kanal bat.

H kanalekin ere egin daitezke sarbide primarioarako egiturak.

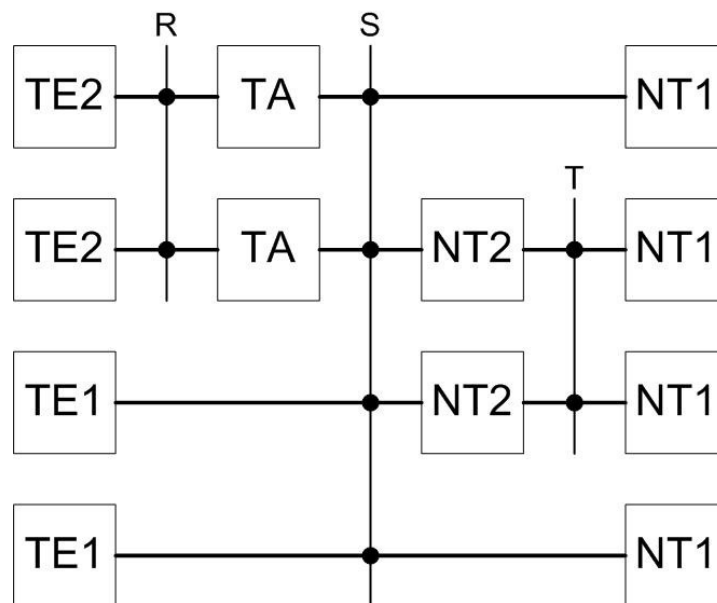
5.4.2.3.- Talde funtzionalak eta erreferentzia-puntuak

Erabiltzailearen funtzioak egituratu eta konfigurazio fisikoa deskribatzeko, I.411 gomendioan *talde funtzionalak* eta *erreferentzia-puntuak* definitzen dira.

Talde funtzionalak ISDN sarbide-sarean beharrezkoak izan daitezkeen funtzio multzoak dira. Funtzio horiek ekipoaren zati batek edo gehiagok bete ditzakete, OSI maila ezberdinetan.

Erreferentzia-puntuak talde funtzionalak elkarren artean bereizten dituzte.

Irudian, talde funtzional eta erreferentzia-puntu batzuk agertzen dira:



5. irudia. Talde funtzional eta erreferentzia-puntu batzuk.

Talde funtzionalak

- **1 motako sare-terminala (NT1):** Sarearen amaiera elektrikoaren eta fisikoaren (OSIren 1. maila) funtzioak biltzen dituen gailua da. NT1 ISDN operadoreak kontrolatuta egon daiteke, eta sare publikoaren eta pribatuaren arteko muga zehazten du.
- **2 motako sare-terminala (NT2):** OSIren 2 edo 3 mailetarainoko funtzioak biltzen dituen gailua da. NT2ren inplementazio-adibideak LAN sareak ISDNra konektatzeko erabiltzen diren konmutadore, PBX edo routerrak dira.
- **1 motako erabiltzaile-terminala (TE1):** ISDNra zuzenean konekta daitezkeen terminalak dira, hau da, ISDNren interfazeko estandarra betetzen duten terminalak. Adibide gisa, telefono digitalak eta ahots- eta datu-terminal integratuak daude.

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

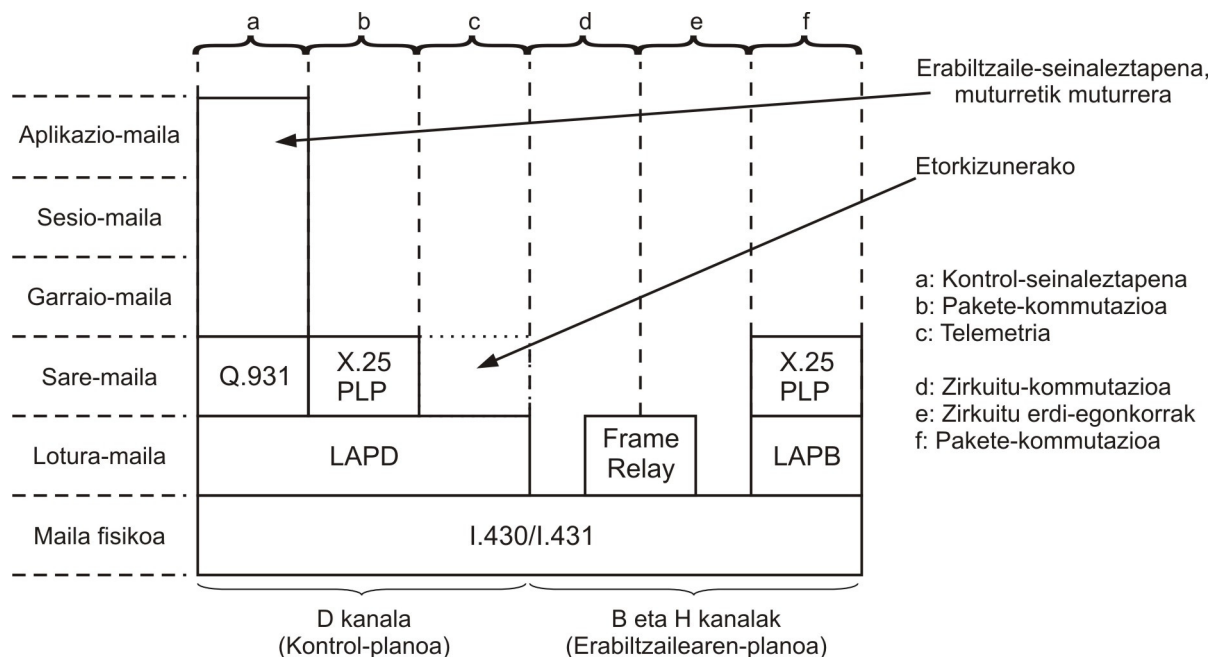
- **2 motako erabiltzaile-terminala (TE2):** ISDNrekin bateragarriak ez diren terminalak dira; adibidez, telefono analogikoak, PC ez-bateragarriak,... Ekipo horiek terminal egokitzzaileak behar dituzte ISDNra konektatzeko.
- **Terminal-egokitzzaileak (TA):** ISDN betetzen ez duten ekipoei ISDNrekiko bateragarritasuna ematen diete.

Erreferentzia-puntuak

- **R:** TE2 eta TA ekipoen arteko interfaze funtzionala da. Fabrikatzaile bakoitzak bere R interfazea defini dezake.
- **S:** TE1 eta NT2 ekipoen arteko komunikazioa definitzen du.
- **T:** NT2 eta NT1 ekipoen arteko interfazea definitzen du. Elektrikoki, S erreferentzia-puntuaren berdina da.

5.4.3.- Protokolo-arkitektura

ISDNn, kanal mota bakoitzerako protokolo-arkitektura bat baino gehiago definitzen dira:



6. irudia. ISDN protokolo-arkitektura.

Ikusten denez, maila fisikoan kanal guztiek protokolo berdinari jarraitzen diote. Oinarrizko sarbideen kasuan, I.430 gomendioari jarraitzen zaio, eta sarbide primarioan, berriz, I.431 gomendioari. Ezberdintasunak maila fisikoaren gainetik daude.

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

D kanalek lotura-mailan LAPD protokoloa erabiltzen dute. D kanalentzat, hiru aplikazio kontsideratzen dira: kontrol-seinaleztapena, pakete-kommutazioa eta telemetria. Hiru aplikazioen ezberdintasuna sare-mailan hasten da. Kontrol-seinaleztapena B kanaletatik konexio kommutatuak ezarri, mantendu eta askatzeko erabiltzen da, Q.931 gomendioaz (Frame Relay bezala). Pakete-kommutazioa X.25 erabiliz egiten da; kasu honetan, pakete-kommutazioko zirkuitu birtualak D kanalean ezartzen dira. Telemetria-aplikazioak etorkizunerako utzi ziren.

B kanalekin, zirkuitu fisiko kommutatuak, zirkuitu fisiko erdi-iraunkorrek eta paketeen kommutazioa egin daiteke. Zirkuitu fisiko kommutatuetan, konexio bat ezarri behar da datuak bidaltzen hasi baino lehen. Konexioaren ezarpen eta kontrola D kanalean egingo da LAPD bidez. Zirkuitu erdi-iraunkorretan, berriz, ez da konexiorik ezarri behar, kontratazio unean ezarria geratzen delako. Zirkuitu fisikoetatik (kommutatu zein erdi-iraunkorretan) Frame Relay teknologia erabil daiteke.

5.4.3.1.- Maila fisikoa

Aurreko 5. irudian azaltzen denez, maila fisikoan erabilitako protokoloak kontratatutako transmisio-egituren arabekoak dira.

- **Oinarrizko sarbidea:** 1.430 gomendioari jarraitzen dio.
- **Sarbide primarioa:** 1.431 gomendioari jarraitzen dio.

5.4.3.2.- Lotura-maila

Lotura-mailan, kanal eta komunikazio motaren arabera, protokolo ezberdinak erabiltzen dira. Erabiltzen diren protokolo guztiak aurreko gaietan ikusi ditugu, LAPD izan ezik, ISDNren berezkoa delako.

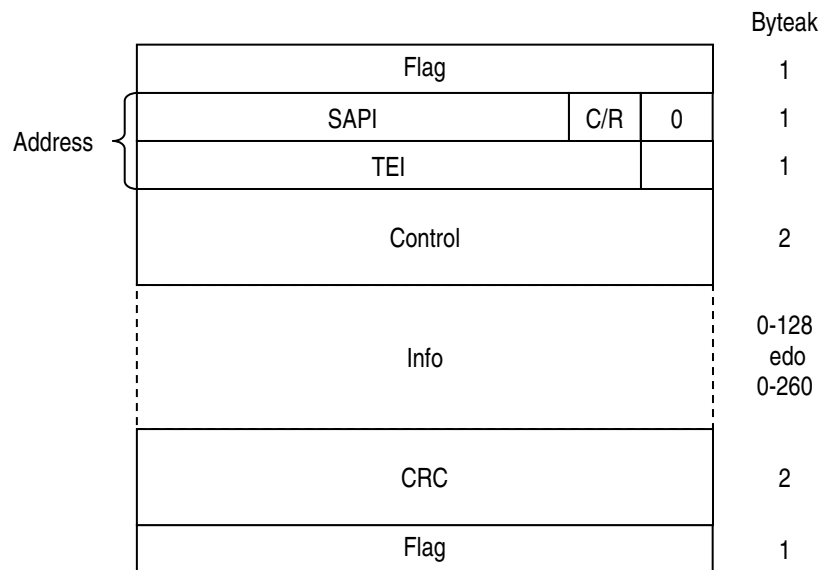
LAPD protokoloa D kanalen lotura-mailan erabiltzen da. LAPD protokoloak datu-transferentzia bi modutara egin dezake, egiaztapenarekin (fidagarria) edo egiaztapenik gabe (fidagarritasunik ez).

Datu-transferentzia egiaztapenik gabe egiten denean, datuak beste muturrera iritsiko diren ez dago bermaturik ez baita fluxu- edo errore-kontrolik egiten. HDLCko trama ez-zenbakiak erabiltzen dira. Erroreen detekzioa txarto iristen diren tramak deuseztatzeko baino ez da erabiltzen.

Egiaztapenarekin egiten bada, berriz, LAPBk eskaintzen duen zerbitzuaren antzekoa eskaintzen da LAPDn. Fluxu- eta errore-kontrola egiten da sekuentzia-zenbakiekin. Beti ere, fluxu- eta errore-kontrol hori LAPD trametan egingo da, hau da, kontrol-planoko trametan bakarrik.

Irudian, LAPD tramen formatua adierazten da:

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)



7. irudia. LAPD formatua.

LAPD tramaren formatua HDLCren antzekoa da. Ezberdintasuna ADDRESS eremuan dago.

LAPDk bi identifikazio-maila hartu behar ditu kontuan helbideratzean. Eta hori hala da erabiltzaile-sisteman hainbat gailu interfaze fisiko berbera erabiltzen aritu daitezkeelako, hau da, terminal ezberdinek ISDN bezero-interfaze bera erabiltzen dute. Terminal bakoitzak zerbitzu bat eskaintzeko balioko du. Hala, LAPDk helbide-eremua bi zatitan banatzen du; zati bat ISDN bezero-interfazea identifikatzekoa da (TEI), eta bestea, berriz, zerbitzua (zerbitzua ematen duen terminala) identifikatzekoa (SAPI). SAPI zenbakiak, azken batean, LAPDren gaineko 3. mailako erabiltzailea identifikatzen du.

5.4.3.3.- Sare-maila

Sare-mailan, lotura-mailan gertatzen zen bezala, protokolo ezberdinak ematen dira, kanal mota eta komunikazio motaren arabera. Erabiltzen diren protokolo gehienak ezagunak dira, kontrol-seinaleztapenerako erabiltzen den Q.931 izan ezik.

Q.931 protokoloak B kanaletan ezartzen diren konexioak kontrolatzeko prozedurak zehazten ditu. Prozedura horiek D kanal batean gertatuko dira.

Telefono-dei bat ezartzeko, adibidez, X.25 PLP protokoloan ematen zirenen antzeko mezuak definitzen dira (Frame Relayn ikasitako SETUP-CONNECT mezuak).

5.4.4.- ISDN zerbitzuak

ITU-Tren I.200 serieko gomendioek, *zerbitzuaren gaitasunak* deritzenek, ISDNk eskainitako zerbitzuen sailkapen eta deskribapena ematen dute.

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

ITU-Tk hiru zerbitzu mota definitzen ditu:

- **Garraio-zerbitzuak:** Informazioa garraiatzea ahalbidetzen dute, denbora errealean eta mezuetan aldaketarik egin gabe (OSIren 1-2 edo 3 mailak). Gaur arte, ITU-Tk 11 garraio-zerbitzu definitu ditu. Lehen lau zerbitzuek 64 kbps-ko abiadura eskaintzen dute. Hurrengo hirurek, berriz, 384, 1536 eta 1920 kbps-ko abiadurak eskaintzen dituzte.
- **Telezerbitzuak:** Informazioa garraiatzeaz gainera, prozesatu ere egiten dute. Garraio-zerbitzuak erabiltzen dituzte garraioa egiteko, eta goi-mailako (OSIren 4-7 mailetako) beste funtzio batzuk, prozesamendurako.
- **Zerbitzu osagarriak:** Izenak adierazten duen bezala, beste zerbitzu moten osagarriak dira. OSI-ren 4-7 mailetan gertatzen dira.

5.5.- ATM

ITU-Tk ATM estandarra B-ISDNren estandarizazioaren zati gisa abiarazi zuen. B-ISDN (Banda Zabaleko ISDN) abiadura primarioa baino handiagoa eskatzen duten zerbitzuak emateko sortu zen (bereizmen handiko bideoa, bideo-hitzaldia, fitxategi handien transferentzia...).

ATM Forum izeneko erakundeak ITU-Tren ATM estandarra sare publiko eta pribatuetan erabili ahal izateko eraldatu zuen, eta, gaur egun, B-ISDNtik kanpo erabiltzen da.

ATM, Frame Relay bezala, Fast Switching teknologia kontsideratzen da. Datu-transferentzia zati diskretu bidez egiten du ATMk, hau da, informazio-fluxua tamaina finkoa duten paketetan antolatzen du, *cell* edo *gelaxka* deritzenak. Konexioa darabilen gelaxka-kommutazioa gauzatzen du. Gelaxkak tamaina finkoko pakete gisa uler daitezke, beraz.

Gelaxken tamaina erabakitzeko, bi beharrezkoen artean konpromisoa bilatu behar izan zen. Alde batetik, tamaina txikia denbora errealeko zerbitzuetarako (atzerapen txikia eta konstantea behar dutenentarako) egokiena da. Bestetik, tamaina handia gelaxka bakoitzean datu gehiago bidali ahal izateko da egokia. Tamaina finkoa izangoenez, kommutazioa ere oso azkarra eta sinplea izatea lortzen zen, atzerapen konstantearekin. Horregatik, tamaina txikia izatea ere erabaki zen, denbora errealeko zerbitzuen beharrezkoak guztiz betetzeko. Datu-transferentzia handietan gelaxka gehiago bidali behar badira ere, atzerapen txiki eta konstantea izaten jarraituko dute. Fluxu- eta errore-kontrolerako ere bit gutxi erabiltzen dira, eta abiadura handietan lan egin daiteke.

ATM teknologiarekin, zirkuitu ezberdinetako gelaxkak lotura fisiko berean multiplexatzen dira, multiplexazio estatistikoaren antzeko teknika batez. Horrela, hainbat abantaila lortzen dira:

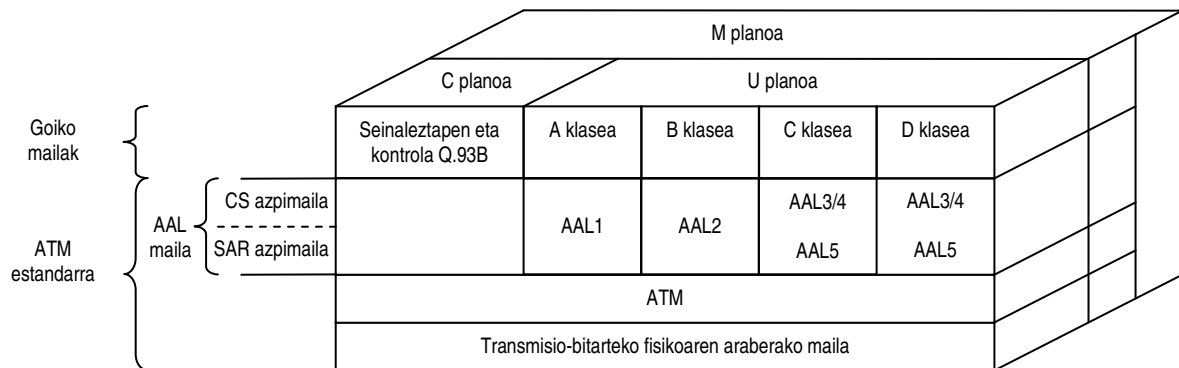
- Banda-zabalera ondo aprobetxatzen da, beharrezkoen arabera (ez dago elementu fisikoen erreserbak dakarren galerarik).

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

- Lotura berean, trafiko mota ezberdinak garraiatzen dira (ahotsa, irudia, datuak).
- Atzerapen minimo, konstante eta aurretik jakinak lortzen dira.

5.5.1.- ATM erreferentzia-eredua

ATMren erreferentzia-eredua hau da:



8. irudia. ATM erreferentzia-eredua.

ATM erreferentzia-ereduan ere 3 plano bereizten dira:

- **C plano** (kontrol-planoa): konexioak kontrolatzeko funtzioez arduratzen da.
- **U plano** (erabiltzaile-planoa): erabiltzailearen datu-transferentziaz arduratzen da.
- **M plano** (kudeaketa-planoa)

5.5.1.1.- Maila fisikoa

Maila fisikoan interfaze asko definitzen dira:

- 100 Mbps 4B/5B kodetzeaz, FDDI eskema fisikoarentzat.
- 155 Mbps 8B/10B modu anitzeko zuntzerako.
- STP eta UTP pare bihurrituetako kabletarako proposamenak.

Azken batean, maila fisikoak ATM mailari gelaxka egituratuak garraiatzeko transmisio-bitartekoak ematen dizkio.

5.5.1.2.- ATM maila

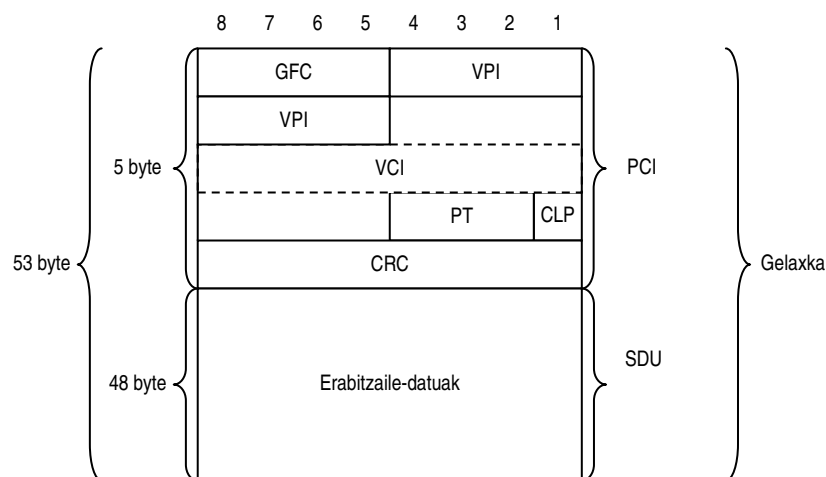
Gelaxken egitura eta gelaxkak konexio logikoetan nola garraiatzen diren definitzen du. Multiplexazio estatistikoa erabiltzen da maila honetan (pakete-kommutazioan bezala, azken batean, gelaxkak tamaina finkoko PDUak baitira).

ATMn, VPC (*Virtual Path Connection*, bide birtualeko konexioa) eta VCC (*Virtual Channel Connection*, kanal birtualeko konexioa) kontzeptuak definitzen dira. VCCek ATM sarea darabilten muturretako erabiltzaileak komunikatzen dituzte. ATM sareko erabiltzaile berdinaren arteko VCCak VPCetan biltzen dira, jatorri eta helmuga bereko zirkuitu asko ezarri direnean. Zirkuituen kanal-zenbakiak VPI-VCI identifikatzaileetan zatitzen dira, eta VPC berdinako guztiek VPI berdina, baina VCI ezberdina, dute. Hala, VPC barruko nodoetan, nahikoa izango da VPI balioarekin bakarrik konmutatzea; muturretako erabiltzaileen lana izango da VClen arabera konmutazioa egitea dagokion muturrean. ATM sareko nodoen arteko loturetan, VPI eta VCI identifikatzaileek esanahi lokala dute, ISDNn (eta X.25en) gertatzen den modura.

ATM konmutadoreetan konexio-taulak egongo dira, sarrerako portu eta VPI-VCI balioak irteerako portu eta VPI-VCI balioekin erlazionatzen dituztenak. VPC konmutazioa bakarrik egin behar dutenean, VCI balioak hutsik egongo dira. VCC konmutazioa egin behar dutenean, berriz, VPI-VCI balio guztiak beharko dituzte. Sare barruko nodoetan VPC konmutazioa egitea nahikoa izanda ere, kasu batzuetan (X.25en bezala), konmutazioa kanalzenbaki osoarekin egiten da, hau da, VPI-VCI balioen arabera (VCC konmutazioa). Sarbide-sareko nodoetan datuak helmugetara konmutatzeko, beharrezkoa izango da VCC konmutazioa egitea.

ATM gelaxken formatuari dagokionez, bi formatu daudela esan behar da: bata, erabiltzailearen eta ATM sareko sarbide-nodoaren arterakoa (sarbide-sarekoa), eta bestea, berriz, ATM nodoen arterakoa (sare barrukoa). Bi formatuen arteko ezberdintasuna gelaxken buruan dago. Izan ere, gelaxkek 5 byteko burua (PCIa) dute, eta 48 byteko datuetarako eremua.

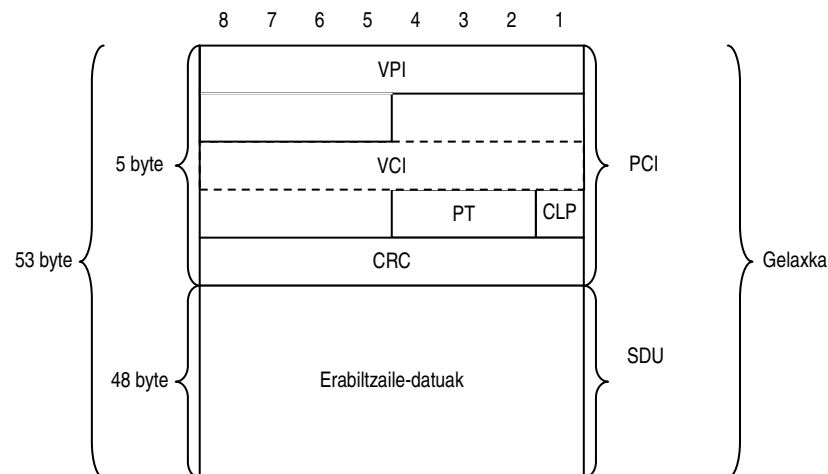
- **UNI** (sarbide-sarean):



9. irudia. UNI buru duen PDUa.

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

- **GFC:** Fluxua kontrolatzeko eremua. Lehenetasun-sistema batekin egiten da fluxu-kontrol hori. 0 balioa lehenetasun baxuena da.
 - **PT:** Datuen eremuan doazen datuak zer motatakoak diren adierazten du.
 - **CLP:** Sareari kongestio-kasuan zein gelaxka deuseztatu adierazteko balio du. 0 balioak gelaxkak gorenko garrantzia duela adierazten du, eta beraz, ezin dela deuseztatu beste aukerarik geratzen den bitartean.
- **NNI (sare barruan):**



10. irudia. NNI buru duen PDUa.

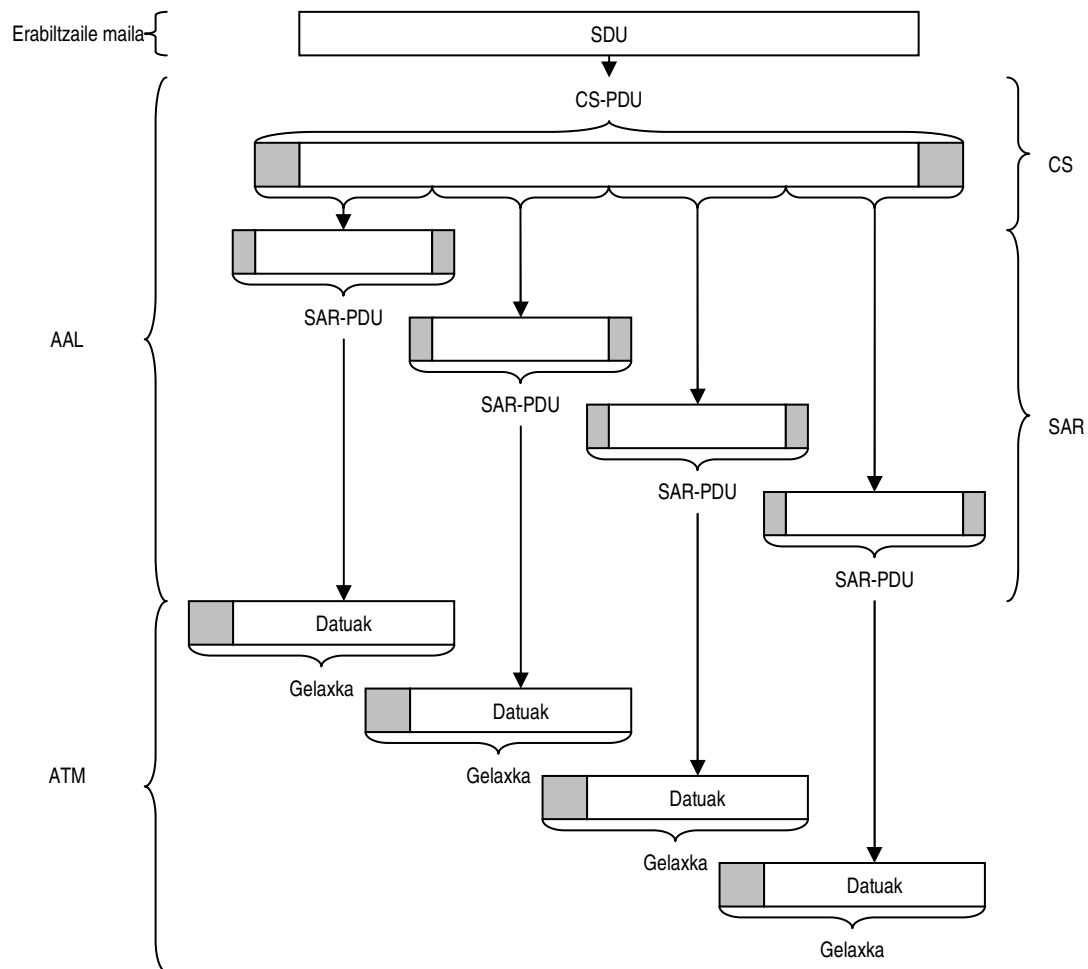
5.5.1.3.- ATMra egokitzeko maila (AAL)

ATM sarea darabilten zerbitzuentzat, gelaxken transmisioa eta konmutazioa modu gardenean egin behar da. Gardentasun hori lortzeko, erabiltzaileari eskaintzen zaizkion zerbitzu klaseen eta ATM gelaxketan oinarritutako zerbitzuaren arteko egokitzea egiten ditu AAL mailak.

AAL maila bi azpimailatan zatitzen da. ATM mailaren gainekoak, SAR (*Segmentation And Reassembly*, segmentazioa eta birmuntatzea) azpimaila izena du. Haren gainekoak, berriz, CS (Convergence Sublayer, konbergentzia-azpimaila).

Datuen transmisioa nola gertatzen den, irudian ikusten da:

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)



11. irudia. Informazio-egituren erlazioak, ATMn.

Transmisioan, goiko mailetako protokoloek SDUa pasatzen diote azpiko AAL mailako CSri. Azken horrek jasotako SDUari buru bat eta amaiera bat gehitzen dizkio, CS-PDU bat eratuz. CS-PDU horien egitura, AAL mailan erabiltzen den protokoloaren arabera izango da.

CS-PDUak gaineko mailatik SDUko byteak iristen diren heinean sortzen dira, hau da, ez da beharrezkoa izango SDU osoa jasotzea, CS-PDUa sortzen hasi eta zuzenean SARera bidaltzeko. SDUko lehen bytea iristen denetik, CSn burua jarri eta SARera pasatzen da, han 48 byteko SAR-PDUak eratzeko. SAR-PDU horiek ATM mailako gelaxketan datuen eremuan sartzen dira.

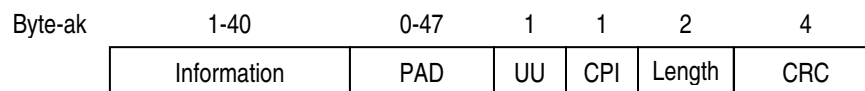
AAL mailak bere gaineko mailari zerbitzua emateko, hasiera batean ITU-Tk lau protokolo definitu zituen, AAL1, AAL2, AAL3 eta AAL4. Protokolo horietako bakoitzak bi zati ditu, bata CS azpimailarako eta bestea, berriz, SARerako. Geroago, 3 eta 4 protokoloak baturik, AAL3/4 protokoloa eratu zen, eta AAL5 protokolo berria definitu zen. Egia esan, AAL3/4 ez da ia erabiltzen, AAL5 haren eboluziotzat hartzen delako.

Protokolo bakoitzak 48 byteko SAR-PDUa sortzen du SAR azpimailan, eta zenbait formatu daude.

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

AAL5 datu kopuru handiak transmititzeko definitu zen. Haren erabilera-adibide bati “**ATM gaineko IP**” deritzo. AAL5ekin, beraz, luzera aldakorreko IP datagramak ATM bidez transmititzen dira.

AAL5 protokoloaren CS-PDUak kontrol-informazioko eremuak amaieran ditu, hau da, CS-PDUaren buruan ez dago kontrol-informazioko eremurik. AAL5en CS-PDUaren egitura hau da:



12. irudia. AAL5 CS-PDU.

- **Information:** Erabiltzaile-datuak sartzeko eremua; hau da, gaineko mailatik jasotako SDUa sartzekoa.
- **PAD:** CS-PDUak 48 byteko multiploa den tamaina izan dezan erabiltzen da. Izan ere, AAL5 protokoloaren SAR-PDUan ez da kontrol-informazioko eremurik definitzen. Horregatik, beharrezkoa izango da 48 byteko multiplo diren CS-PDU tamainak lortzea, azpiko SARean, 48 byteko SAR-PDUak eratzeko.
- **CPI:** Beste eremuen interpretazioa nola egin zehazten du. Gaur egun, interpretazio bakarra da posible.
- **Length:** Information eremuaren luzera adierazten du.
- **CRC:** Errore-detektziorako. Information eremua eta beste kontrol-eremu guztiekin kalkulatu da.

ATM gaineko IP_n, jatorrian ATM sarean zehar zirkuitu bat ezartzen da, iraunkorra edo birtuala izan daitekeena, eta AAL5 erabiltzea zehazten da. Jatorrian, IP datagrama AAL mailako AAL5 entitateari pasatzen zaio, eta horrek IP datagramarekin CS-PDUa eratu eta SAR-PDUtan zatitzen du. SAR-PDUak ATM mailan gelaxketan sartzen dira, eta konexiotik bidaltzen dira. Helmugan gelaxkak jaso eta SAR-PDUak ateratzen dituzte bakoitzetik. SAR-PDUak AAL mailan birmuntatu, eta CS-PDUa eratzen da. CS-PDUtik IP datagrama atera eta gaineko IP mailari pasatzen zaio.

Benetako inplementazioetan, ATM maila OSIren lotura-mailakoa kontsideratuko litzateke, eta haren gaineko sare-mailan pakete-kommutazioko beste protokolo batzuk erabili ahalko lirateke, ez IP bakarrik. Frame Relay bezala, zirkuitu birtualak lotura-mailako elementuak dira, eta kommutazioa maila horretan geratzen da, beraz.

ATMn zirkuitu birtual beretik sare-mailako protokoloetako paketeak transmititzea eta elkarren artean bereizi ahal izatea ahalbidetu behar da. Horretarako, bi aukera daude:

- Bi muturretan zirkuitu birtuala protokolo bakarrerako erabiltzea erabakitzea. Protokolo bakoitzerako zirkuitu birtual bat ezarri beharko litzateke, eta horrek denboran. kostu handia dakar.

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

- CS-PDUaren datuen eremuko bytetan paketea zein protokolori dagokion adieraztea erabakitzea. LLC/SNAP burua izeneko egitura bat definitua dago, 8 bytekoa (gai honen amaieran aztertuko da). **ATM gaineko IPn**, LLC/SNAP buruan, AAL5eko CS-PDUko datuen eremuan IP datagrama bat bidaltzen dela adierazten da.

ATMn makina bakoitzari helbide fisiko bat ezartzen zaio, zirkuitu birtualak ezarzeko beharrezkoa izango dena. Zirkuitu birtual bat ezartzean, beraz, beharrezkoa izango da helmugaren helbide fisikoa eta IP helbidea jakitea. Aurreko **3.- SARE-MAILA** gaiko **3.3.2.- IP** puntuan azaldu genuenez, ARP protokoloa arduratzen zen IP helbideei zegokien helbide fisikoak lortzeaz, IP IEEE 802 LAN sareetan erabiltzean. ARPren muina helbide fisiko bat galdetzeko mezu bera LAN sareko makina guztietara bidaltzea zen, baina ATMn ezin daiteke horrelakorik egin, ez baitago *broadcasting* (mezu bera makina multzo bati bidaltzea) egiteko modurik. Arazo hori konpontzeko, ATMARP protokoloa erabiltzen da IP mailan. Protokolo horrekin, difusiozko ATM-IP sare bakoitzean zerbitzari-makina berezi bat dago, eta helbide fisiko baten informazioa behar duten makinak horretara konektatu behar dira galdeketa egiteko.

5.5.1.4.- Goiko mailak

ATM mailaren gainekoak ATMren estandarretik kanpo geratzen dira (ATM estandarrek ez ditu zehazten). Kontrol-planoan, seinaleztapen- eta kontrol-zerbitzua adierazten da. Erabiltzaile-planoan, berriz, AAL mailan erabiltzen diren protokoloen araberako zerbitzuak eman behar direla adierazten da.

Erabiltzaile-planoan, lau zerbitzu klase adierazten dira. Zerbitzu horiek eta AAL mailan erabili beharreko protokoloen arteko erlazioa eta berezitasunak azaltzen dira, taula honetan:

	A klasea	B klasea	C klasea	D klasea
Muturretik muturrerako tenporizazioa	Beharrezkoa		Ez da beharrezkoa	
Bit-tasa	Konstantea	Aldakorra		
Konexioa	Konexioarekin			Konexiorik gabe
ALL protokoloa	AAL1	AAL2	AAL3/4, AAL5	

2. taula. ATM darabilten aplikazioen klaseak.

5.5.2.- Trafiko- eta kongestio-kontrola

Frame Relayn gertatzen zen modura, trafiko- eta kongestio-kontrolerako teknikak oso garrantzitsuak dira ATMn, baina ATMn zailtasun handiak daude kontrol horiek egiteko. Zailtasun handiena da gelaxka bakoitzean kontrolerako oso bit gutxi erabili ahal izatea. Gai hori oso ikertua izan zen, eta hasieran ez zuen lortu adostasun garbirik. Hala, ITU-Tk trafiko- eta kongestio-kontrolerako helburu multzo bat definitu zuen:

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

- ATM mailan trafikoa eta kongestioa kontrolatzeko hainbat zerbitzu-kalitate (QOS) mota definitu beharko dira, erabiltzen diren zerbitzuentzat nahikoak izango direnak.
- Trafiko- eta kongestio-kontrola ez da AAL protokoloen arabera izango.
- Diseinatzen diren trafiko- eta kongestio-kontrolak ez dute sarearen konplexutasuna handitu behar.

Trafikoa kontrolatzeko estrategiaren oinarria konexio zehatz bat ezar daitekeen ala ez erabakitzean datza, eta konexio horretan hainbat prestazio onartuko dira. Horrela, sareak konexio batean trafiko-bolumen bat onartuko du, eta konexioa egiten duen erabiltzaileak bolumen hori ez gainditzeko konpromisoa hartzen du. Trafikoaren kontrola horrelakoa izateak kongestio-egoeren prebentzioa dakar. Trafiko-kontrolak huts egiten badu, baina, kongestioa gerta daiteke. Kongestioa kontrolatzeko estrategiak erabili beharko dira orduan.

5.5.2.1.- Trafiko-kontrola

Trafiko-kontrollean, ATM konexioetako QOSa mantentzeko hainbat funtzio definitu ziren:

- **Sareko baliabideen kudeaketa:** VPC bakoitzarentzat baliabideen erreserba egitean datza. Baliabide horiek VPCko VCCen artean partitzen dira.
- **Konexioen onartze-kontrola:** Erabiltzaile batek VPC edo VCC berri bat ezarri nahi duenean, sareak eskaintzen dituen QOS multzo batetik bat aukeratzen du, beraren trafikoaren ezaugarriei ondo datorkiona. QOS hori mantentzeko bidezake bakarrik onartuko du konexioa ezartzea sareak. Konexioa ezartzen denean, sareak QOS hori emango du erabiltzaileak ezarpenean adierazitako trafiko-zehazpenak betetzen dituen bitartean.
- **Erabiltze-parametroen kontrola:** Jadanik ezarrita dauden konexioetan, erabiltze-parametroak kontrolatzeko funtzioek trafikoa kontratuan zehazturikoarekin bat datorren gainbegiratzen dute.
- **Lehentasun-kontrola:** Lehentasun txikiko eta handiko gelaxkak ezberdintzean datza. Kongestioa gertatzeko arriskua dagoenean, lehentasun txikiko gelaxkak deuseztatzen dira, gorenekoak babesteko.
- **Baliabide azkarren kudeaketa:** Une labur bat irauten duen trafiko-bolumenaren gorakada onartzean datza. Adibide bat informazio-bloke handi baten transmisioa izango litzateke. Erabiltzaile batek denbora labur batez kontraturiko QOSa gainditu behar badu datu kopuru handi bat bidaltzeko, eta sareak kontsideratzen badu zirkuituko baliabideek informazio-blokeak eskatutako gaitasuna badutela, baliabide horiek erreserbatu eta transmisioa egiteko baimena emango du. Informazio-bloke "bereziaren" ondoren, kontraturiko trafiko-bolumenera itzultzera behartzen da.

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

5.5.2.2.- Kongestio-kontrola

Kongestio-kontrolarekin ATMk kongestioen sakontasuna, hedadura eta iraupena txikitzen ditu.

- **Gelaxken ezeztapen selektiboa:** Lehentasun-kontrolaren antzekoa da. Lehentasun-kontrolan, lehentasun baxuko gelaxkak kongestioa gerta ez dadin ezeztatzen dira. Kongestioa gertatzean, gelaxken ezeztapen selektiboarekin konexioaren ezarpenean zehaztutako trafiko-mailak gainditzen dituzten gelaxka guztiak ezeztatzen dira.
- **Kongestioaren jakinarazte esplizitua, aurreraka:** Frame Relayn egiten den funtzio berdina da.

5.6.- INTERNET

Internet elkarrekin loturik dauden eta TCP/IP arkitektura estandarrari jarraitzen dioten makina guztien multzo gisa defini daitezke. Aurreko **1.- DATU-SAREAK** gaiko 19. irudia. TCP/IP Arkitekturako Protokoloen eskema irudian azaltzen denez, TCP/IP arkitekturako sareko interfaze-mailan, loturaren araberrako protokoloak erabiltzen dira (TCP/IP estandarrak zehazten ez dituenak). Horrenbestez, sareko interfaze-maila horren helburua da bere trametan IP datagramak (IP entitatearentzat) eta ARP eta RARP eskaera eta erantzunak (ARP eta RARP entitatearentzat) garraiatzea.

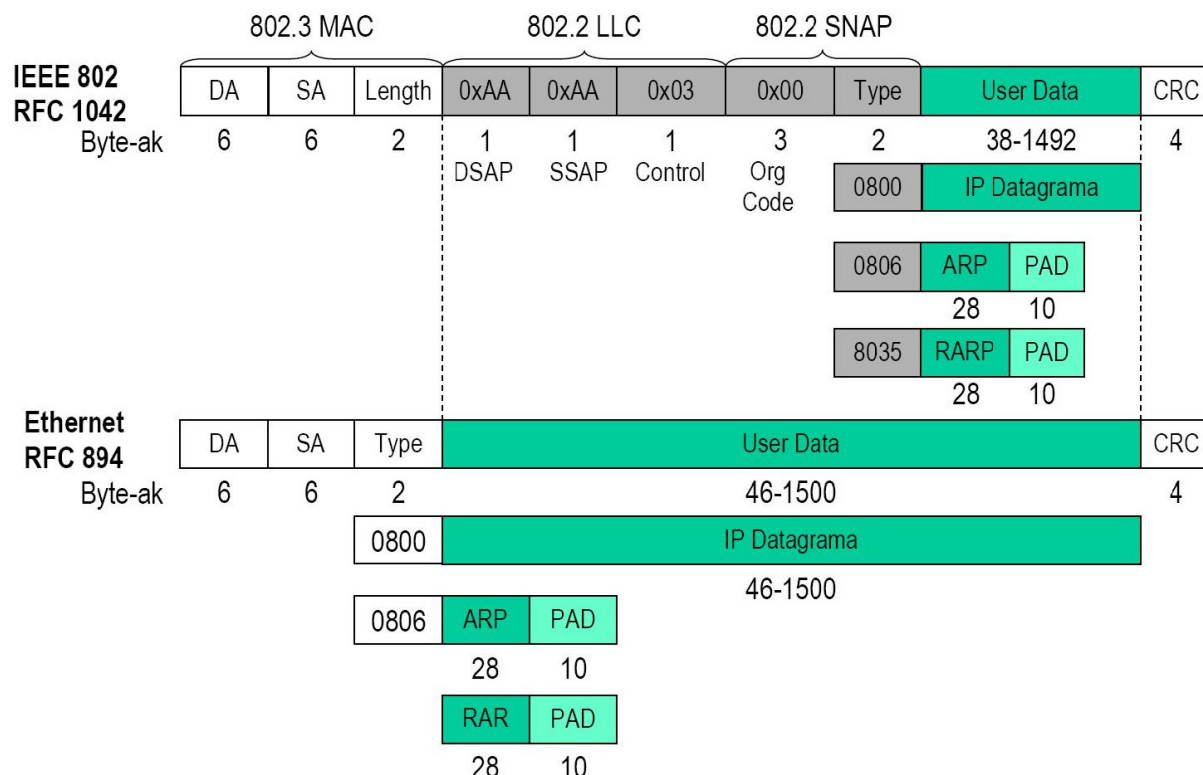
Sareko interfaze-maila horrek OSI ereduiko maila fisiko eta lotura-mailak hartzen ditu (gai bereko 20. irudia. OSI eta TCP/IP Arkitekturen mailen arteko alderaketa irudia). Atal honetan, Interneten erabiltzen diren sare-interfazeko mailak ikusiko ditugu.

5.6.1.- Ethernet eta IEEE 802 kapsulazioak

Gaur egun, Ethernet eta IEEE 802 sareak TCP/IPrekin erabiltzen dira gehienbat. Aurreko **4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)** gaiko **4.5.- ETHERNET SAREA. IEEE 802.3** puntuan ikusi genuenez, Ethernet eta IEEE 802 arauetako tramek formatu ezberdina dute.

LAN sare horietan IP datagramak azpiko sare-interfazeko trametan kapsulatzen dira. Kapsulazio hori egiteko modua RFC 894 dokumentuan agertzen da Ethernet sareen kasurako, eta RFC 1042 dokumentuan IEEE 802 LAN sareen kasurako.

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)



13. irudia. Ethernet eta IEEE 802.3.

Aurreko irudian azaltzen denez, bi tramen formatuek 48 biteko helmuga- eta jatorri-helbide fisikoak erabiltzen dituzte.

Hurrengo bi bytek zentzu ezberdina dute arau bakoitzean. IEEE 802 kasuan, *Length* eremua osatzen dute, eta eremu horren ondoren eta amaierako CRC eremua arte zenbat byte dauden adierazten dute. Ethernet kasuan, berriz, *Type* eremua osatzen dute, eta eremu horren ondoren eta amaierako CRC eremua arte dauden byteak zein datu-motatakoak diren adierazten dute. IEEE 802 kasuan, *Type* eremua 802.2 SNAP zatian suertatzen da. IEEE 802 kasuko *Length* eremuak har ditzakeen balio posibleen artean (tramaren tamaina maximo eta minimoak protokoloan zehaztuta daude), ez dago Ethernet kasuko *type* eremurako balio berdinek; horrela, eremu horiek osatzen dituzten balio horiek ikusirik, jakin dezakegu zein trama-formaturekin ari garen lanean.

IEEE 802 trametan, bidali beharreko IP datagramak 38 bytekoak izan behar dute gutxienez eta 1492 bytekoak gehienez. Etherneten kasuan, berriz, datagramen luzera minimoa 46 bytekoa eta maximoa 1500 bytekoa da.

Kontuan izan behar da datagrama IP mailatik LLC azpimailara pasatzean SNAP izeneko protokolo batek datagrama zein motatakoa den bereizten duela LLC protokoloari eman baino lehen. 802.3 protokoloan mezu mota adierazten duen eremurik ez dagoenez, SNAP protokoloak eremu batzuk erabiltzen ditu informazio hori traman sartzeko. Etherneten kasuan, *Type* eremua dela eta, ez da SNAPen eremu berezirik behar; izatez, jatorrizko Etherneten ez ziren LLC eta SNAP erabiltzen.

IEEE 802.4 eta 802.5 kasuetan, LLC eta SNAP beti erabiltzen dira.

5.6.2.- SLIP

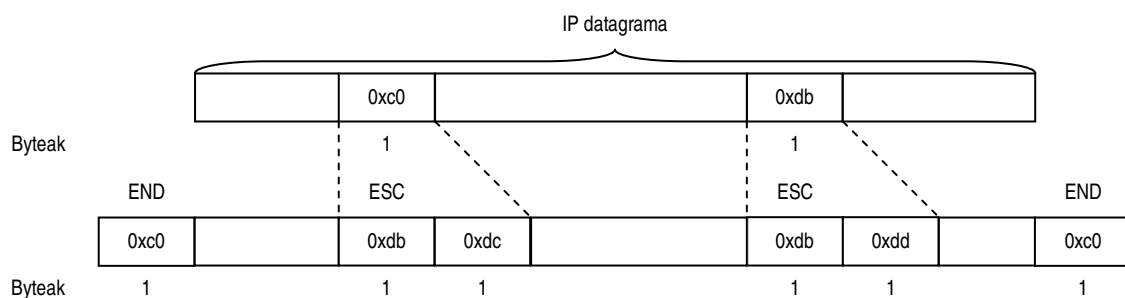
SLIP (*Serial Line IP*, serie-kableentzako IP) protokoloak ordenagailu batek IP protokoloa serie-kable batean (telefonoaren kablea, adibidez) erabiltzea ahalbidetzen du. Ordenagailu hori, beraz, ez da LAN sare baten bidez konektatzen Interneteko sarbidera, zuzenean baizik. Horregatik, puntutik punturako protokolo bat dela esaten da. Oro har, sarbide-sarean erabiltzen bada ere, sare barruan ere erabil daiteke.

IP datagramak serie-kableetan kapsulatzeko modu sinplea da SLIP. Etxeetako ordenagailuak Internetera konektatzeko modurik erabiliena bilakatu zen. Ez da *de jure* estandar bat, *de facto* modukoa baizik, eta implementazio ezberdin asko daude, horrek dakartzan eragozpenekin.

SLIP kapsulazioaren oinarriak hiru dira:

- IP datagrama END izeneko karaktere berezi batekin (0xc0) amaitzen da. Normalean, kablean gerta litekeen zarata datagramako parte gisa interpretatua izan ez dadin, datagrama guztien hasieran ere END karaktere hori erabiltzen da.
- IP datagrama barruan END karakterearen berdina den byte bat gertatuko balitz, byte hori 0xdb-0xdc byte bikotearekin ordeztuko litzateke. 0xdb karaktereari SLIP ESC karakterea deritzo. Ez da, beraz, bit stuffing moduko prozesamendurik behar.
- IP datagramaren barruan byte batek SLIP ESC karakterearen balio berdina balu, byte hori 0xdb-0xdd bytekin ordeztuko litzateke.

Hori guztia, irudi honetan ikusten da:



14. irudia. SLIP kapsulazioa.

SLIP kapsulazioak baditu hainbat hutsune:

- Loturako bi muturrek elkarren IP helbideak jakin behar dituzte (finkoak izan behar dute, ezin dira software automatiko batekin aldatu). Ez dago lotura prestatzeko faserik; beraz, ez dago modurik mutur batek besteari bere IP helbidea zein den adierazteko.
- Ez dago informazio mota zein den adierazten duen eremurik. Horrek esan nahi du serie-kable bat SLIP protokoloarekin erabilia izaten ari bada ezin daitekeela beste protokolo batentzat erabili aldi berean.

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

- Ez dago errore-detekziorako eremurik (CRC, CHECKSUM edo FCS). SLIP protokoloaren gaineko protokoloek arduratu beharko dute erroreak detektatzeaz.
- Ez dago loturaren kontrola egiteko prozedurarik (ezarpena, askatzea,...).
- Lotura fisiko asinkronoentzat bakarrik definitzen da (erlojurik gabe).
- Ez du konpresiorik egiten.

5.6.3.- Konprimatutako SLIP (CSLIP)

SLIP kableak abiadura txikikoak izaten dira, baina, aldi berean, trafiko interaktiborako erabiltzen dira. Horrek esan nahi du TCP/IP arkitektura batean SLIP kablean TCP segmentu txiki asko transmititzen direla. Aplikazio-mailako byte bakarra transmititzeko, TCP buruko 20 byte eta IP buruko beste 20 behar dira; hau da, SLIP protokoloari iritsiko litzaizkiokeen 41 byteetatik, bakarra da benetan aplikazio-datua.

Egoera hori ikusirik, SLIP protokoloaren bertsio berri bat atera zen, CSLIP (*Compressed SLIP*, Konprimatutako SLIP) izenekoa. CSLIP protokoloak 40 byteko TCP-IP buruak 3 edo 5 byte izatera laburtzen ditu. Horretarako, kontuan hartzen du 40 byteko buru horiek gutxitan aldatzen direla komunikazio berean, eta, aldatzen direnean ere, aldaketa txikiak izaten dituztela. Lortutako 3 edo 5 byteko buru berri horiekin, erantzun interaktiboan abiadura asko handitzen da.

5.6.4.- PPP

PPP (*Point-to-Point Protocol*, puntutik punturako protokoloa) protokoloak ere ordenagailu bat sare batera (Internetera, adibidez) konektatzen du zuzenean, serie-kable bat erabiliz.

PPP eta SLIP protokoloen arteko ezberdintasun nagusiak PPPk loturaren prestakuntza, errore-detekzioa eta datu-konpresioa egitea dira. Gainera, PPP Interneteko protokolo ofizial bat da (*de jure*), eta SLIP, berriz, ez.

Hala ere, SLIPen erabilera hedatuagoa izan zen hasiera batean, lehenago sortu zelako eta doako hainbat software-bildumatan banatu zelako.

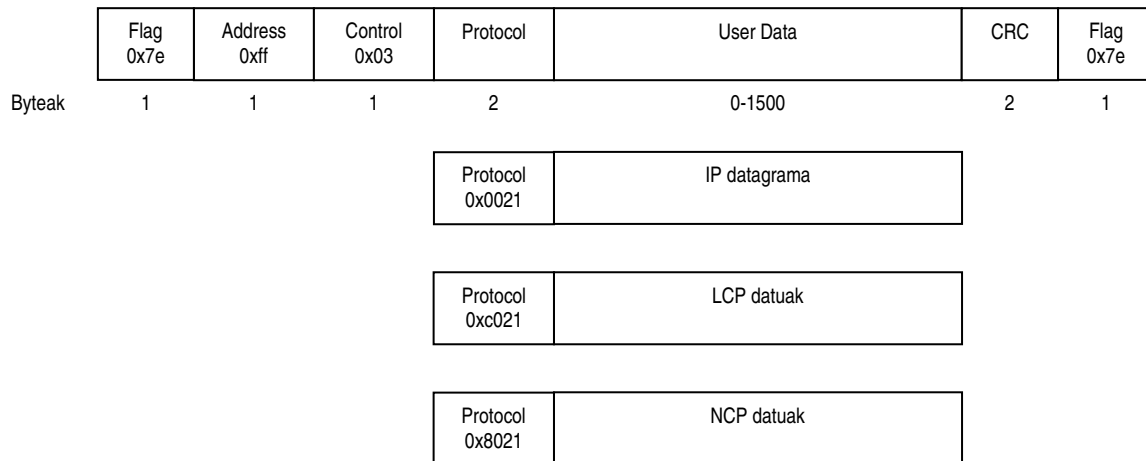
PPP protokoloak hiru osagai nagusi ditu:

- IP datagramak serie-kableetan kapsulatzeko metodoa. Lotura fisiko asinkrono edo sinkronoetan erabil daiteke.
- LCP (*Link Control Protocol*, lotura kontrolatzeko protokoloa): Lotura ezarri, konfiguratu eta frogak egiteko prozedurak biltzen dituena.

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

- NCP (*Network Control Protocol*, sarea kontrolatzeko protokoloa): Sare-mailako protokoloak zehaztu eta erabili ahal izateko. Izan ere, PPP protokoloaz sare-mailako protokolo asko batera erabil daitezke, kable berean.

PPP protokoloaren trama-formatua HDLCren antzekoa izateko pentsatua izan zen. Irudian, PPP tramen formatua agertzen da:



15. irudia. PPP tramak.

Aurreko irudian ikusten denez, PPP trama bakoitza 0x7e balioa duen *Flag* eremu batekin hasi eta bukatzen da. *Address* eremuan 0xff balioa jartzen da (*broadcast* balioa; puntutik punturako lotura batean egonagatik, ez da zertan sarbide-nodoaren helbide fisikoa jakin), eta *Control* eremuan, berriz, 0x03 balioa.

Ondoren, *Protocol* eremua dago, Ethernet tramako *Type* eremuaren helburu berdina duena. *Protocol* eremu horretan jartzen den balioaren arabera, *Information* eremuan IP datagrama bat, LCP funtzioei dagozkien datuak edo NCP funtzioei dagozkien datuak daudela adierazten da.

0x7e balioa *Flag* eremurako erabiltzen denez, byte hori datuetan agertzen bada, nola edo hala aldatu beharko da, amaierako *Flag* eremuarekin ez nahasteko. Lotura sinkronoetan (erlojuko erreferentzia-seinale bat darabiltenetan) *bit stuffing* deituriko teknika erabiltzen da, aurreko **2.- LOTURA-MAILA** gaiko **2.3.1.- Tramen egitura eta motak** atalean **F** (Flag) eremuaren azalpenean agertu dena. Lotura asinkronoetan (erlojuko erreferentzia-seinalerik ez dutenetan), berriz, SLIP protokoloan egiten zen karaktere-aldaketaren antzekoa egiten da:

- IP mailatik iritsitako datagraman 0x7e karakterea gertatuko balitz, 0x7d-0x5e bi bytekin ordeztuko litzateke PPP tramaren *Information* eremuan sartu baino lehen. 0x7d karakterea PPP protokolo "ihes-karakterea" (ESC) dela esaten da.
- IP mailatik iritsitako datagraman 0x7d karakterea gertatuko balitz, 0x7d-0x5d balioko bytekin ordeztuko litzateke.
- 0x20 balioa baino txikiagoa duten byten aurretik ere ihes-karakterea erabiltzen da. Adibidez, 0x01 karakterea, 0x7d-0x21 byte-sekuentzia moduan transmititzen da, hau da, ihes-karakterea eta, gero, benetako karakterea 0x20 balioa gehituta. Hori

5.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

hala egiten da balio horietako karaktereak ASCII kodeko kontrol-karaktereak direlako; zenbaitetan, serie-kablearen softwareak edo modemek karaktere horiek interpretatu eta modu berezian erabiltzen dituzte. LCP protokoloarekin, karaktere horietatik zein ordeztu behar den adieraz daiteke. Ezer adierazten ez den bitartean, 0x01etik 0x20rako 32 karaktereak ordeztzen dira.

SLIP protokoloarekin gertatzen zen moduan, PPP protokoloa abiadura txikiko serie-kableetan erabiltzen da askotan, non tramako byteak gutxitzeak aplikazio interaktiboentzat garrantzi handia duen. LCPko funtzioen bidez, PPPko hainbat inplementaziok *Flag* eta *Address* eremuak kendu eta *Protocol* eremua byte bakarrera txikitzea ahalbidetzen dute.

Laburbilduz, PPPk abantaila hauek ditu SLIPekin alderatuta:

- Serie-kable batean protokolo ezberdinak erabiltzea ahalbidetzen du, ez IP datagramak bakarrik.
- Errore-detekzioa egin dezake CRC eremuari esker.
- Loturaren mutur bakoitzaren IP helbideen informazioa lortzea ahalbidetzen du, NCP funtzioetako prozeduren bidez. Hala, loturaren muturrek ez dute zertan IP helbide finkorik izan.
- CSLIPen antzeko TCP eta IP buruen konpresioa egin dezake.
- Loturaren ezaugarriak negoziatzeko aukera ematen du LCP funtzioen bidez.

6.- SARE-INTERKONEXIOA

6.1.- SARRERA

Datu-sare bat diseinatzerakoan, sarea osatzen duten baliabide guztien errendimendu eta erabilgarritasunik handiena lortu nahi dira. Hori lortu ahal izateko, beharrezkoa da sarea beste sareekin lotu ahal izatea, beste sare horietako baliabideak eta zerbitzuak ere erabili ahal izateko.

Sare-interkonexioaren (*internetworking*) helburua da modu gardenean eman ahal izatea teknologia ezberdinetako sareak behar dituen komunikazio-zerbitzua. Hala, zerbitzu horiek darabiltzaten aplikazioak diseinatzerakoan, sare bakoitzaren berezitasunak eta presentzia bera ere kontuan izan gabe egin ahalko da.

Aplikazio baten exekuzioan sare batek baino gehiagok parte hartzen dutenean, sare edo sistema ezberdin horiek elkarrekin egiten duten lanari **interkonexio** deritzo, eta interkonektatutako sare ezberdinez osaturiko sareari **intersare** (*internet*). Intersarea osatzen duten sare bakoitzari azpisare deritzo.

Elkarrekin lotzen diren azpisare moten arabera, interkonexio ezberdinak daudela esaten da: LAN-LAN, LAN-WAN, WAN-WAN, LAN-WAN-LAN,...

OSI terminologian esaten da azpisare ezberdinak elkarrekin lotzeko lana **IS** (*Internetworking System*, interkonexio-sistema) delakoek egiten dutela. IS horiek, beraz, sare ezberdinak elkarrekin lotu eta sare horien artean informazioa bidaltzeko gaitasuna dute. IS gailuetan inplementatzen diren OSI mailak interkonexioa gertatzen den mailen arabera izango dira; beraz, IS mota ezberdinak daude. OSI terminologiarekin jarraituz, **ES** gailuak (*End System*, amaiera-sistemak, orain arte *terminalak* deitu ditugunak) informazioaren jatorri edo helmuga diren makinak dira.

Arazoa, beraz, teknologia ezberdinetako sareak elkarrekin lotzean dator. Horrek hainbat zailtasun dakartza, ondoren adierazten direnak:

- Erabilitako transmisio-bitarteko fisikoen arteko ezberdintasuna.
- Sareen abiadura ezberdinak.
- Sare batzuek konexioa darabilte komunikazio-zerbitzua emateko, eta beste batzuk, berriz, ez.
- Sare batzuek emandako zerbitzua fidagarria da, eta beste batzuek ematen dutena, berriz, ez.
- Helbideratzea: sare ezberdinek helbideratze-eskema ezberdinak erabiltzen dituzte.
- Fluxu-, errore- eta kongestio-kontrolak: sare askotan, modu ezberdinean egiten dira, eta, kasu batzuetan, interkonexioa eragozten dute.

6.- SARE-INTERKONEXIOA

- Paketeen tamaina: sare askok paketeen tamaina minimo eta maximo ezberdinak izaten dituzte, eta hori ere kontuan izan behar da interkonexioa ongi egiteko.

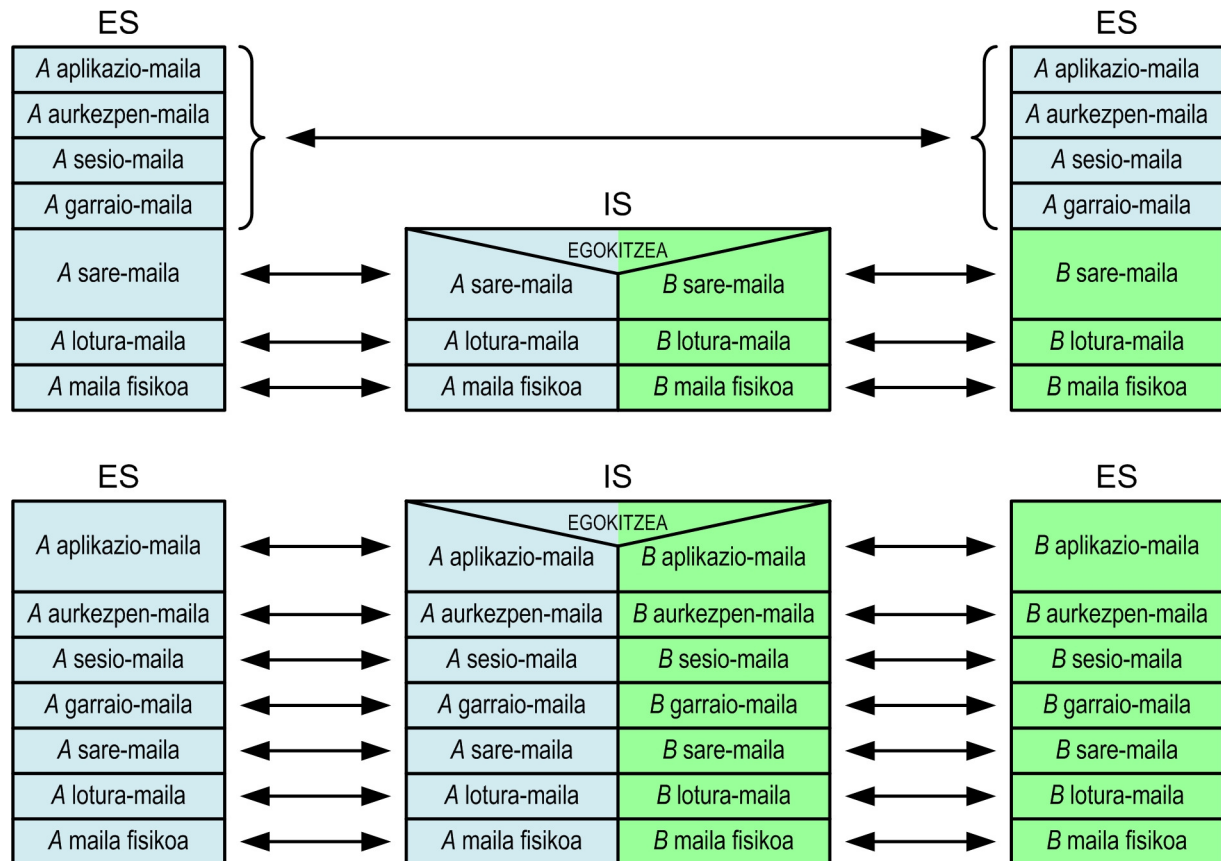
Makinen bidezko komunikazioaren oinarritzko ideia da, maila bateko elkarriketa hitz egiten duten entitateek protokolo berdina darabiltenean bakarrik gertatu ahal izatea. Entitate horiek protokolo berdina ez badarabilte, IS bat beharrezkoa izango da protokoloen ezberdintasunak konpontzeko.

Egokitu behar diren protokoloen mailaren arabera, interkonexioa maila horretan gertatzen dela esaten da. Interkonexioa maila batean gertatzeak interkonexio hori gaineko mailentzat gardena izatea dakar. Horrela, praktikan gertatzen diren interkonexio motak hauek dira:

- Maila fisikoko interkonexioa.
- Lotura-mailako interkonexioa.
- Sare-mailako interkonexioa.
- Maila gorenetaiko interkonexioa.

OSIren arabera, sareen arteko ezberdintasuna sare-maila edo terminal eta gorenetaiko mailetan bakarrik gertatzen da. Horren arabera, sare-mailako interkonexioa eta maila gorenetaiko interkonexioa bakarrik gertatu ahal dira. Maila fisikoko eta lotura-mailako interkonexioak sare-mailako interkonexio motako kasu berezi gisa ulertzen dira OSI, non sare logiko beraren barruko segmentuak maila fisikoan edo lotura-mailan ezberdinak direlako interkonektatu behar diren. Hurrengo irudian, OSIren arabera sare-interkonexioak adierazten dira:

6.- SARE-INTERKONEXIOA



1. irudia. Sare-interkonezioa, OSIren arabera.

OSIren arabera, sare baten bi segmentuek lotura-maila ezberdina badute, adibidez, sare-mailako IS berezi bat erabili beharko lukete, sare-mailan bi segmentuetan erabiltzen den protokolo berdina izango lukeena (1 sare-maila eta 2 sare-maila berdinak izango lirake), eta lotura-mailan segmentu bakoitzarena.

Gaur egun, interkonezioarako gailuak egiten dituzten fabrikatzaileek ez diote OSI arauari beti jarraitzen, eta maila fisikoko eta lotura-mailako interkonezioak sare-mailakoaren kasu berezi bezala kontsideratu gabe, maila horietan interkonezioa egiten duten gailuak saltzen dituzte, interkonezio-mailaren gaineko mailarik ez dutenak. Hala, lehen aipatutako lau interkonezio-motetarako gailuak daude merkatuan.

6.2.- SARE-INTERKONEXIORAKO GAILUAK

6.2.1.- Maila fisikoko interkonezioa

Interkonezioa maila fisikokoan gertatzen denean, interkonezio hori egiten duten gailuek, sarreran jasotako seinalea irteeratik edo irteeratik bidali baino lehen, berriztatu baino ez dute egiten, eta transmisio-bitarteko fisiko ezberdinetarako egokitzea egingo lukete beharrezkoa balitz. Hau da, maila fisikokoan egiten dute lan seinale horiek eratzen dituzten tramak interpretatu gabe.

6.- SARE-INTERKONEXIOA

• **Abantailak:**

- Datuak atzerapenik gabe birtransmititzen dituzte, interkonexio mota honek ez duelako datuen prozesamendu logikorik eskatzen.
- Maila fisikotik gorako mailentzat, gardenak dira. Hala, puntutik punturako lotura batean jarri behar badira, lotura horren bi muturretako makinaren lotura-entitateak ere ez dira haien presentziaz ohartuko, eta lotura horrek puntutik punturakoa izaten jarraituko du entitate (eta makina) horientzat.

• **Desabantailak:**

- Seinalea birsortzean, soinua ere birsortzen dute.
- Difusiozko transmisio-bitartekoetan, transmisio-bitartekoa parti dezaketen nodo kopuruaren mugek berdinak izaten jarraitzen dute. Hau da, hedadura handituta, nodo kopuru berdinentzat izaten jarraitzen dute transmisio-bitarteko horiek.

• **Erabilgarritasuna:**

- Transmisio-bitarteko fisiko ezberdinen arteko bateragarritasun-ezintasuna gainditzeko.
- Estaldura-arazoak konpontzeko.

6.2.1.1.- Errepikagailuak

Errepikagailuen funtzio nagusia sareen hedatze-distantziak handitu ahal izatea da, seinalea elektrikoki birsortuz. Gainera, transmisio-bitarteko fisiko ezberdinen adaptazioa ere egin dezakete.

Bi kategoriatan sailkatzen dira:

- **Lokalak:** portu bakoitzean sare-segmentu ezberdin bat hartzen dutenak, bakarka lan eginez.
- **Urrunak:** (gutxienez) binaka lan egiten dute, elkarrengandik distantzia luzean banaturik dauden segmentuak lotuz. Elkarren artean irrati-komunikatzen dira, eta irrati-eremu horretan ez dute onartzen bestelako nodorik (hau da, irrati-eremua ez da irrati bidezko transmisio-bitartekoa darabilen sare-segmentua).

Errepikagailuen erabilera, sare osoaren distantzia maximoak eta segmentu bakoitzaren distantzia maximoak mugatzen dute. Adibidez, sareko trafiko-kudeaketa arazoak direla eta, Etherneten bi ekipu terminalen artean ezin dira lau errepikagailu baino gehiago jarri.

Erabilera-adibideak:

6.- SARE-INTERKONEXIOA

- Alde batean kable ardazkidea eta bestean pare bihurrituetakoa dituen Ethernet sareko segmentuak lotzeko. Errepikagailu lokala litzateke kasu honetan.
- Gertu dauden bi eraikinetako sare bereko segmentuak elkarrekin interkonektatzeko. Eraikinen artean nodorik egongo ez denez eta kablea jartzea merezi ez duenean, bi errepikagailu urrun jartzen dira, bakoitza eraikin batean.

6.2.1.2.- Hubak

Hubak maila fisikoko interkonexioa egiten duten beste gailuak dira. Errepikagailuek baino portu gehiago dituzte, eta haien helburua sareen kableatua egituratzea da. Hubekin sareko nodo guztien konexio-kableak gailu bakar batean elkartzen dira. Hubek iristen zaizkien seinaleak portu guztietan birsortzen dituzte, LAN batean partitutako transmisio-bitarteko fisikoa emulatuz. 10Base-T konfigurazioan erabiltzen dira, adibidez.

Hubek, helburu nagusizat ez badute ere, transmisio-bitartekoen arteko adaptazioa ere egiten dute (adibidez, kable koaxialen eta zuntz optikozko kableen artekoa). Ia transmisio-bitarteko guztien arterako hubak daude. Gaur egun, gainera, gero eta funtzio gehiago gehitzen dira hubetan; adibidez, urruneko kudeaketa.

6.2.2.- Lotura-mailako interkonexioa

Kasu honetan, azpisareen artean egokitu beharreko protokoloa MAC protokoloa da. Interkonexio mota hau egiten duten gailuek, beraz, lotura-mailan egingo dute lan. Sare-mailan interkonektatzen diren azpisareek sare logiko berdina osatuko dute (helbideak sareka ematen diren protokoloetan, azpisare bakoitzak sare-helbide berdina izango luke, sare osoarena).

Lotura-mailako interkonexioa egiten duten bi gailu mota daude, *bridgeak* (zubiak) eta *switchak*. Bete beharreko funtzioak hauek dira:

- Iristen diren tramak aztertu eta, azterketa horren arabera, birtransferentzia erabakiak hartu. Tramaren helmuga jatorriaren segmentu berean badago, trama ez da birtransmititzen (trama, helmugaren arabera dagokion segmentutik iritsi da). Bestela, helmugari dagokion segmentutik birtransmititzen da trama.
- Birtransmititze-erabakiak hartu ahal izateko, lotura-mailako ISeK segmentu bakoitzean dauden nodoen helbide fisikoak jakin beharko dituzte. Horretarako, helbide fisikoak eta dagozkien portuak birtransmititze-tauletan gordetzen dituzte.
- Erroreak dituzten tramak ez dituzte birtransmititzen, errore-detekzioa egiten duten lotura-mailako ISeK.
- Lotura-mailako edozein eremurekin egin dezakete tramen filtrazioa, ez bakarrik helmuga edo erroreak kontrolatzeko eremuen arabera. Horrela, jatorriko helbide

6.- SARE-INTERKONEXIOA

fisikoarekin trama bat zein saretatik datorren jakin dezakete eta sare konkretu bateko trama guztiak ezeztatu, edo broadcast edo multicast tramak ezeztatu,...

Birtransmititzea, beraz, MAC azpimailan gertatzen da (tramaren helmugaren arabera). Gaineko maila guztientzat, gardena da.

• **Lotura-mailako ISen abantailak:**

- Interkonexio logikoa beharrezko informazio-prozesamendu minimoarekin egiten dute, eta datuen komunikazioan sartutako atzerapena, beraz, egon zitekeen minimoa da.
- Gaineko mailentzat gardenak dira. Horrela, interkonektatzen dituzten segmentuetako makinaren sare-mailako entitateak ez dira haien presentziaz ohartzen, eta segmentu ezberdinak sare beraren azpisare kontsideratu daitezke.
- Eraginkortasuna: segmentu bakoitzeko barne-trafikoaren independentea da; horrela, segmentu bateko barne-trafikoaren igoerak ez du eraginik beste segmentuetan. Interkonexio-gailu hauek, beraz, lotura-mailan protokolo berdina darabilten segmentuak eratzeko erabili ohi dira, sare orokorraren eraginkortasuna handitzeko (hau da, benetan lotura-mailako interkonexio-arazorik eduki gabe).
- Fidagarritasuna: sareak segmentutan zatitzean, segmentu bateko akatsek ez dituzte beste segmentuetako komunikazioak hondatzen.
- Segurtasuna: segmentu bateko barne-trafikoaren ez da beste segmentuetan ikusten.

• **Lotura-mailako ISen desabantailak:**

- Tramekin egin beharreko prozedurek (eremuen azterketa eta erabakitzeko algoritmoen aplikazioak) atzerapenak sortzen dituzte.
- Protokolo ezberdinetako segmentuak lotzean, trametan egin beharreko itzulpena ez da perfektua izaten. Izatez, lotura-mailako protokolo horiek oso ezberdinak badira, interkonexio modu hau ez da erabilgarria, eta komenigarriagoa izan daiteke sare-mailako IS bat erabiltzea.
- Lotzen diren azpisareetan tramen luzera maximoa ezberdina bada, luzera handieneko azpisarea luzera txikieneko tramak bakarrik bidaltzera behartuta egongo da. Bestela, sare-mailako edo maila goreneko interkonexio bat egin beharko da, zatikatzea sare- edo garraio-mailetako funtzioa delako (hots, ez dago zatikatzea egiten duen lotura-mailako protokolorik, ezta, noski, ISrik ere).
- Ez dute fluxu-kontrola kontuan hartzen.

• **Lotura-mailako ISen erabilgarritasunak:**

6.- SARE-INTERKONEXIOA

- Antzeko trama-egitura erabiltzen duten LAN segmentuak (IEEE 802 sareak) lotzeko.
- Teknologia berdina baina abiadura ezberdina duten LAN segmentuak elkarrekin lotzeko.
- LAN sare oso bat hainbat segmentutan banatzeko, segurtasuna lortzeko: segmentu bateko trafikoa ez da beste segmentuetan ikusten.
- LAN sare oso bat hainbat segmentutan banatzeko, sare-kongestioa gutxitzeko: LAN batean estazio kopurua handitzen denean, trafikoa eta talka kopurua ere handitzen dira, eta errendimendua gutxitu. Sarea segmentatuz, segmentu bateko trafikoak beste segmentuetakoa ez kongestionatzea lortzen da.

6.2.2.1.- Bridgeak

Aurreko mendeko 80ko hamarkadaren hasieran sortu ziren, eta merkaturatutako lehen lotura-mailako ISak izan ziren. Bi azpisareen artean sortutako trafiko ez-lokala transmititzen duten gailu adimendunak dira. Trafiko lokalak (barne-trafikoa) eta ez-lokalak (segmentuen artekoa) bereiziz, sareko trama kopuru totala gutxitzen dute; hala, oro har talka eta kongestio gutxiago egongo dira.

Bridge mota asko daude, modu askotara sailkatuak.

Konektatutako azpisare-elementuen arteko distantziaren arabera:

- **Lokalak:** fisikoki gertu dauden bi azpisare lotzeko, banaka lan eginez.
- **Urrunak:** bikoteka lan egin ohi dute elkarren artean, eta irratiz komunikatzen dira urrun dauden segmentuak interkonektatzeko.

Betetako funtzioen arabera:

- **Oinarrizko bridgeak:** LAN mota bereko segmentuak lotzen dituzte. Sareen segmentazioak egiteko erabiltzen dira.
- **Bridge translazionalak:** Sarbide-teknika ezberdinak (deterministikoak edo lehiakorak) erabiltzen dituzten LANen arteko bihurketa-prozesuak egiteko gai dira. Erabilgarriak dira, adibidez, Etherneten eta Token Busen edo Token Ringen arteko interkonexioa egiteko.

Arazo hauek konpondu behar dituzte:

- 802.3 eta 802.4 tramek *Preamble* eremua dute; 802.5 tramek, berriz, ez.
- 802.3 tramak luzera adierazten duen eremua eta *Padding* eremu bat ditu. 802.4 eta 802.5 tramek, berriz, haien mugak adierazteko eremuak dituzte.
- Erroreak detektatzeko eremuak birkalkulatu behar dira.

6.- SARE-INTERKONEXIOA

- 802.4 eta 802.5 sareek lehenetasunak onartzen dituzte (modu ezberdinean badira ere); 802.3 sareek, ordea, ez. Horrek interkonexio batean lehenetasunak ezin erabiltzea ekar lezake.
- 802.4 eta 802.5 deterministikoak dira, baina 802.3 ez. Horrek arazoak ekar ditzake tenporizadoreekin.
- Tramen luzera maximo eta minimoak ezberdinak dira, eta horrek datuen transmisio-abiaduren galera ekar dezake.
- **Abiadura aldatzeko bridgeak:** Antzeko arkitektura baina abiadura ezberdina duten LAN sareen segmentuak lot ditzakete. Adibidez, 1 eta 16 Mbps-ko abiaduretako bi Token Ring, 10 eta 100 Mbps-ko abiaduretako bi Ethernet...

Iragazte-teknikaren arabera:

- **Bridge gardenak:** Ethernet ingurunetan erabiltzeko sortu ziren. Bridge hauen presentzia gardena da sareko nodoetako lotura-mailako entitateentzat ere. Hiru funtzio nagusi egiten dituzte:
 - Tramak iragaztea eta birtransmititzea: bridgeak birtransmititze-taula izango du, non loturako segmentuetako nodoen helbide fisikoa, dagokien portua eta balio-tenporizadore bat erlazionatzen diren. Bridgeak iristen zaizkion tramen helmuga-eremua aztertu eta, birtransmititze-taulako informazioaren arabera, tramarekin zer egin behar duen erabakitzen du:
 - Helmuga eta jatorria segmentu berean badaude, ez du tramarekin ezer egiten (*iragazi* egiten duela esaten da, ez baitu jasotakoa inondik ateratzen).
 - Helmuga beste segmentu batean badago, segmentu horretarako irteera-portutik birtransmititzen du trama.
 - Helmuga zein segmentutan dagoen ez badaki, trama portu guztietatik birtransmititzen du (sartu den portutik izan ezik). Hori “informazio-uholde” delako teknika da.
 - Helbideak ikastea: Birtransmititze-taula dinamikoak erabiltzen dituzten bridgetan gertatzen da funtzio hau. Trama bat iristen den bakoitzean, jatorriko helbidea zein den ere irakurtzen du bridgeak, eta, birtransmititze-taulan ez balego, sarrera-portuarekin batera sartuko luke. Helmugako helbidea begiratzen du gero, eta, birtransmititze-taulan berari buruzko informaziorik ez dagoenean, “informazio-uholde” delako teknika erabiltzen du.

Nodo bat segmentu batetik bestera aldatu daitekeela ere kontuan hartzen da. Horretarako, helbide fisiko eta portuen informazioarekin batera balio-denbora bat gordetzen da birtransmititze-taulako lerro bakoitzeko. Helbide bateko trama bat iristen den bakoitzean, birtransmititze-taulan berari buruzko informazioa

6.- SARE-INTERKONEXIOA

berritu (beharrezkoa balitz) eta balio-tenporizadorea berritzen da. Taulen luzera mugatzea eta topologia dinamikoetara moldatzea lortzen da horrela.

- Spanning Tree algoritmoa: Helbideak ikasteko algoritmoa bi sare-segmenturen artean bide bakarra posible denean bakarrik dabil ondo, informazio-uholdea dela eta.

Segmentuen artean bide bat baino gehiago ahalbidetzea askotan egiten da, sarearen fidagarritasuna hobetzeko. Kasu horietarako, IEEEk Spanning Tree algoritmoa definitu zuen. Horretan, bridge gardenek elkarren artean ulertzeko identifikatzaile- eta lehentasun-balioak izango dituzte (beste nodoetarako gardenak izaten jarraitzen dute). Trama berezi batzuen bidez, segmentuen artean bide bakar bat zehaztuko duen topologia logiko bat eratzen da, Spanning Tree izenekoa, lehentasunetan oinarriturik.

- **Jatorriko bideratze-bridgeak:** 802.5aren lantaldeak arautu zuen bridge hauen prozedura-metodoa, eta Token Ring segmentu ezberdinak interkonektatzeko erabili izan dira.

Ez dute birtransmititze-taularik mantendu behar. Nahikoa dute bere identifikazioa eta portu bakoitzean dituzten segmentuen identifikazioa jakitea. Trama bidaltzen duen jatorriak tramaren buruko eremuetan helmugarainoko bidea zein den adierazi behar du, igaro behar diren sare eta bridgeen identifikatzaile-zerrenda batekin (bridge hauen presentzia, beraz, ez da gardena nodoentzat). Jatorriak biderik ez badaki, bilaketa-trama bat bidaltzen du, difusioz; helmugak bilaketa-trama jasotzean zein sarean dagoen erantzungo du eta erantzun horrek jatorriranzko bidea egiten duen heinean, bideko bridgek haien eta sareen identifikazioak gehituko dituzte erantzunean. Erantzun hori ere difusioz hedatzen da, eta horrela, helmugarainoko bide posible bakoitzeko erantzun bat iristen zaio jatorriari. Biderik egokiena aukeratu ahalko du jatorriak.

Zubien identifikazioa lau bitekoa izaten da; sareena, berriz, 12 bitekoa.

- **Jatorriko bideratze-bridge gardenak:** aurreko bi teknikekin funtzionatu dezaketenak dira.

6.2.2.2.- Switchak

Switchek portu asko dituzte; txikiak 20 portu inguru; handiek, berriz, ehunka (bridgeek hamar portu baino gutxiago izaten dituzte, normalean). Switchen portuetara, zuzenean sareko nodoak edo segmentuak konekta daitezke.

Bridge gardenen modura, birtransmititze-taula bat mantendu eta erabiltzen dute.

6.- SARE-INTERKONEXIOA

Bridgeen eboluzio modura sortu ziren, eta, gaur egun, bridgeen aurretik merkatuan nagusi dira, errendimendu altuagoa, portu gehiago, portuko koste txikiagoa eta malgutasun handiagoa dutelako.

Erabiltzen duten birtransmititze-teknikaren arabera, switchak honela sailkatzen dira:

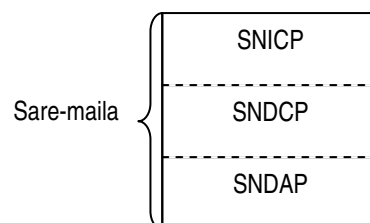
- **Gorde-transmititu switchak** (*Store-and-Forward*): Birtransmititu baino lehen trama bat osorik iristera itxaroten duten switchak dira. Sartutako atzerapena tramaren luzeraren araberakoa da, baina traman errorerik badagoen azter daiteke birtransmititu baino lehen, eta jadanik erroreak dituzten tramak birtransmititzea eragotzi.
- **Ebaki-jarraitu switchak** (*Cut-Through*): Birtransmititzea erabakitzeko adina trama iristean hasten dute birtransmititze-algoritmoa, trama osoa iristera itxaron gabe. Switch hauetan gertatzen den atzerapena gorde-transmititu teknika darabiltenetan baino txikiagoa da eta finkoa, baina ez dago modurik errorea duten tramak birtransmititzea eragozteko.

Elkarrekin lotzen diren azpisareek abiadura ezberdinak badituzte, beharrezkoa da gorde-transmititu motako switchak erabiltzea.

6.2.3.- Sare-mailako interkonexioa

Kasu honetan, egokitu beharrezkoa sare-maila da. Egokitze behar hori, protokolo ezberdinen erabilera egatik edo sare-mailari dagozkion funtzionaltasun-ezberdintasunengatik izan daiteke. Hau da, protokolo berdina erabilia ere, jabe ezberdinen sareak edo MTU ezberdinetakoak elkarrekin lotu nahi badira, sare-mailako interkonexioa beharko da, sare bakoitzean sare-protokolo berdina erabilia ere. Interkonexio-mota hau egiten duten gailuek beraz, sare-mailan egingo dute lan.

OSIk esaten du sare ezberdinen arteko interkonexioa sare-maila edo goreneko mailetan bakarrik gertatzen dela. Sare-mailaren azpikoetan ezberdintasunak izatean, sare-mailako interkonexioa egitea zehazten du. Horretarako, sare-maila hiru azpimailatan banatzen du OSIk, irudian azaltzen den bezala:



2. irudia. Sareen interkonexiorako OSIk sare-maila.

Hauek dira sare-mailaren hiru azpimailen zereginak:

- **SNDAP** (*SubNetwork Dependent Access Protocol*, azpisarearen araberako sarbide-protokoloa): Sare-maila lotura-mailako interfazera egokitzen du. Sare

6.- SARE-INTERKONEXIOA

baten barruko segmentuen interkonexioa (maila fisikoko edo lotura-mailako interkonexioa) egiteko, nahikoa litzateke azpimaila hau.

- **SNDCP** (*SubNetwork Dependent Convergency Protocol*, azpisarearen arabera konbergentzia-protokoloa): Beste bi azpimailen arteko funtzionalitate- ezberdintasunak egokitzen ditu.
- **SNICP** (*SubNetwork Independent Convergency Protocol*, azpisarearekiko independentea den konbergentzia-protokoloa): OSIren arabera, interkonektatzen diren sare ezberdinek azpimaila hau berdina dute. Helbideratzeaz eta bideratzeaz arduratzen da.

Sare-mailako interkonexioan, bideratzearekiko hiru oinarritzko funtzio egiten dira:

- **Biderik onenaren bilaketa**: Bideratze-algoritmoetan, helmugara iristeko aukera asko daudenean biderik onena zein den erabakitzeko hainbat neurketa erabiltzen dira. Neurketa horiek bideratze-tauletan gordetzen dira. Erabiltzen den bideratze-algoritmoaren arabera, metrika eta, ondorioz, bideratze-taulen edukiera eta mantentzea ezberdinak dira. Metrika-adibideak hauek dira:
 - Trafiko-dentsitatea: asetze txikieneko bidea detektatzeko.
 - Abiadura: Transmisio-bitartekorik azkarrena duen bidea zehazteko.
 - Biderik laburrena: Igaro beharreko nodo (jauzi) kopuru txikiena.
 - Biderik merkeena.

Bideratze-taulak mantetzeko sare-mailako ISeK protokolo bereziak erabiltzen dituzte, elkarren artean bideratze-tauletako informazioa trukatzuz.

- **Informazioaren kommutazioa**: Kommutazio-algoritmoak oso errazak izaten dira, eta sare-mailan erabiltzen diren protokolo moten arabera.
- **Zatikatzeta birmuntatzea**: Sare bakoitzak bere MTUa definitzen ditu, sare-mailako zein lotura-mailako protokoloek baldintzatua. Pakete batek helmugara heltzeko MTU ezberdinetako sareak gurutzatu behar dituztenean, paketean garraiatutako SDUaren luzera MTU horietakoren bat baino handiagoa izatea gerta daiteke, eta hor arazoa sortzen da, MTU txikiegietako sareetatik igarotzea ekiditea ezinezkoa izan baitaiteke (adibidez, helmugaraino bide bakarra posible denean). Horregatik, sare-mailako ISeK zatikatzea egin behar dute, sare-mailako funtzionalitatea baita.

Oro har, bi zatikatze-estrategia erabiltzen dira sare-mailako ISetan:

- **Zatikatzeta gardena**: ISak SDU beraren zatiak garraiatzen dituzten paketeak detektatu eta birmuntatzen ditu, eta, ondoren, zatikatze-algoritmoa jatorrizko SDU osoaren gain aplikatzen du.

6.- SARE-INTERKONEXIOA

IS bakoitzak zatikatzea egin baino lehen birmuntatzea egiteak hark jasotako zatikatzea ezkutatzen du. Hau da, helmugak azken zatikatzearen ondoriozko paketeak jasoko ditu, eta azken zatikatze horren aurretik gertatu diren zatikatzeen arrastorik ez du izango. Horregatik deritzo estrategia honi zatikatze gardena.

Estrategia honek hainbat desabantaila ditu. Izan ere, zati guztiek zatikatzea egin behar duten IS beretatik pasatu behar dute, guztiak birmuntatu ahal izateko. Horregatik, ezin daiteke konexiorik gabeko pakete-kommutazioko sareetan erabili.

- **Zatikatze ez-gardena:** estrategia honetan sare-mailako ISek ez dute birmuntatzerik egiten. Hortaz, SDU beraren zatiak garraiatzen dituzten paketeak ez dituzte detektatzen, eta pakete bakoitza independenteki tratatzen dute, besteekin zerikusirik ez balu bezala. Pakete batek MTU txikiagoko portu batetik atera behar duenean, zatikatze-algoritmoa aplikatzen diote zuzenean.

IS bakoitzak zatikatzea jasotako pakete bakoitzaren SDUekin egiteak berekin dakar zatikatze baten emaitza aurreko zatikatzeekin baldintzatuta egotea. Hau da, IS batek pakete baten SDUa zatikatzen duenean, SDU horrek paketearen ibilbidean igarotako nodoen zatikatzeak islatuak ditu, eta, beraz, zatikatze horiek ez dira ezkutatu. Horregatik deritzo estrategia honi zatikatze ez-gardena. Zatikatzearen ondoriozko paketeetan garraiatutako SDUak helmugan birmuntatzen dira bakarrik.

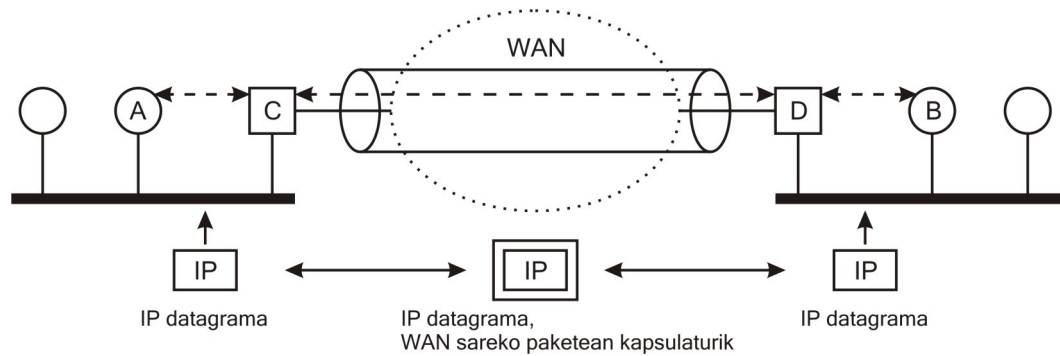
Gauzak horrela, SDU beraren zatiak garraiatzen dituzten pakete guztiek ez dute zertan ibilbide berdina jarraitu. Hortaz, konexioa darabilten zein konexiorik gabeko pakete-kommutaziozko sareetan erabil daiteke.

Metodo honek ere baditu bere desabantailak. Oro har, zatikatze gardenarekin baino pakete gehiago iritsiko dira helmugara, eta, beraz, trafiko handiagoa eta birmuntatze-prozesamendu luzeagoa eragiten ditu.

Oinarrizko funtzioak ez dira nahikoak sare-mailako IS batzuetan. Funtzio osagarrien adibide modura, tunel-prozesua azalduko dugu:

- **Tunel-prozesua:** jatorria eta helmuga sare mota berean, baina elkarren artean sare ezberdin batekin konektaturik daudenean erabiltzen da. Egoera, irudi honetan azalduko litzateke, non bi IP sare-lokal WAN baten bidez lotzen diren:

6.- SARE-INTERKONEXIOA



3. irudia. Tunel-prozesua.

Aurreko 3. irudia. Tunel-prozesua irudian, A terminala jatorria eta B terminala helmuga izango lirateke. Biak sare-mailan IP protokoloa darabilten sareetan daude. A terminalak pakete bat bidaltzen dio B terminalari. Horretarako, B terminalaren IP helbidea duen datagrama sortzen du, eta Ethernet trama batean bere sareko C sare-mailako ISri bidaltzen dio. C-k tunel-prozesua egiten du A terminalatik jasotako IP paketearekin, hau da, IP pakete hori irteera-portuko WAN sareak darabilten sare-mailako protokoloaren paketea erabiltzaile-datuaren eremuan sartzen du, eta beste muturreko D sare-mailako ISari bidaltzen dio. D-k alderantzizko prozesua egingo du, hau da, WAN saretik iristen zaion sare-mailako paketea IP paketea aterata eta B terminalaren sareko Ethernet trama batean kapsulatuta, B terminalari bidaltzen dio.

Horrela, WAN sarea sare-mailako IS bien arteko tunel gisa ulertzen da.

- **Sare-mailako ISen abantailak (bridgekin eta switchekin alderatuz):**
 - Gaitasun handiagoa dute.
 - Funtzionalitate gehiago dituzte.
- **Sare-mailako ISen desabantailak (bridgekin eta switchekin alderatuz):**
 - Paketeak prozesatzeak tramak prozesatzeak baino denbora luzeagoa hartzen du.
 - Garestiagoak dira.
- **Sare-mailako ISen erabilgarritasuna:**
 - LAN, MAN eta WAN sareen interkonexioa egiteko, biderik egokienak aukeratu eta kongestioak gutxituz.
 - Sareko trafiko mota bakoitzari kalitate-maila bat eskaintzea.

6.2.3.1.- Routerrak

Sare-mailako interkonexioa egiten duten ISei *router* deritze. Aurreko mendeko 80ko hamarkadaren erdialdera sortu ziren, eta, gaur egun, irizpide askoren arabera sailkatu daitezke. Guk hiru sailkapen azalduko ditugu:

- **Bideratze-taulen mantentzearen arabera:**

- **Estatikoak:** mantentzea ez dute routerrek egiten, kanpoko sistema batek baizik.
- **Dinamikoak:** router bakoitzak egiten du bere bideratze-taularen mantentzea. Horretarako, mantentze-protokolo asko daude.
 - RIP (*Routing Information Protocol*, bideratze-informazioaren protokoloa): sare logiko berean dauden routerrak bideratze-taulak mantentzeko elkarrekin komunikatzea ahalbidetzen du. Bideratze-tauletan helmugetarako zenbat nodo igaro behar duten (zenbat jauzi egin behar diren) adierazten da, halaber, protokolo honi esker.
 - EGP (*Exterior Gateway Protocol*, kanpo-pasabideko protokoloa): Sistema autonomo ezberdinetako routerren artean mantentze-mezuak bidaltzea ahalbidetzen du. Sistema autonomoak administrazio beraren menpe dauden sare ezberdinen multzoak dira.
 - OSPF (*Open Shortest Path First Routing*): Bideratze-trafikoa minimizatzeko diseinatutako mantentze-protokoloa da. Protokolo honetan, router bakoitzak sareko topologiaren kopia bat du, eta router guztien kopiak berdinak dira. Aldaketarik dagoenean, router bakoitzak bere ondokoari bidaltzen dio aldaketa horren informazioa.

- **Ematen dituzten bideen kopuruaren arabera:**

- **Bide bakarrekoak:** router hauen bideratze-tauletan, helbide bakoitzeko bide bakar bat adierazten dute.
- **Bide anitzekoak:** bideratze-tauletan helbide bakoitzeko bide bat baino gehiago adierazten da, posible denean. Hala, trafiko-karga bide ezberdinetan banatu daiteke, errendimendu eta fidagarritasuna handiagotzeko.

- **Sare-mailan ulertzen dituzten protokoloen arabera:**

- **Protokolo bakarrekoak:** IP, X.25, OSI,... Oinarrizko funtzioak betetzearekin nahikoa dute. Lotzen dituzten sareen arteko ezberdintasuna ez da, beraz, sare-mailan erabilitako protokoloa izango, sare-mailako beste propietateren bat baizik (adibidez, sare-helbidea, MTUa,...).
- **Protokolo anitzekoak:** Sare-mailan datuak garraiatzeko protokolo ezberdinak dituzten sareak elkarrekin lotzea ahalbidetzen dute (adibidez, IP-X.25,...).

6.- SARE-INTERKONEXIOA

Oinarrizko funtzioez gainera, tunelatzea bezalako funtzio osagarriak ere bete behar dituzte.

Bridge edo switchen modura, routerrak ere LAN bat zatitzeko erabil daitezke, ez bakarrik sare-protokolo ezberdinak interkonektatzeko. Baina badago ezberdintasun bat: routerrekin, LAN zatiak sare logiko ezberdinak bihurtzen dila; hala, IP sareetan sare-helbide ezberdina izan beharko dute, eta *broadcasting* hedadura ere sare bakoitzera mugatzen da.

6.2.4.- Maila gorenetakoa interkonexioa

Elkarrekin lotzen diren sareak sare-mailatik goragoko mailetan ere ezberdinak direnean gertatzen da interkonexio hau. Gateway (pasabide) izeneko gailuekin egiten da.

6.2.4.1.- Gatewayak

Gateway batean OSIren zazpi mailak inplementatzen dira. Hala, sareen arteko helbideen, datu moten eta aplikazioen ezberdintasunak gaintitzen ditu.

OSIren zazpi mailak hartzen dituztenez, ez dira gardenak inongo mailarentzat. Horrekin esan nahi da ezin daitekeela mezu bat gateway baten bidez bidali gateway horren lana kontuan izan gabe. Mezu bat bidali nahi duen jatorri-terminalak gatewayra bidali beharko du mezuaren helmuga zein den adieraziz, eta gatewayak egingo ditu protokoloek eskatzen dituzten aldaketak helmugara konmutatu ahal izateko.

6.3.- INTERKONEXIO-BEHARRIZANEN AZTERKETA

6.3.1.- Eroslearen beharrizanen azterketa

Enpresa batean interkonexio-sistemak erosteko arrazoiak zenbait motatakoak izan daitezke. Gailuen erosketaren arduradunak beharrizanen azterketa bat egin beharko du, gaur egungo eta etorkizuneko erabiltzaileen beharrizanak eta sarearen dimentsio eta interkonexio-gailuei ezarritako mugak kontuan hartuz.

Beharrezkoa da kostu eta etekinen azterketa sakona egitea erabakiak hartzerakoan.

Eroslearen beharrizanen azterketa erosketa-prozesuaren lehen fasea da. Puntu hauek hartu behar dira kontuan:

- **Sareen interkonexioaren abantailak:** Ikusi behar da ea abantaila horiek enpresari ondo datozkion. Abantailak hauek dira:

6.- SARE-INTERKONEXIOA

- Sakabanaturik edo beste sareetan dauden baliabideak partekatu ahal izatea.
 - Sarearen hedadura eta estaldura geografikoa handitzea.
 - Sarearen segmentazioa: hori egin aurretik, komeni da trafikoen azterketa egitea, zenbait segmentutan murriztu beharrean handitu behar izatea gerta baitaiteke.
 - Protokoloen arteko itzulpena.
- **Interkonektatuko diren sareen kopuru eta topologiaren azterketa:** Horren bidez, lortu nahi den sare orokorraren egitura eta beharrezko interkonexio-gailuen dimentsionamendua egitea lortzen da.

Azpiegitura-beharrizanak ere kontuan izan behar dira. Sare orokorrean parte hartuko duten sare motak (Ethernet, Token Ring, FDDI,...), topologia (izar-, bus-, eraztun-,... topologiak) eta kokapen eta distantziak ondo definitu behar dira. Inguru fisikoaren planoak egitea komeni da.

- **Inguru fisikoaren ezaugarriak:** Sareen interkonexioak kableatu berria behar izatea ekar dezake, eta hori konplexutasun, eragin eta kostu handiko lana izan daiteke. Sareek hartzen duten hedadura kontuan izan beharko da, haien topologia, eraikin edo lokalen ezaugarriak... Kostuan eragina izateaz gainera, proiektua bideragarria izateko erabakigarriak izan daitezke.
- **Erosketa-, erabilera- eta mantentze-kostuak:** Interkonexiorako gailuek, erosketa-kostuaz gainera, erabilera- eta mantentze-kostuak dituzte. Guztiak izan behar dira kontuan:

- Sareko gailu fisikoak: Transmisio-sistemak, nodoetako konexio gailuak, ...
 - Hubak: 500-2.000 €
 - Switchak: 3.000-20.000 €
 - Routerrak: 30.000-45.000 €
- Sareko gailu logikoak: kudeaketa-, kontrol- eta mantentze-sistemak (softwarea).
- Instalazioa: Lokalak egokitzea, kanalizazioa, kableatua, gailuen konexioa...

Kontuan izan beharko da, halaber, sare bat instalatzen den unetik aurrera, etengabe handituz doala, ekipu berriekin, aplikazio berriekin...

6.3.2.- Erosketa-prozesuaren faktore garrantzitsuak

Sare-interkonexiorako ekipo eta sistemen erosketan kontuan hartu beharreko faktore garrantzitsuak, hauek dira:

- **Portu kopurua:** Interkonexio-gailu bat erostean beharrezko portu kopurua kontuan izan behar da, unerako zein etorkizunerako.
- **Urruneko kudeaketa:** Hainbat fabrikatzaileek interkonexio-gailuetan kudeaketa-gaitasunak jartzen dituzte, eta kudeaketa- eta kontrol-gailuekin sarearen monitorizazioa egin daiteke.

Router eta gatewayek kudeaketa-gaitasuna beharrezkoa dute. Beste gailuetan, komenigarria da bakarrik.

Gaur egungo kudeaketa-protokolo garrantzitsuak SNMP, CMIP (OSI) eta CMOT dira.

- **Azken onarpen-probak:** Proba hauek beharrezkoak dira erosten denak egin beharrezkoa egiten duela egiaztatzeko. Fabrikatzaileek definitzen dituzte, baina erosleak ere prestatu ditzake proba berriak:
 - Bakarkako testak: pizte eta itzaltzea, txartelak ateratzea eta sartzea, softwarea probatzea,...
 - Sareko integrazioa egiaztatzeko testak: funtzionamendua egoera normalean, funtzionamendua akatsen aurrean,...
 - Gestio-sistemaren testak: oinarriko funtzionamendua, konfigurazioa, sarearen monitorizazioa,...
- Funtzionamenduaren txosten eta estatistikak aztertzea.