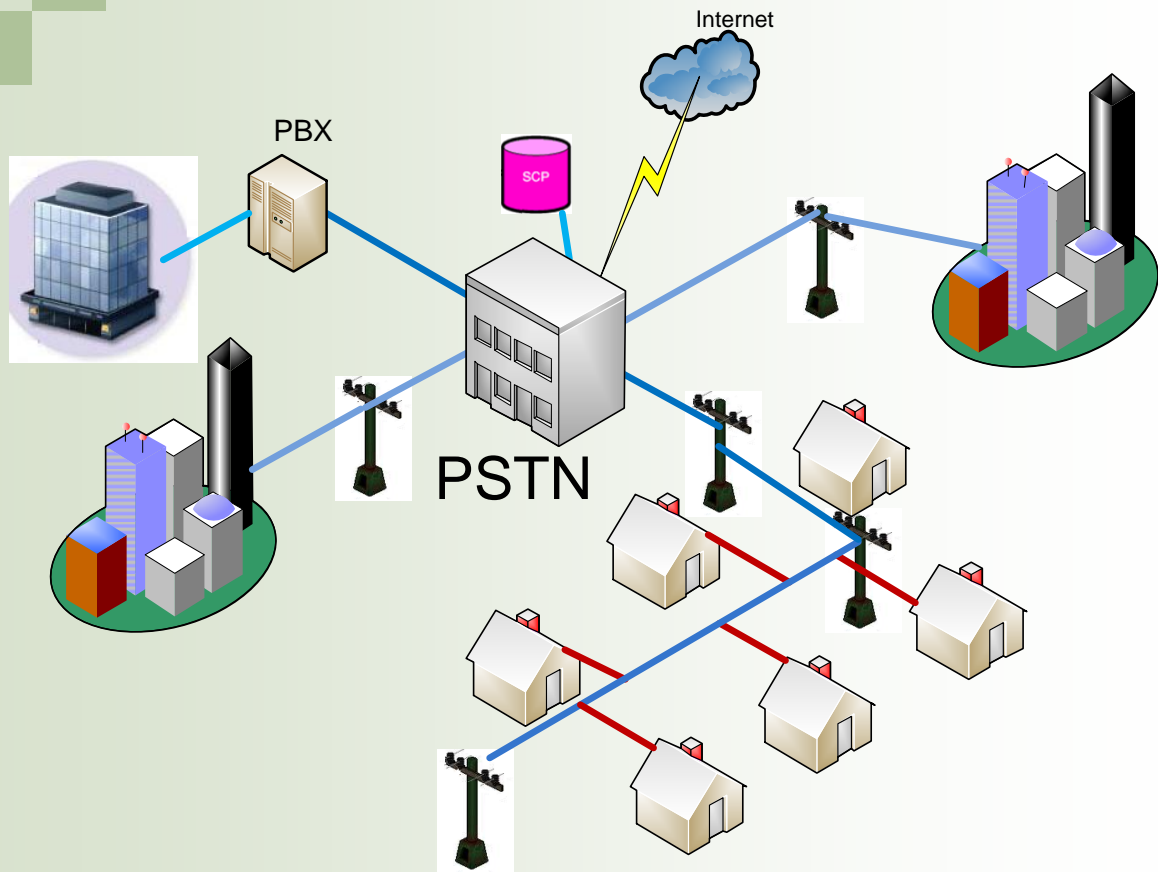


Lider en Ciencia y Tecnología

Universidad Nacional de Ingeniería

Managua, Nicaragua



Módulo I: Redes de Telefonía

Autores: Juan Carlos Caldera Palma
Wilberth Elieser Suazo Sequeira

Coordinador: Msc. Ing. Marlon Ramírez

INDICE

UNIDAD 1. CENTRALES TELEFÓNICAS	1
1.1 INTRODUCCIÓN A LAS REDES TELEFÓNICAS	3
1.1.1 DEFINICIÓN DE TELEFONÍA.....	3
1.1.2 ORÍGENES DE LA RED TELEFÓNICA.....	3
1.1.3 TIPOS DE RED TELEFÓNICA.....	5
1.1.4 BREVE HISTORIA DEL TELÉFONO.....	5
1.1.5 EVOLUCIÓN DEL TELÉFONO.....	7
1.1.6 EL TELÉFONO	9
1.1.6.1 Elementos del Teléfono	9
1.1.6.2 Principio de Funcionamiento	13
1.1.6.3 Plan de Numeración.....	13
1.2 RED DE TELECOMUNICACIONES.....	15
1.2.1 DEFINICIÓN DE LAS TELECOMUNICACIONES	15
1.2.2 ENLACES DE TELECOMUNICACIONES.....	15
1.2.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS REDES DE TELECOMUNICACIONES.....	16
1.2.4 ELEMENTOS DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES.....	16
1.2.5 MODELO DE LAS COMUNICACIONES	17
1.3 RED TELEFÓNICA PÚBLICA CONMUTADA	18
1.3.1 CLASIFICACIÓN DE LAS REDES TELEFÓNICAS PUBLICAS.....	19
1.3.2 CRITERIOS DE DISEÑO	20
1.3.3 RED JERÁRQUICA.....	20
1.3.4 RED COMPLEMENTARIA	22
1.3.5 ELEMENTOS DE LA RED TELEFÓNICA	24
1.4 CENTRALES TELEFÓNICAS PRIVADAS	26
1.4.1 PBX ANALÓGICAS O CONVENCIONALES, TRADICIONALES	27
1.4.2 PBX IP	28
1.4.1 PBX VIRTUAL.....	28
1.4.1.1 Central Asterisk.....	29
1.4.2 PBX HIBRIDAS	32
1.5 SERVICIOS ESPECIALES DE LA PSTN	33
1.5.1 TRANSFERENCIA DE LLAMADA	33
1.5.2 DESVIÓ DE LLAMADA.....	34
1.5.3 LLAMADA EN ESPERA	34
1.5.4 CAPTURA DE LLAMADA	34
1.5.5 HOTLINE	35
1.5.6 MARCACIÓN DIRECTA ENTRANTE - DIRECT INWARD DIAL (DID).....	35
1.5.7 CENTREX.....	36
1.6 TIPOS DE SERVICIOS OFRECIDOS POR LOS CARRIERS.....	36

1.6.1	SERVICIOS POR CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS (CIRCUIT-SWITCHED SERVICES)	36
1.6.2	SERVICIO DE CONMUTACIÓN DE PAQUETES (PACKET-SWITCHED SERVICES):	37
1.6.3	SERVICIOS DE CONMUTACIÓN DE CELDAS (CELL-SWITCHED SERVICES):	38
1.6.4	SERVICIOS DEDICADOS DIGITALES (DEDICATED DIGITAL SERVICES).....	39
1.7	PREGUNTAS DE CONTROL.....	41
 UNIDAD 2. TRÁFICO TELEFÓNICO.....		45
2.1	CONSIDERACIONES GENERALES.....	45
2.2	MEDIDA DEL TRÁFICO.....	47
2.2.1	INTENSIDAD DE TRÁFICO	48
2.2.2	TIEMPO DE OCUPACIÓN	48
2.2.3	UNIDADES DE MEDIDA DEL FLUJO DE TRÁFICO.....	50
2.3	CONGESTIONAMIENTO Y GRADO DE SERVICIO (QoS)	52
2.3.1	CONCEPTO DE CONGESTIONAMIENTO	52
2.3.2	LLAMADA PÉRDIDA	53
2.3.3	GRADO DE SERVICIO.....	53
2.3.4	DETERMINACIÓN DE GRADO DE SERVICIO.....	54
2.3.5	DISTRIBUCIÓN DE POISSON	56
2.3.6	DISTRIBUCIÓN DE ERLANG	58
2.3.6.1	Erlang-B.....	61
2.3.6.2	Erlang-C.....	63
2.3.6.3	Erlang-B Extendida.....	64
2.4	PREGUNTAS DE CONTROL.....	66
 UNIDAD 3. RED DE TRANSPORTE		69
3.1	CODIFICACIÓN DE LÍNEA	69
3.1.1	CÓDIGO SIN RETORNO A CERO (NRZ).....	70
3.1.2	CODIFICACIÓN CON RETORNO A CERO (RZ).....	71
3.1.3	CODIFICACIÓN MANCHESTER.....	72
3.1.4	CODIFICACIÓN MANCHESTER DIFERENCIAL	73
3.1.5	CÓDIGO AMI.....	73
3.1.6	B8ZS (BIPOLAR 8-ZERO SUBSTITUTION)	75
3.1.7	HDB3	75
3.2	MODULACIÓN POR IMPULSOS CODIFICADOS O MIC.....	78
3.2.1	MUESTREO.....	78
3.2.2	CUANTIFICACIÓN	80
3.2.3	CODIFICACIÓN	83
3.2.4	DECODIFICACIÓN Y FILTRADO.....	84
3.3	MULTIPLEXACIÓN DE CANALES.....	85

3.3.1	MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA	86
3.3.2	MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO	86
3.3.3	SISTEMA DE PORTADORA T1.....	87
3.3.4	SISTEMA DE PORTADORAS E1	88
3.4	SISTEMA DE MULTIPLEXACIÓN PCM DE ORDEN SUPERIOR	91
3.4.1	ESTRUCTURA DE MULTITRAMA.....	91
3.4.2	ALINEACIÓN DE MULTITRAMA.....	93
3.4.3	RED JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA (SDH).....	94
3.5	PREGUNTAS DE CONTROL.....	101
 UNIDAD 4. RED DE ACCESO.....		105
4.1	PLANTA EXTERIOR Y RED DE USUARIO	105
4.2	SECCIONES DE LA RED DE USUARIO.....	105
4.2.1	TIPOS DE REDES DE USUARIOS	108
4.3	TECNOLOGÍAS DE ACCESO	109
4.3.1	BUCLE DIGITAL DE ABONADO (xDSL)	110
4.3.2	REDES HÍBRIDAS DE FIBRA Y CABLE (HFC)	115
4.3.3	FIBRA ÓPTICA (FTTX).....	117
4.3.4	POWER LINE COMMUNICATIONS SYSTEMS	120
4.4	TECNOLOGÍAS DE ACCESO INALÁMBRICA	123
4.4.1	WIMAX	124
4.4.2	REDES DE ACCESO POR SATÉLITE	126
4.4.3	GSM (GLOBAL SYSTEM FOR MOBILES)	126
4.4.4	GPRS (GENERAL PACKET RADIO SERVICE).....	127
4.4.5	EDGE	127
4.4.6	TECNOLOGÍAS UMTS.....	128
4.4.7	LTE (LONG TERM EVOLUTION)	129
4.4.8	BUCLE INALÁMBRICO (LMDS)	130
4.5	PREGUNTAS DE CONTROL.....	131
 UNIDAD 5. SEÑALIZACIÓN TELEFÓNICA.....		135
5.1	INTRODUCCIÓN A LA SEÑALIZACIÓN.....	135
5.2	JERARQUÍA DE LA SEÑALIZACIÓN TELEFÓNICA	135
5.3	SEÑALIZACIÓN DE ABONADO	136
5.4	SEÑALIZACIÓN ENTRE CENTRALES	136
5.4.1	SEÑALIZACIÓN DE CANAL ASOCIADO.....	137
5.4.1.1	Señalización de Línea	137
5.4.1.2	Señalización de registro	139
5.4.2	SEÑALIZACIÓN DE CANAL COMÚN	139

5.5 SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN NO 7, SS7	140
5.5.1 INTRODUCCIÓN A SS7	141
5.5.2 CARACTERÍSTICAS SS7	143
5.5.3 VENTAJAS DE SS7	143
5.5.4 ARQUITECTURA DE LA RED SS7.....	143
5.5.4.1 Punto de conmutación de la señal - SSP.....	146
5.5.4.2 Punto de transferencia de señal - STP	146
5.5.4.3 Punto de Control de la Señal – SCP.....	148
5.5.5 ENLACES SS7	148
5.5.6 ESTRUCTURA DEL PROTOCOLO SS7.....	149
5.5.6.1 Pila del Protocolo SS7	149
5.5.6.2 NIVELES FUNCIONALES DE MTP.....	150
5.5.6.3 MTP Nivel 1 – Enlace de datos de señalización	151
5.5.6.4 MTP Nivel 2 – Enlace de Datos	152
5.5.6.5 MTP Nivel 3 – Red de señalización	157
5.5.6.6 SS7 Nivel 4.....	158
5.5.6.7 Aplicaciones protocolo ISUP	159
5.5.6.8 Aplicaciones protocolo MAP.....	161
5.6 PREGUNTAS DE CONTROL	162
UNIDAD 6. REDES INTELIGENTES Y NGN	165
6.1 REDES INTELIGENTES	165
6.1.1 CONCEPTO	165
6.1.2 ARQUITECTURA DE LA RED INTELIGENTE.....	166
6.1.2.1 Elementos de una red inteligente.....	167
6.1.2.1.1 SSP.....	167
6.1.2.1.2 SCP	168
6.1.2.1.3 SMS	170
6.1.3 VENTAJAS	171
6.1.4 SERVICIOS BRINDADOS	171
6.2 NEXT GENERATION NETWORK O NGN	172
6.2.1 INTRODUCCIÓN AL CONCEPTO DE NGN	173
6.2.2 TENDENCIAS EN IP	173
6.2.3 EL MUNDO IP EN LA RED MÓVIL	175
6.2.4 EVOLUCIÓN DE LA RED HACIA EL CONCEPTO DE NGN.....	179
6.2.5 ARQUITECTURA DE LA RED NGN.....	183
6.2.6 CONSIDERACIONES FINALES SOBRE LA UTILIZACIÓN DE LA RED NGN	190
6.3 PREGUNTAS DE CONTROL	191
ABREVIATURAS	192

Unidad I

Centrales Telefónicas.

Objetivos General:

- Introducir los conceptos relacionados a centrales telefónicas

.

Objetivos Específicos:

- Definir el concepto de red de telecomunicación
 - Describir los tipos de centrales telefónicas
 - Señalar servicios implementados en la red telefónica pública conmutada
-

Unidad 1. Centrales Telefónicas

1.1 Introducción a las redes Telefónicas

1.1.1 Definición de telefonía

La palabra telefonía está definida como la ciencia que tiene como objeto la transmisión de sonidos a distancia, TELE (lejos) y FONIA (sonidos), es por ello que en esta ciencia se encuentran incluidos todos los medios y procedimientos empleados para la transmisión, transporte y recepción de sonidos. (Servicios de Formación de Telefonía de España S.A.U, 2000)

1.1.2 Orígenes de la red telefónica

En un principio la comunicación se basaba en un teléfono a cada extremo y el que descolgara primero iniciaba la conversación. En este circuito no existía la marcación de ningún número y se le dio el nombre de circuito ring down. Cada circuito de este tipo requería de un enlace físico, por lo que un escalamiento de esta red hubiera creado una problemática por la cantidad de cables para conectar cada una de las personas deseadas.

Como solución a este problema se mandó el cable físico de cada cliente hacia un switch de tal manera que este conmutara la llamada. Este switch estaba ubicado en un edificio y a este lugar se le llamo central telefónica

En un principio las centrales estaban llenas de muchas empleadas, sentadas una al lado de las otras, delante de un cuadro de distribución telefónico. Cada una de estas empleadas estaba provista de un receptor y un emisor, ubicados delante de ellas en un panel, tal como se muestra en la *Figura 2-1*.

Esto funciono inicialmente pero con la creciente demanda resulto casi imposible dar abasto a tantos clientes y asignar más operadores detrás de ese distribuidor telefónico. Era necesario automatizar el sistema.

La solución a este problema provino de parte de un enterrador de Missouri, Almon Strowger creó un interruptor electromecánico que era capaz de conectar al abonado a un teléfono determinado de la misma central de manera automática. El aparato de Strowger tenía una parte giratoria, con un motor que la hacía girar, la cual se puede observar en la *Figura 2-2*. Cuando recibía un pulso eléctrico, el motor se encendía y hacía girar la rueda un paso. De ese modo, si se le enviaban cinco pulsos seguidos, la rueda giraba hasta una posición determinada, si se enviaban dos, lo hacía a otra posición haciendo contacto unos cables u otros sin que ningún operador tuviera que tomar parte. Como estas centrales trabajaban con pulsos, se adaptaron teléfonos que tenían también una pequeña rueda de marcación, con los dígitos del cero al nueve y agujeros para meter los dedos.



Figura 2-1 Antigua Central Telefónica



Figura 2-2 Aparato de Strowger

Un problema que tenían las centrales Strowger es que se necesitaban cinco hilos desde el domicilio del abonado hasta la central y el cliente debía tener una potente batería eléctrica en su casa. Posteriormente sustituyeron las baterías en el local del cliente por unas más grandes ubicadas a la central y que daban servicio a todos los abonados. Unos años después Keit, Laulquist y Ericsson redujeron a dos los hilos de la línea.

Por otro lado estas centrales no servían para hablar con alguien que no estuviera en la misma central y al principio sólo podían soportar unos cuantos teléfonos conectados a cada rueda de modo que seguían haciendo falta operadores para establecer llamadas a larga distancia, pero el primer paso hacia la automatización estaba dado de los sistemas electromecánicos con piezas móviles.

En la década de los 70' el salto tecnológico, impulsado por la electrónica, pega con fuerza la industria de la telefonía y en pocos años el parque entero de centrales telefónicas queda obsoleto ante una tecnología de menor costo y mayor eficiencia energética. De este punto en adelante la electrónica se ocupó principalmente en reducir el tamaño de los componentes, mediante el uso de circuitos integrados, y una mejora continua en los diseños.

En la actualidad tenemos una enorme red de telefonía que llega hasta nuestras casas y nos permite conversar con nuestros amigos, vecinos, familiares dentro del país e inclusive fuera del país.

1.1.3 Tipos de red telefónica

Según el modo de administrarla la red telefónica se puede clasificar en redes públicas, redes privadas y redes multiorganizativas.

❖ Red telefónica pública

Se dice que una red tiene carácter público cuando las solicitudes de servicio o los requerimientos necesarios para ser usuario de la misma no tienen otra restricción que la disponibilidad de los medios técnicos.

❖ Red telefónica privada

Se dice que una red es privada cuando es operada para un fin determinado y sus usuarios pertenecen a varias corporaciones que tienen intereses específicos en la misma empresa.

❖ Red telefónica multiorganizativas

Son aquellas que a diferencia de las redes privadas y pública, responden a las necesidades de una aplicación común a varias empresas o a un determinado conjunto de intereses comunes

1.1.4 Breve historia del teléfono

La historia de la telefonía data desde los intentos de creación del dispositivo “el teléfono” la cual remota a 1854, cuando el francés Charles Bourseul fabrico un aparato que fue el predecesor del dispositivo tan importante. Posteriormente algunos años más tarde, el alemán Philipp Reis construyo en 1861 un segundo aparato, pero ninguno de ellos fue exitoso.

El físico y profesor alemán Johann Philipp Reis inventó un instrumento que transmitía notas musicales a distancia, utilizando la electricidad, pero éste no era capaz de reproducir la voz humana. Dicho dispositivo estaba constituido por un transmisor y un receptor, ver Figura 2-3 . (wikipedia, 2010)



Transmisor de Reis



Reis Receiver
1862 - 1872

Receptor de Reis

Figura 2-3 Transmisor y Receptor de Reis

Por mucho tiempo el personaje quien llevo los merito por la invención del teléfono fue el científico estadounidense de origen escocés, quien lo hizo realidad el 10 de marzo de 1876. Sin embargo Graham Bell no fue el primer inventor de este dispositivo que ha venido a revolucionar el mundo y nos ha dado un sin número de facilidades y beneficios que hasta el momento siguen y seguirán creciendo. Graham Bell solo fue el primero en patentarlo, dado esto en el año 1876, ver Figura 2-4.

No obstante 126 años después de la acreditación otorgada a Graham Bell, el 11 de junio de 2002 el Congreso de Estados Unidos aprobó la resolución 269, en la que se reconocía que el inventor del teléfono había sido el estadounidense de origen italiano Antonio Meucci, quien lo llamó teletrófono.

Meucci hacia el año 19860 había descubierto que la transformación de las vibraciones sonoras en impulsos eléctricos hacía posible la transmisión de la voz a través de un cable. Por ello, en Nueva York

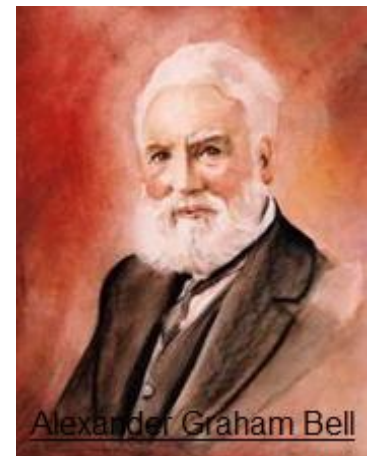


Figura 2-4 Fotografía de Alexander Graham Bell

en 1871 solicitó la patente por su invento, pero por dificultades económicas no renovó su solicitud ante la Oficina de Patentes de EE.UU.

En 1874 presentó su prototipo a la poderosa compañía de telégrafos Western Union, la cual en un principio no se interesó en su aparato. Dos años después se enteró del invento del “teléfono” por Bell, quien era patrocinado precisamente por Western Union, por lo que inició una batalla legal y, aunque un tribunal de Nueva York le dio la razón en 1887 a Meucci, no pudo reclamar la parte de los beneficios económicos porque su patente del telégrafo había caducado. (GRUPI ICE)



Antonio Meucci

Figura 2-5 Fotografía de Antonio Meucci

El italiano Antonio Meucci, después de casi 150 años, finalmente ahora se le ha reconocido oficialmente como el “padre” del teléfono, ver Figura 2-5.

(SISTECSOFT COMPUTADROAS, SRL, 2008)

1.1.5 Evolución del teléfono



Figura 2-6 Pirámide de Hechos Importantes en la Evolución del Teléfono

(Joskowicz, 2008)

Desde la creación original del teléfono se han ido realizando grandes mejoras constantes tanto en el dispositivo propio “Teléfono” como en los métodos de transmisión y sistemas de explotación de la red.

Entre las modificaciones más destacadas del teléfono podemos mencionar:

- ✚ La incorporación del micrófono de carbón, que causo el acenso de forma considerable de la potencia emitida y por tanto el incremento de la distancia de transmisión con pérdidas despreciables en las líneas.
- ✚ El aparato “antilocal” que fue creado para solucionar el problema de los disturbios en la audición surgidos por el sonido no deseado del ambiente del lugar de donde se está realizando la llamada telefónica.
- ✚ La revolucionaria marcación mediante pulsos con el disco de marcar.
- ✚ La marcación mediante la combinación de frecuencias por arreglo de matrices llamado tonos multifrecuencia.
- ✚ La implantación del micrófono de electre, desarrollando así la mejora inmediata de la calidad de sonido.

Algunas de las mejoras en los métodos y sistemas de explotación de la red telefónica son:

- ✚ Se llegó a crear la telefonía convencional lograda gracias a cables conductores que interconectan cada uno de los dispositivos fijos telefónicos y la cual ha sido difundida por todo el mundo logrando una comunicación mundial.
- ✚ Innovación de una centralita telefónica de conmutación manual en la cual se realizaba la conexión de las líneas mediante un operador/a, de esta manera se dio una idea del primer modelo de red.
- ✚ La introducción de las centrales telefónicas de conmutación automática, confeccionada con dispositivos electromecánicos, los cuales utilizaban sistemas rotatorios, barras cruzadas u otros de mayor complejidad.
- ✚ Evolución de las centrales desarrolladas por conmutación automática electromecánicas, a través del control por ordenadores.
- ✚ La central digital de conmutación automática totalmente electrónica y controlada por ordenadores, permitiendo una inserción de numerosos servicios en el mismo medio de comunicación.
- ✚ La introducción de (RDSI¹) Red Digital de Servicios Integrados y las técnicas xDSL² o de banda ancha logrando transmisión de datos a alta velocidad.
- ✚ La telefonía móvil, que logra la transmisión radiodifundida de voz y datos, logrando ser estos a alta velocidad en los dispositivos más modernos y de nueva generación.

¹ RDSI-Red Digital de servicios Integrados

² xDSL- Digital Subscriber Line (Línea de abonado digital)

1.1.6 El Teléfono



Figura 2-7 Teléfono Convencional de Disco

El teléfono es un dispositivo de telecomunicación diseñado para transmitir señales acústicas por medio de señales eléctricas.

1.1.6.1 Elementos del Teléfono

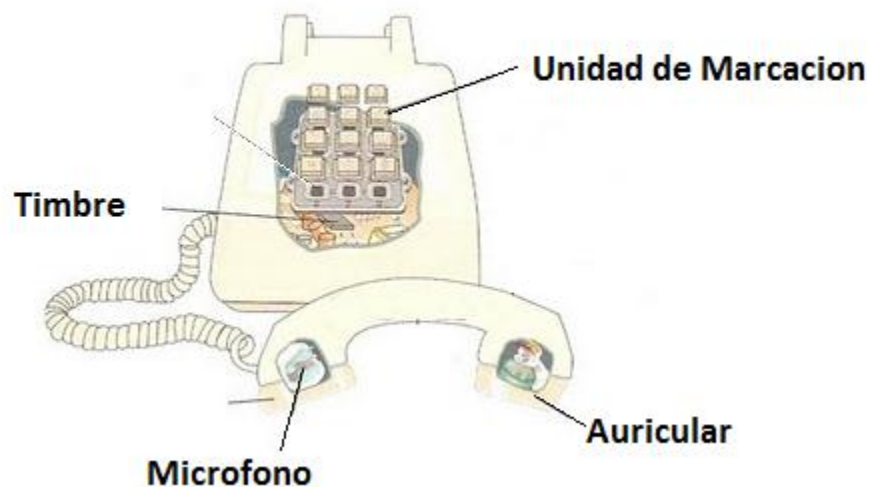


Figura 2-8 Elementos del Teléfono

El teléfono está constituido por varias partes, entre ellas podemos destacar las más básicas:

El micrófono o transmisor: Es un dispositivo que transforma la energía acústica de la voz en señales eléctricas por medio de unas placas metálicas que poseen unas partículas de carbón, las cuales se comprimirán poco o mucho dependiendo del tono de voz y la frecuencia del usuario.

La compresión que causa la voz cambia los niveles de corriente que pasa por el micrófono, produciendo como resultado que la señal eléctrica varí constantemente mientras el usuario se comunica. Dicha señal llega por medio de los distintos medios de transmisión a la central telefónica y es redirigida al teléfono de su interlocutor.

Luego que responde, su voz repite el mismo proceso descrito, de modo que al primer aparato telefónico llegara la señal eléctrica producida por el usuario que ese encontraba en el segundo. (GRUPI ICE)

El auricular o receptor: Consiste en un embobinado eléctrico sobre un imán permanente que posee una membrana metálica en frente. La corriente que pasa por el auricular varía en intensidad y frecuencia según la modificación de la voz del interlocutor, de la misma manera como ocurre con el usuario que inicia la llamada. Dicha variación produce una fluctuación de la intensidad, la que a su vez varía el campo magnético del imán, atrayendo o repeliendo de esta manera la membrana metálica, transformando la señal eléctrica en ondas acústicas que son casi exactas o muy parecidas a la señal del usuario que la originó, y finalmente se reproduce su voz. (GRUPI ICE)

Timbre: Es la parte que produce un sonido fuerte para avisar que existe una llamada entrante. Se activa con corriente alterna proveniente de la central telefónica a la cual se encuentra conectado el teléfono. La activación de dicha corriente desde la central se realiza inmediatamente en cuanto se produzca una señal en la que se indique que hay una llamada entrante. (GRUPI ICE)

Bobina Híbrida: También llamada bobina de inducción, es un devanado parecido al de un transformador el cual está diseñado para transmitir y recibir al mismo tiempo a través de un mismo par de conductores. Esta bobina en realidad consta de varios transformadores combinados en una sola unidad, ver Figura 2-9.

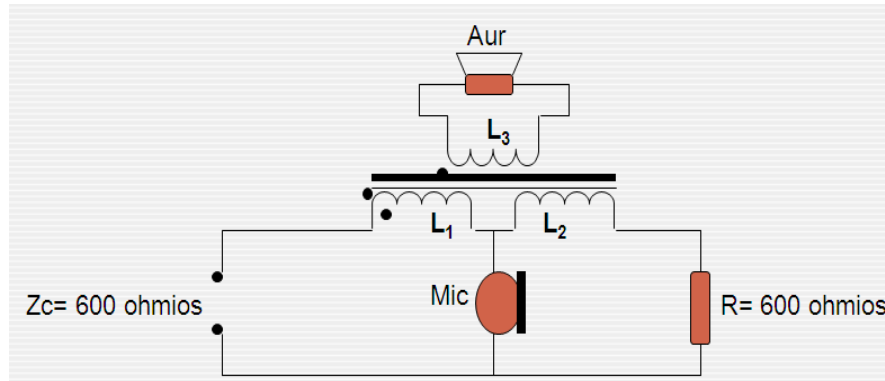


Figura 2-9 Diagrama de Bobina Híbrida

Los devanados de cada uno de los transformadores están conectados de tal manera que las señales que produce el transmisor aparecen en los conductores del lazo local, pero no así en el receptor. De la misma manera, los devanados del transformador permiten que una señal llegue al receptor, pero el voltaje resultante no se aplica al transmisor. Una pequeña parte de la señal de voz, se retroalimenta al receptor.

A esta realimentación del transmisor al receptor se llama tono lateral.

En conclusión dicha bobina sirve para evitar el eco y redundancia de la voz que llega al transmisor y no debe de escucharse por el receptor del mismo teléfono del cual se realiza la llamada y viceversa. (GRUPI ICE)

Unidad de marcación: La marcación se puede realizar a través de un aparato de disco o a través de marcación por tonos mediante un teclado.

La marcación en un aparato de disco:



Figura 2-10 Unidad de Marcación en Forma de Disco

La marcación en un aparato de disco (teléfono analógico) se realiza cuando el disco se hace girar. Al escuchar el tono que indica al usuario que puede marcar, éste gira el disco al dígito específico en cada caso hasta completar el número del teléfono al que desea llamar. Al ir en retroceso el disco interrumpe el circuito eléctrico ese número de veces, lo cual se interpreta en el conmutador de la central telefónica como el número telefónico con el que se debe enlazar el aparato del que proviene dicha señal. Ver Figura 2-10 (GRUPI ICE)

Marcación por tonos:

La mayor parte de los teléfonos estándar usan teclado con 12 teclas o interruptores para los números del 0 al 9 y los símbolos especiales * y #, a estos se les llaman teclados DTMF³. Ver Figura 2-11

El sistema DTMF también incluye cuatro teclas adicionales para aplicaciones especiales. En telefonía, el sistema de marcación por tonos, también llamado sistema multifrecuencial o DTMF (Dual-Tone Multi-Frequency), consiste en lo siguiente:

Cuando el usuario pulsa en el teclado de su teléfono la tecla correspondiente al dígito que quiere marcar, se envían dos tonos, de distinta frecuencia:

Uno por columna y otro por fila en la que esté la tecla, que la central descodifica a través de filtros especiales, detectando instantáneamente que dígito se marcó.

³ DTMF- Dual-Tone Multi-Frequency (Tonos de Multifrecuencia)



Figura 2-11 Teléfono Estandar

La marcación en un aparato de teclado (teléfono digital) se lleva a cabo por medio de la suma de frecuencias, según la tabla mostrada a continuación:

Hz	1 209	1 336	1 477
697	1	2	3
770	4	5	6
852	7	8	9
941	*	0	#

Figura 2-12Tabla de Frecuencias

Según la tabla mostrada en la Figura 2-12, si el usuario marca el dígito "2", la señal que procesará el equipo conmutador de la central será la suma de 1,336Hz (vertical) y 697Hz horizontal), consecuentemente la señal será de 2,033Hz. Así ocurrirá en cada caso según el dígito marcado (GRUPI ICE)

La Marcación por tonos fue posible gracias al desarrollo de circuitos integrados que generan estos tonos desde el equipo terminal, consumiendo poca corriente de la red y sustituyendo el sistema mecánico de interrupción-conexión (el anticuado disco de marcar). Este sistema supera al de marcación por pulsos por cuanto disminuye la posibilidad de errores de marcación, al no depender de un dispositivo mecánico. Por otra parte es mucho más rápido ya que no hay que esperar tanto tiempo para que la central detecte las interrupciones, según el número marcado. No

obstante, las modernas centrales telefónicas de conmutación digital, controladas por ordenador, siguen admitiendo la conexión de terminales telefónicos con ambos tipos de marcación.

1.1.6.2 Principio de Funcionamiento

El teléfono posee principalmente dos grandes funciones. La primera es realizar una conexión entre dos porciones, ya sea pulsando algunas teclas o girando un disco lo cual generará unos impulsos que serán convertidos y transmitidos a través de las diferentes líneas de comunicación. Este procedimiento en conjunto de la señalización necesaria, localiza al destinatario y así mismo se encarga de crear la conexión. La siguiente función es la de realizar la comunicación de voz entre los abonados mediante transductores. (Mendez Esquivel .. , 2005)

1.1.6.3 Plan de Numeración

El plan de numeración es el plan que indica a la planta telefónica que ruta o camino telefónico debe seguir para lograr una comunicación al destino final solicitado.

Su principal objetivo es identificar a los abonados dentro de la red telefónica, y para llevar a cabo esta tarea es necesario asignar un número telefónico diferente a cada uno de los usuarios dentro de la red. La asignación de dicho número consiste en la combinación de las cifras del 0 al 9. También permite asignar números especiales como son los números de emergencia, la policía, bomberos, entre otros.

El número de abonado puede ser planeado para estar acorde con la localización geográfica. Un número telefónico es una dirección jerárquica, que permite conmutar una llamada, donde el mismo número telefónico sirve para localizar el destino, incluso entre ciudades, países y regiones. (Ospina Montoya, Entre Pares pptx, 2008)

Según la estructura que posee el plan de numeración en cada país, este se puede clasificar en: Abiertos y Cerrados.

Los planes de numeración son abiertos cuando los números telefónicos que poseen los usuarios tienen longitudes variables entre sí. Esto es debido a que no han sido estandarizados. Por consiguiente el usuario que origina la llamada puede marcar un número mayor o menor de cifras dependiendo de la zona geográfica donde se encuentre ubicado el usuario con el cual se desea realizar la llamada telefónica dentro del mismo país.

El plan de numeración es cerrado cuando la cantidad de cifras del número del usuario es la misma en todo el territorio nacional. (Ospina Montoya, Entre Pares pptx, 2008)

Un plan de numeración define diferentes conceptos en ese propósito de asignar los números a los usuarios y hacerlos únicos dentro del contexto local, nacional e internacional. Es por eso que se definen números como el abonado, el número local, número nacional, y el internacional. A continuación detallaremos cada uno de ellos:

Numero de abonado: determina la posición del abonado o suscriptor en la central local.

Numero de central o código multientral: Determina la identificación de cada central dentro de un área geográfica.

Código de área: También conocido como indicativo nacional, es el número que identifica un área geográfica con un grupo de centrales locales dentro de un país (es de 1 a 3 cifras).

Numero Nacional: Conjunto de dígitos que identifica un usuario en un país. Está formado por: <Código de área>+<número nacional>.

Código de país: Es el indicativo internacional, es el número que identifica un país. Facilita las funciones de enrutamiento internacional.

Numero Internacional: Identifica los usuarios entre países. Formado por: <Código de país>+<número nacional> (Ospina Montoya, Entre Pares pptx, 2008)

El plan de numeración que se utiliza en nuestro país es cerrado y está constituido por una numeración de 8 dígitos, los primeros cuatro dígitos identifica la central local y los últimos cuatro al suscriptor.

Los códigos de las centrales tienen la forma NABC XXXX donde N es el indicativo nacional de destino:

2 para telefonía convencional y 8 para telefonía móvil.

Cada suscriptor de telefonía fija es identificado por un número que está atado geográficamente a una localización física representada por ABC.

Plan de Numeración Telefonía Fija

Dígito 1: Servicios Especiales, Emergencia, Operadoras, etc.

Dígito 22: Managua

Dígito 23: León y Chinandega

Dígito 25: Zona Oriental, Central y Atlántico sur.

Dígito 27: Zona Norte y Atlántico

1.2 Red de telecomunicaciones

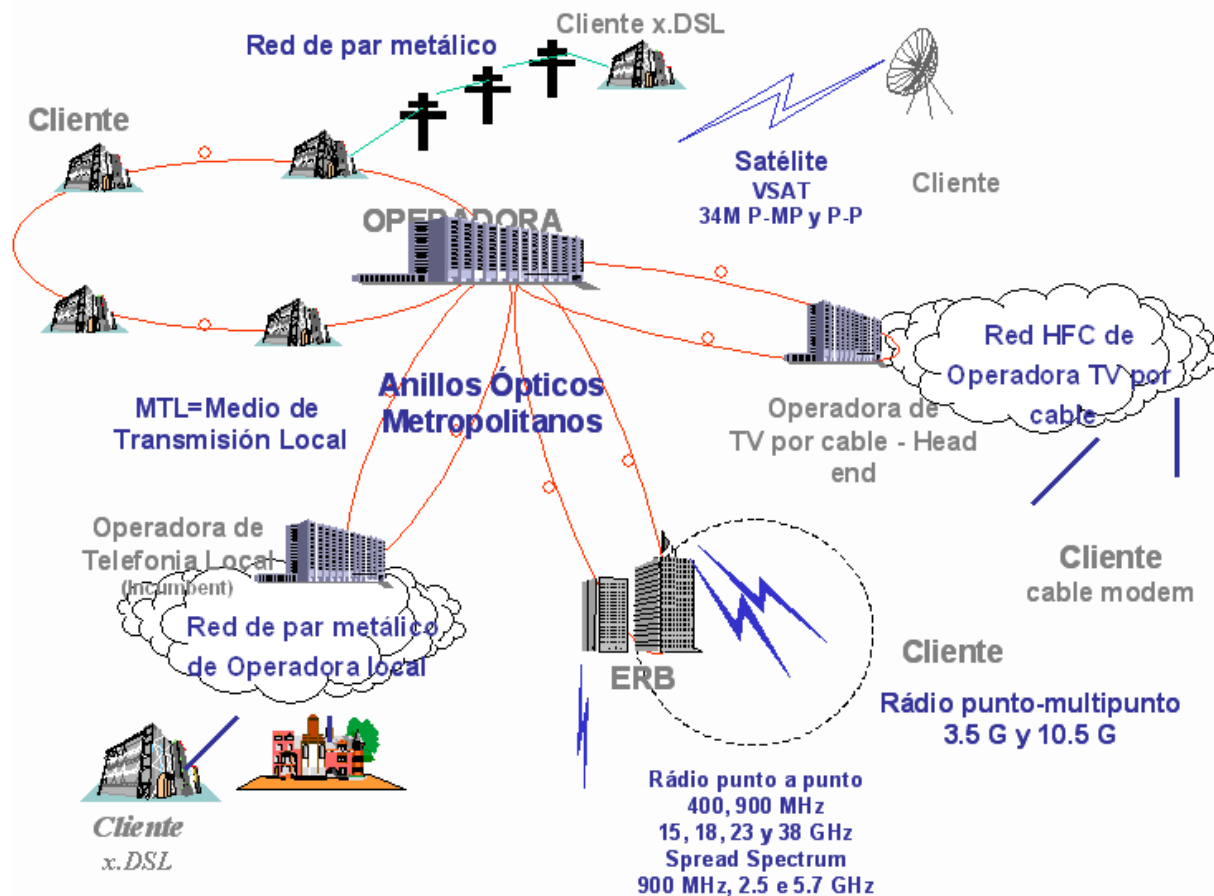


Figura 2-13 Ejemplo de una red de telecomunicaciones

1.2.1 Definición de las telecomunicaciones

El objetivo de un sistema de comunicación es transmitir señales que poseen información que ha sido creada o generada por una fuente que se encuentra localizada en cierto sitio geográfico, a un destino localizado en otro sitio. Según lo que acabamos de describir podemos definir la red de telecomunicaciones como:

La red de telecomunicaciones es un conjunto de medios técnicos instalados, operados, organizados y administrados con la finalidad de facilitar a los usuarios los distintos servicios de telecomunicaciones. (Fusario, 1999)

1.2.2 Enlaces de telecomunicaciones

El enlace de telecomunicaciones se refiere al vínculo entre dos equipos terminales con el objeto de intercambiar, en forma remota, señales de voz, datos, textos e imágenes. Los enlaces se pueden dividir en dos tipos, dependiendo de la posibilidad que este posea de elegir o no el equipo terminal con el que se desea comunicar. Estas dos son: Enlaces conmutados y Enlaces dedicados o arrendados.

- El enlace conmutado es cuando el equipo terminal que realiza la llamada tiene la posibilidad de elegir cuál será el otro equipo terminal con el que se desea comunicar, y esto es posible a través de un equipo denominado conmutador.
- A diferencia del enlace conmutado, el enlace arrendado no posee la capacidad de elegir el equipo terminal con el cual desea realizar la comunicación, por lo que siempre se comunicara con los mismos usuarios finales. (Fusario, 1999)

1.2.3 Características generales de las redes de telecomunicaciones

Algunas de las principales características generales de las redes de telecomunicaciones son:

- Disponibilidad de los medios de comunicación
- Uso de la red de forma continua
- Empleo de la red de acuerdo con la demanda (Fusario, 1999)

1.2.4 Elementos de la red de telecomunicaciones

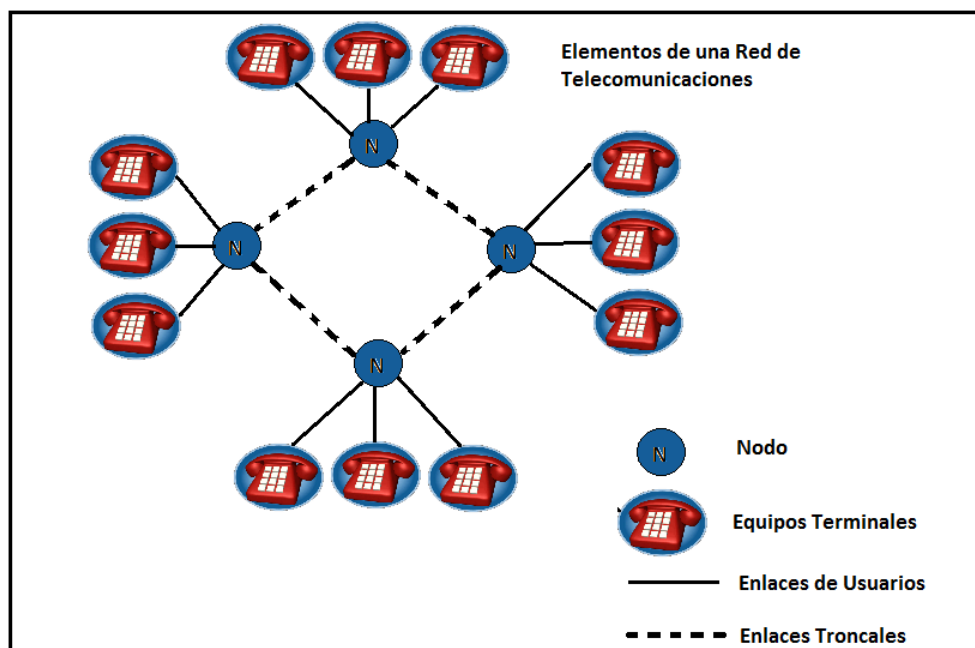


Figura 2-14 Elementos de una Red de Comunicaciones

Nodo: El nodo es el punto de una red en el que concurren dos o más enlaces de comunicaciones y se encuentra equipado con dispositivos que permiten la función de conmutación.

Enlace: Llamaremos enlace en una red de telecomunicaciones al conjunto de medios de comunicaciones que permiten establecer uno o más canales de transmisión entre dos puntos de una red.

Troncal: es un enlace que interconecta las llamadas externas de una central telefónica, concentrando y unificando varias comunicaciones simultáneas en una sola señal para un transporte y transmisión a distancia más eficiente (generalmente digital) y poder establecer comunicaciones con otra central o una red entera de ellas.

Una central telefónica tipo PBX utiliza una línea troncal para poder hacer de la central parte de la red de otras centrales y mantener comunicaciones. Generalmente las líneas troncales de los PBX son enlaces digitales E1 y T1 que soportan hasta 30 canales (líneas) de voz para la intercomunicación. Si se llegase a interrumpir la comunicación de la línea troncal, no habría manera de establecer comunicación entre las centrales por ninguno de sus 30 canales. (Wikipedia, 2009)

Enlace Troncal y Enlace de Usuario: En particular llamaremos enlace troncal al que une dos nodos entre sí, y enlace de usuario, al que une un equipo terminal con el nodo del cual está conectado.

Equipo Terminal: El equipo terminal en una red de telecomunicaciones es el conjunto compuesto por elementos de características electrónicas que permite introducir señales de información en una red, o extraerlas de ella. Las señales pueden ser de voz, datos, textos o imágenes, la cual se transmite a través de un enlace de comunicaciones conectado a un nodo, del que es tributario, o de otro equipo terminal de características analógicas. (Fusario, 1999)

1.2.5 Modelo de las Comunicaciones

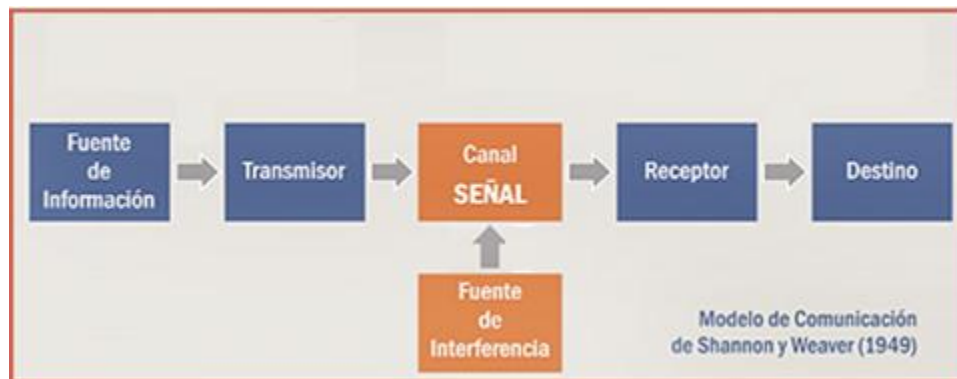


Figura 2-15 Modelo de Comunicaciones de Shannon y Weaver

El modelo de comunicaciones más conocido es el de Shannon y Weaver el cual está constituido por siete elementos:

Fuente: Es quien genera el mensaje o idea a transmitir.

Transductor de entrada: Debe convertir el mensaje o idea a la forma de energía adecuada para la transmisión, que generalmente es una señal eléctrica.

Transmisor: Toma como entrada la señal generada por el transductor de entrada y, utilizando alguna forma de codificación, transmite la señal al canal de comunicación.

Canal de comunicación: Tiene la función de llevar la señal generada por el transmisor hasta el receptor, es decir, esa señal se propaga a través del canal de comunicación.

Receptor: Toma como entrada la señal que llega por el canal de comunicación y la decodifica para entregarla al transductor de salida y que este pueda procesarla en forma más adecuada.

Transductor de salida: Debe tomar la señal del receptor y convertirla en una forma de energía adecuada para entregarla al destino.

Destino: Es a quien va dirigido el mensaje o la idea.

1.3 Red Telefónica Pública Conmutada

La red telefónica pública conmutada o mejor conocida por su acrónimo en inglés PSTN⁴ es un conjunto ordenado de dispositivos y medios de transmisión y conmutación que facilitan, fundamentalmente, el intercambio de voz entre dos clientes mediante el empleo de aparatos telefónicos. El objetivo fundamental de la Red telefónica conmutada es conseguir la conexión entre todos los usuarios de la red, a nivel geográfico local, nacional e internacional. (galeon.com, 2005)

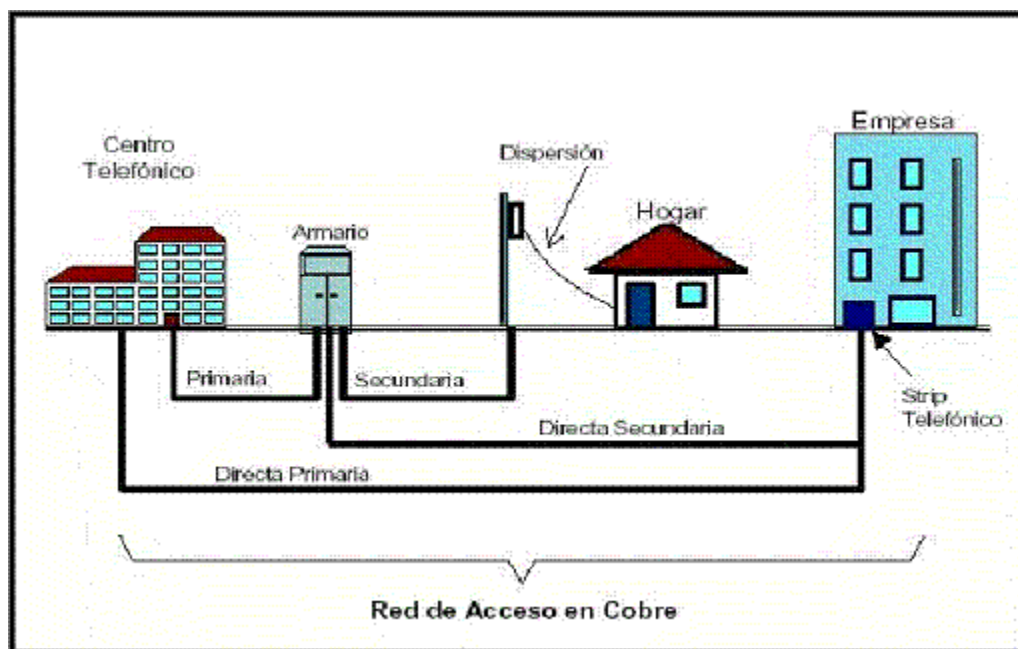


Figura 2-16 Red Telefónica Pública Conmutada

Hasta hace poco se denominaba RTC⁵, pero la aparición del sistema RDSI (digital pero basado también en la conmutación de circuitos), ha generado una tendencia a utilizar la terminología RTB⁶ para la primitiva red telefónica (analógica), reservando las siglas RTC para las redes

⁴ PSTN- Public switching telecommunications network (Red Telefónica Pública Conmutada)

⁵ RTC- Red Telefónica Conmutada

⁶ RTB- Red Telefónica Básica

conmutadas de cualquier tipo (analógicas y digitales); así pues, la RTC incluye la primitiva RTB y la moderna RDSI. (Zator Systems)

En un inicio, la red telefónica básica fue creada y diseñada para transmitir la voz humana. Es por ello que, tanto por la naturaleza de la información a transmitir, como la tecnología existente y diseñada en esa época el sistema construido fue totalmente analógica.

En un principio, la transmisión realizada era totalmente analógica y los equipos multicanales y sus equipos de línea estaban unidos de manera mecánica. Posteriormente, esta unión empezó a realizarse de manera automática por medio de repartidores de alta frecuencia. Para la transmisión de las señales telefónicas se utilizan las líneas aéreas y pares de cables para circuitos de bajas frecuencias, y cables coaxiales para agrupaciones de circuitos con mayores números de canales. (Telefonia, Fenie)

Las centrales manuales para lograr establecer una comunicación entre dos usuarios, necesitan de la intervención de una tercera persona, la operadora. (Servicios de Formacion de Telefonía de España S.A.U, 2000)

Las centrales automáticas son aquellas en las que todas las operaciones efectuadas por la operadora para establecer una comunicación entre dos usuarios, pasan a ser efectuadas por diversos dispositivos de forma automática, estos dispositivos podrán ser electromecánicos o circuitos integrados digitales dependiendo de la evolución tecnológica de la central.

Las ventajas de los sistemas automáticos sobre los manuales son: Una mayor rapidez y regularidad en el establecimiento de las comunicaciones, el secreto de las conversaciones y el máximo aprovechamiento de los enlaces y circuitos disponibles. (Servicios de Formacion de Telefonía de España S.A.U, 2000)

1.3.1 Clasificación de las redes telefónicas publicas

Las redes telefónicas públicas se clasifican en función de su área de cobertura geográfica y simultáneamente, según la forma en que se aplican las tarifas que las regulan. Así se tienen las siguientes redes:

❖ Redes urbanas

Son aquellas que cubren las necesidades geográficas de un pueblo, una ciudad o un área densamente poblada, que puede incluir a varias ciudades. Se caracterizan por tener una tarifa única para toda el área, independientemente de la ubicación del usuario (distancia geográfica), con la condición de que estén dentro del área considerada.

❖ Redes interurbanas

Son aquellas que enlazan dos o más ciudades o aéreas urbanas diferentes. En el servicio telefónico interurbano, las tarifas que se pagan dependen normalmente, de la distancia existente entre los usuarios intercomunicados y el tiempo que dura la comunicación por lo que en muchos casos existe más de una tarifa.

❖ Redes internacionales

Son aquellas que interconectan usuarios ubicados en países diferentes. Los vínculos que enlazan a las redes de diferentes países son mayoritariamente enlaces satelitales o cables submarinos, a excepción de los enlaces denominados fronterizos (que unen dos países que tienen fronteras comunes), que en general usan radioenlaces de microondas o cables. Las redes internacionales tienen como principios de tarificación acuerdos entre las administraciones de los distintos países, basados en los medios técnicos usados y en las conveniencias comerciales.

1.3.2 Criterios de diseño

En el diseño de las redes telefónicas, al igual que en cualquier tipo de red, se deben de optimizar al máximo los recursos para la instalación de las centrales y sus medios de conexión y enlaces.

Para el diseño e implementación de una red se deben de tomar en cuenta los siguientes factores o criterios de diseños:

- ✚ El número de abonados a cubrir: Esto dependerá de la cantidad de habitantes de la zona y la penetración del servicio que se pretende conseguir en dicha localidad.
- ✚ Ubicación geográfica de los habitantes de la zona: Esto influirá directamente en la distribución de la red de acceso, es decir las líneas del abonado a la central, de tal manera que, el despliegue de la red es totalmente distinto en zonas unifamiliares que en zonas donde existan rascacielos.
- ✚ Utilización del servicio: Está muy relacionado con el punto anterior ya que se deberán tener en cuenta las características de la zona, en lo que se refiere a la posible utilización del servicio, ya que las necesidades de servicio telefónico en una zona de oficinas es diferente a zona de viviendas o industrial.
- ✚ Perspectiva de la utilización del servicio a medio y largo plazo: Este factor es muy importante ya que es mucho más económico sobredimensionar la red de forma adecuada cuando esta está empezando a desplegarse, que hacer ampliaciones una vez que la red está en funcionamiento. En estas previsiones se tendrán en cuenta, por ejemplo, las nuevas construcciones en la zona, posibles creaciones de oficinas, demandas de futuros servicios, entre otros. (galeon.com, 2005)

1.3.3 Red Jerárquica

La red Jerárquica es el conjunto de estaciones de abonados y centrales unidas entre sí. Cada una de estas depende de una única categoría superior. (IesMachado)

La jerarquía de la red consiste en que cada unidad inferior dependerá única y exclusivamente de otra unidad de orden superior. En una red telefónica, todos los usuarios de la red, no pueden estar conectados a una sola central, debido, entre otras razones, a la capacidad limitada de conexiones de la propia central, la situación geográfica, etc.

Este hecho provoca que se agrupe un determinado número de usuarios en torno a una central, otros en torno a otra y así sucesivamente. Para que todos estos usuarios puedan conectarse entre sí, será necesario conectar estas centrales a otra central de orden superior, que gobierne el tráfico entre usuarios de distintas centrales. Si esta situación se repite en otros ámbitos geográficos, será necesario unir estas centrales de orden superior entre sí para hacer posible la comunicación con otros usuarios y así sucesivamente hasta cubrir la posibilidad de cualquier comunicación entre usuarios, independientemente del lugar en donde se encuentren. (Telefonía, Fenie)

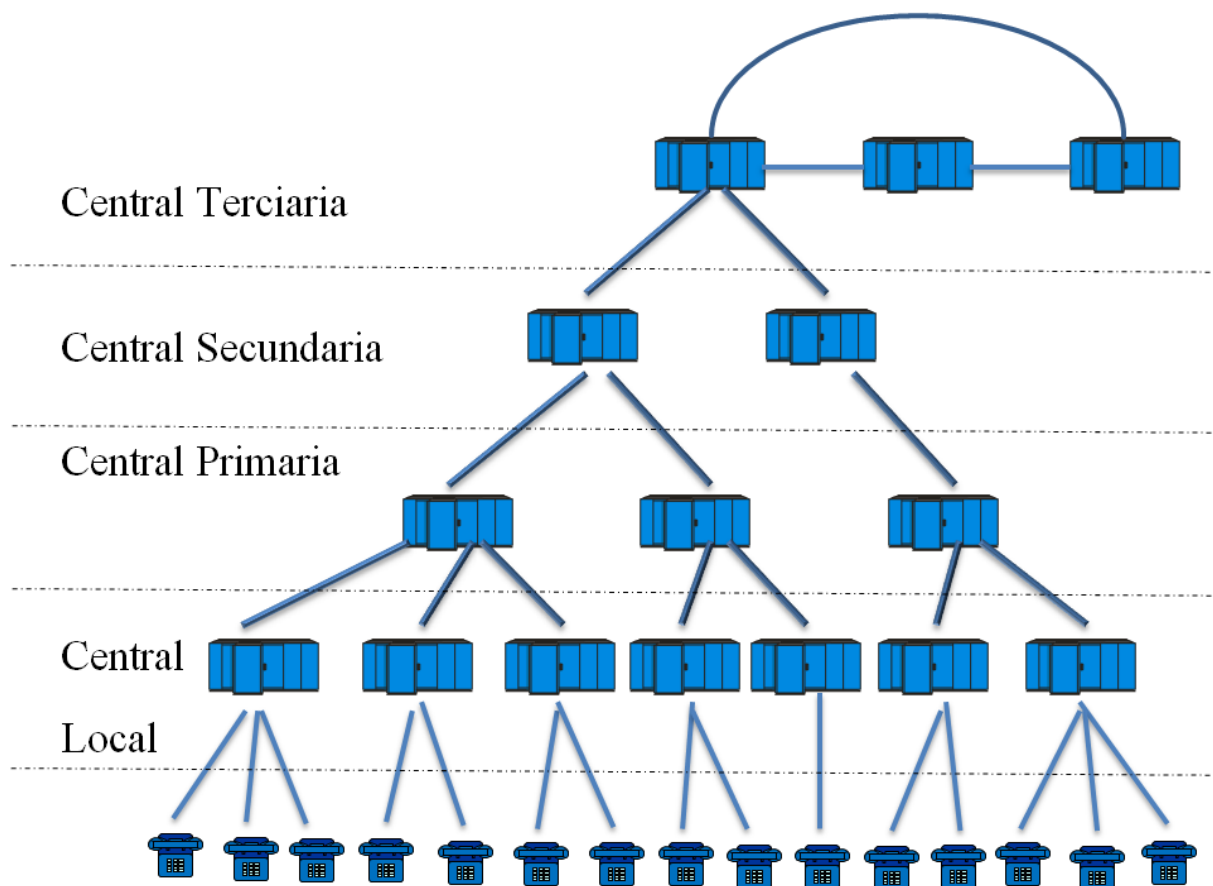


Figura 2-17 Jerarquía de la Red Telefónica Pública Conmutada

Elementos que conforman la red jerárquica

Central Local (CL): La central local es la que se conecta a los dispositivos terminales mediante el bucle de abonado. También se le denomina central terminal cuando actúa como central de conexión de pequeños núcleos de población, o central urbana si el servicio se efectúa para abonados de una misma población.

Central Primaria (CS): La central primaria es a la que se conectan una o varias centrales locales de varios núcleos urbanos. También es denominada central de sector.

Central Secundaria: Son centrales que conectan las centrales primarias de distintas localidades, también se le denomina Central Automática Interurbana (CAI).

Centrales Terciarias: Son centrales de orden superior que conectan centrales secundarias pertenecientes a distintas áreas provinciales. Estas centrales también se les denominan Centrales Nodales y están conectadas con las de orden superior mediante enlaces directos. (Telefonia, Fenie)

Central Internacional: Estas centrales aunque no pertenecen a la red jerárquica son las encargadas de cursar todas las llamadas internacionales con origen o destino en esta red. (Servicios de Formacion de Telefonia de España S.A.U, 2000)

Ventajas y desventajas de la red jerárquica

Ventajas:

- ✚ Disminuye el número de enlaces con respecto a una red totalmente mallada.
- ✚ Facilita la tarificación, el crecimiento de la red y el encaminamiento.

Desventajas:

- ✚ No hay redundancia.
- ✚ Cuanto más se sube de nivel más recursos intervienen y, por tanto, el control del establecimiento de llamada es más complejo. (Universidad de Zaragoza)

1.3.4 Red complementaria

La red complementaria se conforma por los enlaces y encaminamientos directos que no están contemplados en la estructura de la red jerárquica. Es decir la red complementaria se crea en el momento en que se enlazan centrales de la misma categorías, ya sean centrales locales, primarias, secundarias, etc. Ver Figura 2-18. Estos enlaces se suelen hacer entre nodos que intercambien volúmenes elevados de tráfico. Esto se hace porque así, para gran número de comunicaciones, se precisa utilizar menos enlaces intermedios y menor número de equipos de conmutación. De esta forma los nodos de mayor jerarquía tienen que cursar menos tráfico, se reducen costes al utilizar menos recursos y aumenta la fiabilidad de la red, ya que se crea una malla parcial que proporciona redundancia de caminos, muy útil en caso de congestión o fallas en la red.

Ambas redes, complementaria y jerárquica, coexisten superpuestas y facilitan alternativas de encaminamiento. (galeon.com, 2005)

En este tipo de red es donde aparecen las centrales Tandem, las cuales tienen la función de interconectar oficinas locales (dentro de la misma área de intercambio) que no tiene suficiente volumen de tráfico intercentrales para justificar troncales directas, también proporciona rutas alternas para llamadas dentro del área. Ver Figura 2-18. (Universidad Jesuita en Guadalajara, 2002)

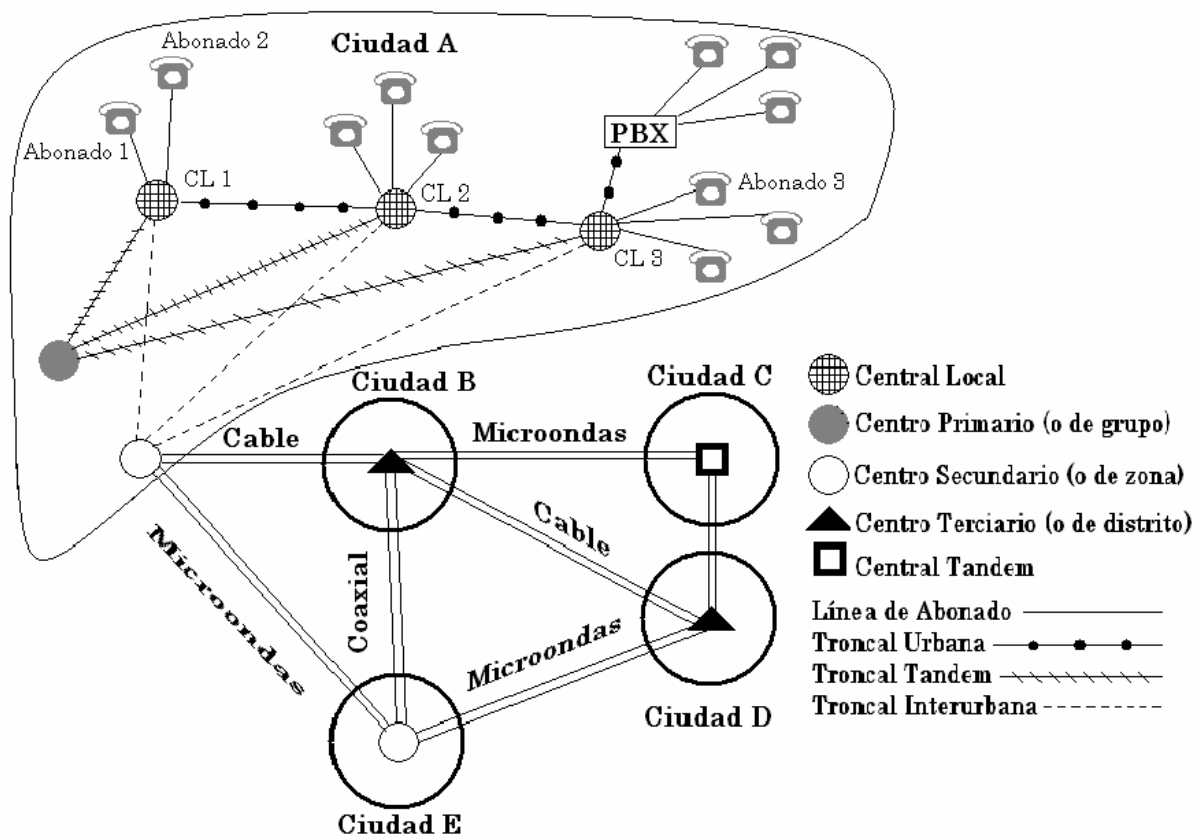


Figura 2-18 Ejemplo de una Red Complementaria

(Mendez Esquivel C. , 2005)

Enlaces de las redes telefónicas publicas conmutadas

Para la conexión entre las centrales descritas anteriormente se utilizan distintos tipos de enlace, dependiendo de las necesidades del tráfico telefónico existentes en cada caso:

Bucle de abonado: Está formado por hilo paralelo de dos conductores. Es un circuito dedicado, puesto que cada abonado lo posee en exclusiva.

Circuitos de enlace directo: Son líneas dedicadas utilizadas para realizar la conexión entre centrales de la misma categoría o de categoría superior distinta de la de su jerarquía. Estos circuitos pertenecen a la red complementaria.

Circuitos de enlace intertándem: Son circuitos de enlace entre centrales tándem y son necesarios en función del tráfico existente entre centrales locales.

Circuitos de enlace local-tándem: Son circuitos de enlace entre una central local y una central tándem. Pertenecen también a la red complementaria.

Circuitos locales: Son circuitos que realizan la conexión de centrales locales con centrales primarias.

Circuitos interurbanos: Se denomina de esta manera al resto de los circuitos de enlace existentes en una estructura de red telefónica.

En zonas de escasa población, se suelen utilizar concentradores remotos, que realizan la función de central local remota recibiendo la conexión de los terminales a través del bucle de abonado. Estos concentradores se conectan a una central local que es la que efectúa la interconexión entre abonados de distintos concentradores remotos.

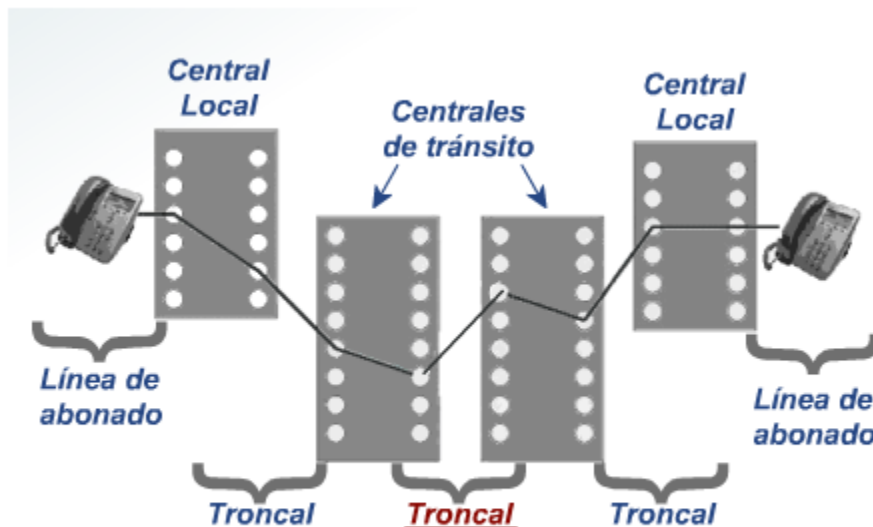


Figura 2-19 Ejemplo donde se conectan centrales de tránsito a través de troncales

1.3.5 Elementos de la red telefónica

La red telefónica es una red de telecomunicaciones y es por ello que los conceptos de los elementos que conforman la red telefónica pueden ser definidos de manera particular para cada tipo de red. En este caso en particular describiremos los elementos de la red telefónica.

Equipo terminal:

El equipo terminal en la red de telefonía son los dispositivos electrónicos llamados teléfonos, los cuales son los encargados de recibir y transmitir la voz o fuente de información que se desea enviar a otra localidad de destino.

Transmisión:

En general cuando se habla de Red de transmisión se refiere al conjunto de medios conductores (cables metálicos, ópticos o submarinos) o radio electrónicos (radio enlaces de microondas, enlaces con satélites etc.) que juntos con otros sistemas electrónicos complementarios permiten

transmitir las señales entre las distintas centrales de comunicación. En la actualidad, al contrario que en el caso de las redes de acceso, la mayor parte de las redes de transmisión están formadas por cables ópticos.

Conmutación en la red telefónica:

Permite la conexión entre dos usuarios Finales.

Elementos que conforman el equipo de conmutación:

Podemos clasificar los elementos que conforman un equipo de conmutación dependiendo de la función que desempeñan en dos grupos:

- Red de conversación o conexión
- Unidad de control

La red de conversación o conexión es la encargada de soportar el establecimiento físico de la función de las comunicaciones de los usuarios.

La unidad de control es la encargada de controlar y supervisar a la red de conversación atendiendo a las peticiones efectuadas por los usuarios. Ver Figura 2-20

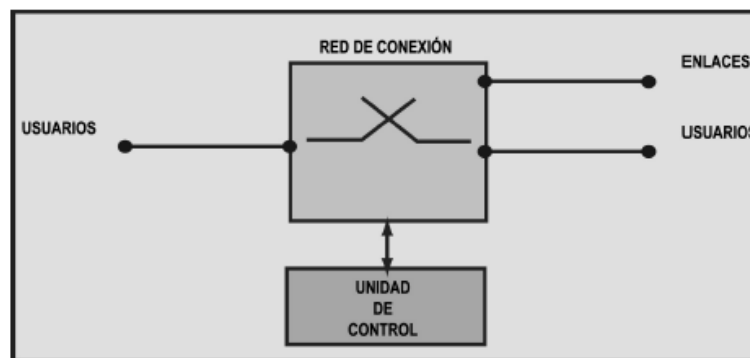


Figura 2-20 Diagrama de los Elementos que Conforman un Equipo de Conmutación

Señalización en la red telefónica:

La señalización cumple un papel muy importante en las conexiones de las llamadas de la red telefónica. La señalización realiza el control de las llamadas mediante la gestión, establecimiento, mantenimiento y finalización de la comunicación mediante el intercambio de información entre abonados y conmutadores, entre los conmutadores entre si y entre conmutadores y centros de gestión de la red. (Universidad de Zaragoza)

Algunas de las funciones que realiza la señalización son:

- ✚ Comunicación audible con el abonado (tono de marcar, de llamada, señal de ocupado).

- ✦ Transmisión del número de marcado a las centrales de conmutación para intentar establecer la conexión.
- ✦ Comunicación entre conmutadores indicando que un intento de llamada no se logró establecer.
- ✦ Comunicación entre conmutadores indicando que una llamada ha finalizado y que la línea puede desconectarse.
- ✦ Generación de la señal que hace que el teléfono suene.
- ✦ Transmisión de información con fines de tarificación.
- ✦ Transmisión de información indicando el estado de los equipos, las líneas para emplear en el encaminamiento, mantenimiento y diagnóstico de fallas. (Universidad de Zaragoza)

1.4 Centrales Telefónicas Privadas

Una central telefónica privada o PBX se refiere al dispositivo que actúa como una ramificación de la red primaria pública de teléfono, por lo que los usuarios no se comunican al exterior mediante líneas telefónicas convencionales, sino que al estar el PBX directamente conectado a la RTC (red telefónica pública), será esta misma la que enrute la llamada hasta su destino final mediante enlaces unificados de transporte de voz llamados líneas troncales. En otras palabras, los usuarios de una PBX no tienen asociada ninguna central de teléfono pública, ya que es el mismo PBX que actúa como tal, análogo a una central pública que da cobertura a todo un sector mientras que un PBX lo ofrece a las instalaciones de una compañía generalmente, en la Figura 2-21 se observan distintas PBX. (Wikipedia, 2010)

Una central privada realiza como mínimo tres funcionalidades Básicas:

- ❖ Establecer conexiones entre dos teléfonos. Esto implica establecer la relación entre un número y una línea, asegurarse de que la línea no esté ocupada, etc.
- ❖ Mantener esas conexiones activas durante el tiempo que los usuarios lo deseen.
- ❖ Proveer información para contabilidad, como medición de las llamadas y tarificación.

Además de estas funcionalidades básicas, las centrales privadas suelen ofrecer una gran cantidad de características adicionales, que dependen del Fabricante y el modelo de la central en cuestión. (Wikipedia, 2010)

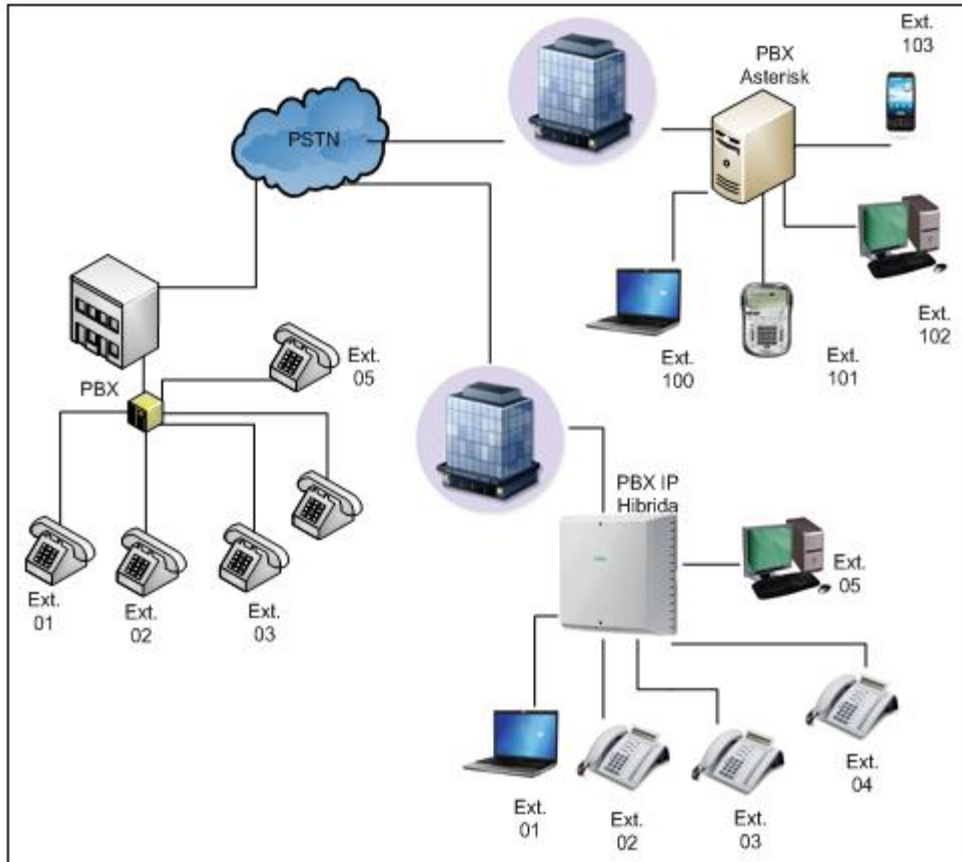


Figura 2-21 Distintas Centrales Telefónicas Privadas

1.4.1 PBX Analógicas o convencionales, TRADICIONALES

Son conmutadores analógicos de alta velocidad que cuenta con su propio procesador y un sistema operativo patentado, conecta los teléfonos a las líneas troncales. Su costo inicial por usuario es elevado, así como sus costos de mantenimiento y servicio; requiere de mucha capacitación para los usuarios. Pero son muy confiables; otra de sus desventajas es el hecho de que para agregar servicios como correo de voz y distribución de llamadas necesitan módulos adicionales que por lo general son costosos, ver Figura 2-22 . (Custodio Cadena, 2005)

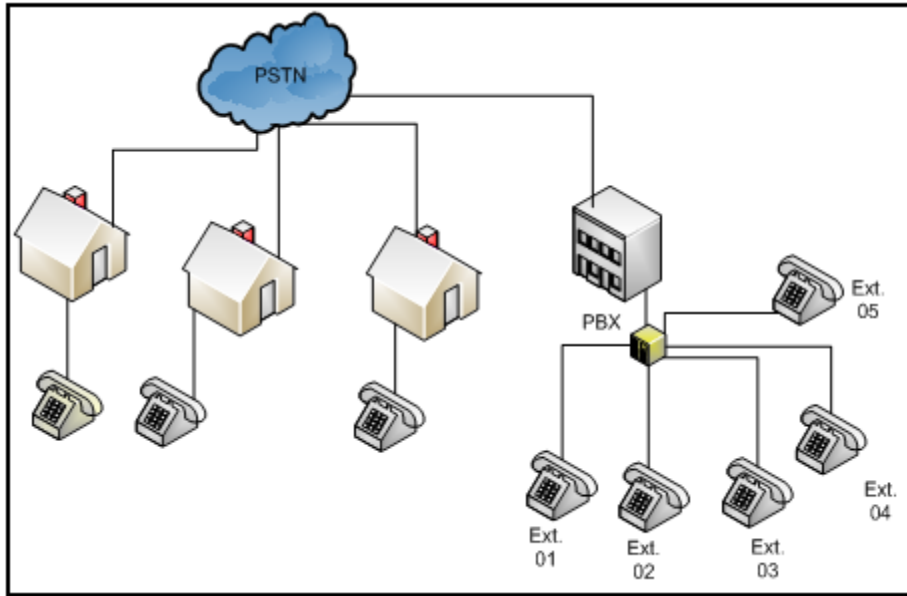


Figura 2-22 Diagrama de Conexión de una PBX en la PSTN

1.4.2 PBX IP

Utilizan el protocolo IP⁷_{vii} para transportar la información de las llamadas. La gran mayoría de las centrales modernas tienen soporte de VoIP⁸_{viii}.

IP-PBX, es decir que permiten tener comunicaciones de VoIP y comunicaciones con telefonía tradicional. Este tipo de centrales son de mayor tamaño, y también de mayor costo. Todas son modulares y permiten ser expandidas mediante placas adicionales para aumentar la cantidad de funcionalidades provistas, ver Figura 2-23. (Marga.com.ar, 2007)

1.4.1 PBX virtual

La aparición de proyectos de Software Libre como Asterisk para la creación de centrales privadas, ha reducido mucho el costo necesario para adquirir una central telefónica.

Una PBX virtual es una computadora con software especializado que se encarga de hacer, contestar y transferir llamadas. Se conecta a la red de cómputo por medio de la cual se comunica con teléfonos y otras computadoras. Se conecta a las líneas de la PSTN para hacer llamadas nacionales. Se conecta a internet para hacer llamadas internacionales y comunicarse con extensiones remotas. Diseño modular permite expandir las capacidades de la central, ver Figura 2-24. (PBX virtual, 2007)

⁷ IP- Internet Protocolo (Protocolo de Internet)

⁸ VoIP- Voz sobre protocolo de Internet

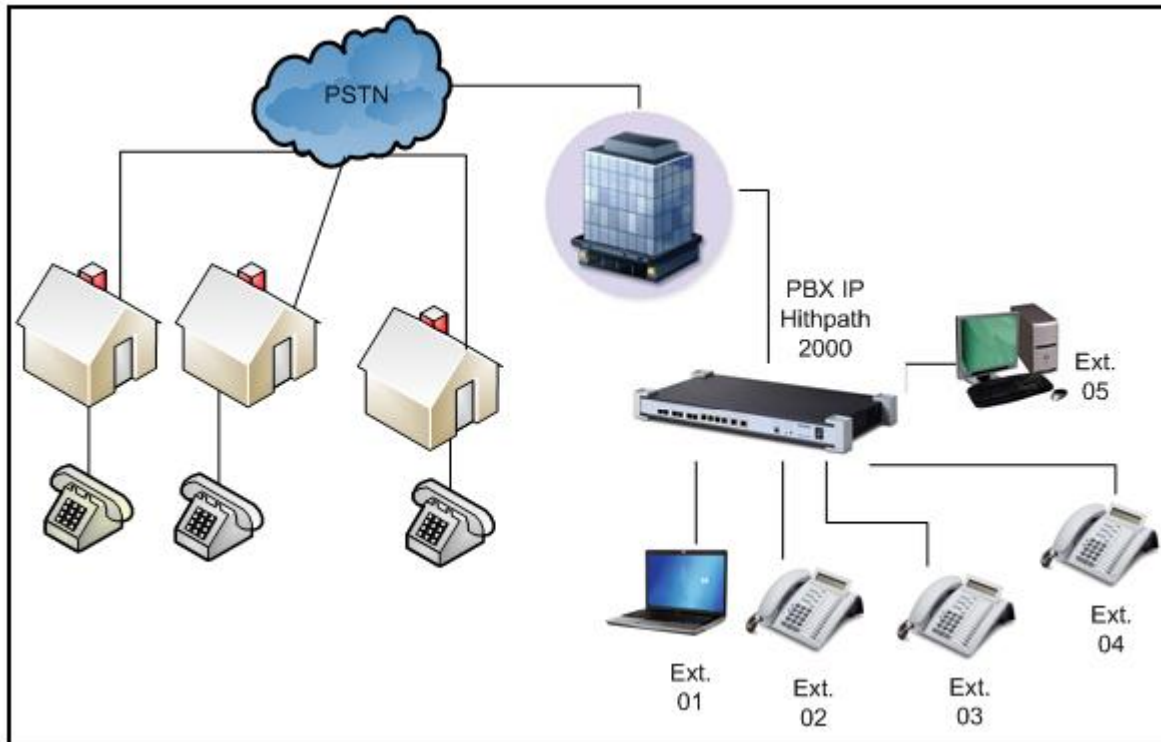


Figura 2-23 Diagrama de conexión de PBX IP

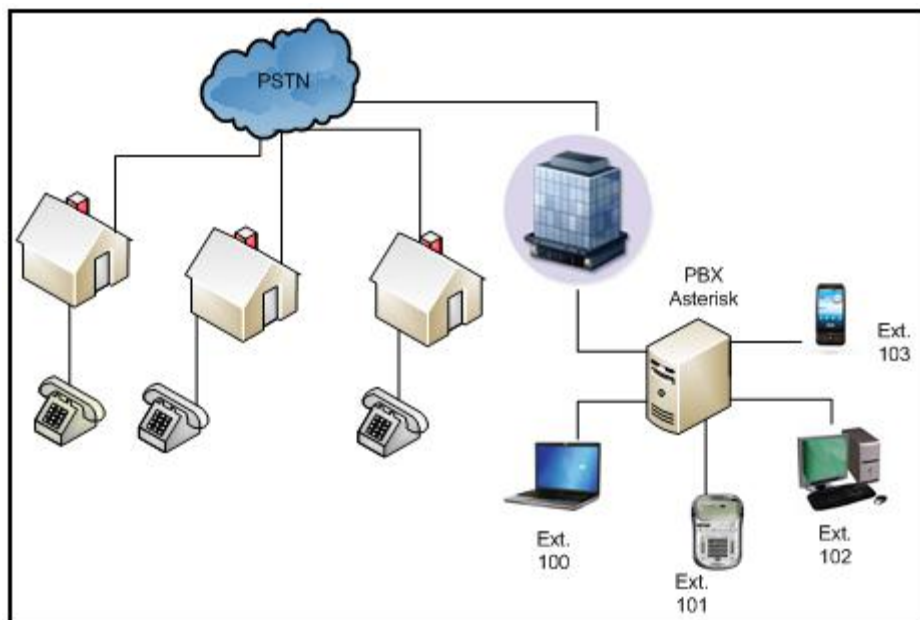


Figura 2-24 PBX Virtual

1.4.1.1 Central Asterisk

Las centrales Asterisk son PBX virtuales que se construyen a partir de una computadora común, corriendo un software determinado. Se trata de una central que opera completamente en VoIP.

La conversión a teléfonos tradicionales se debe realizarse mediante dispositivos externos o placas internas al servidor. También es posible conectar teléfonos SIP⁹_{ix} directamente a la red, de modo que se obtiene el comportamiento de un teléfono normal.

El paquete básico de Asterisk incluye muchas características que antes sólo estaban disponibles en caros sistemas propietarios. (Chiesa & Manterola, 2007)

A menudo la telefonía es una fuente de problemas: es difícil de controlar y reducir el gasto, es complicado cambiar la configuración de la centralita, es imposible o muy costoso ampliar la capacidad. Además, si nuestro teléfono no responde o comunica se pierden llamadas. Esto da una mala imagen de nuestra empresa y puede suponer la pérdida de oportunidades de negocio. Asterisk proporciona un conjunto de funciones igual o superior a las centralitas más avanzadas del mercado, a un coste muy inferior. Algunas de las múltiples ventajas de Asterisk son:

- Gran flexibilidad: desde pequeñas oficinas a grandes entornos corporativos
- Escalabilidad total: no es necesario pagar cantidades exorbitantes por módulos propietarios para ampliar la capacidad de la centralita
- Fácil integración con el entorno informático.
- Integración total entre telefonía tradicional (fija y móvil) y voz sobre IP (VoIP)
- Disponibilidad de módulos de software para ampliar sus funciones
- Programable: se pueden añadir nuevas funciones a medida de nuestras necesidades
- Soporte para los principales estándares de VoIP
- Uso de un ordenador estándar como centralita

(Clarcats Consulting S.A.L., , 2009)

Asterisk asume el rol de centralita corporativa. Al conectarla a la línea telefónica y a la red de excepciones datos, dispondremos de un sistema PBX completo, con servicios tales como: buzones de voz individuales o por grupos, envío de mensajes por correo electrónico, grabación de llamadas, funciones de no molestar y oficina cerrada, desvío de llamada (si comunica, no responde o incondicional), privilegios de llamada según el número de la extensión, menús guiados por voz (IVR¹⁰_x), multiconferencias, filtro horario, enrutamiento de llamadas y conexión a proveedores de VoIP externos a través de internet y muchas otras posibilidades. (Clarcats Consulting S.A.L., , 2009)

Además de cubrir todas las funciones tradicionales de las centralitas convencionales, nos permite llamar desde la agenda de Outlook (y otros clientes de correo), consultar nuestros mensajes de voz y el detalle de llamadas desde un explorador web. (Chiesa & Manterola, 2007)

⁹ SIP- Session Initiation Protocol (Protocolo de inicio de sesión)

¹⁰ IVR- Interactive Voice Response (Respuesta de voz interactiva)

Asterisk puede funcionar como cualquier centralita tradicional, e incorpora todas sus funcionalidades tales como:

- ✚ Conexión con líneas de telefonía tradicional, mediante interfaces tipo analógico (FXO) para líneas de teléfono fijo o bien móvil y RDSI (BRI o PRI).
- ✚ Soporte de extensiones analógicas.
- ✚ Soporte de líneas (trunks) IP: SIP, H323 o IAX.
- ✚ Soporte de extensiones IP: SIP, SCCP, MGCP, H323 o IAX.
- ✚ Música en Espera basada en archivos MP3 y similar.
- ✚ Funciones básicas de usuario:
 - Transferencias (directa o consultiva)
 - Desvíos
 - Capturas (de grupo o de extensión)
 - Conferencia múltiple
 - Aparcamiento de llamadas (Call parking)
 - Llamada directa a extensión
 - Retrollamada - Callback (llamada automática cuando disponible).
 - Paging - Megafonía a través del altavoz del teléfono

Softphone

Softphone es una aplicación multimedia, ofrecida por operadoras VOIP, que funciona asociado con la tecnología VOIP / Telefonía IP dándote la posibilidad de hacer llamadas directamente desde tu PC o laptop.

Un softphone (en inglés combinación de software y de telephone) es un software que hace una simulación de teléfono convencional por computadora. Es decir, permite usar la computadora para hacer llamadas a otros softphones o a otros teléfonos convencionales usando un VSP. (Wikipedia, 2011)

El softphone transforma la computadora en un teléfono multimedia, con capacidad de voz, datos e imagen. Esto hace posible que puedas hacer llamadas a teléfonos convencionales a través de Internet, generalmente a un bajo costo, y también hacer conexiones "PC-PC" gratuitamente, que es el tipo más conocido y utilizado con respecto a llamadas VOIP actualmente. (Pores & Pores, 2010)

Normalmente, un Softphone es parte de un entorno Voz sobre IP y puede estar basado en el estándar SIP/H.323 o ser privativo. Hay muchas implementaciones disponibles, como la ampliamente disponible Microsoft Windows Messenger. (Wikipedia, 2011)

X-Lite: Este es uno de los mejores teléfonos por software (softphone). La versión Lite está bastante dotada de funciones y es gratuita. X-Lite es el camino más rápido para conectarse a

través del servicio CyberVOIP hasta que reciba sus aparatos definitivos. (Internet y Comunicaciones S.A., 2008)



Figura 2-25 SoftPhone Zoiper

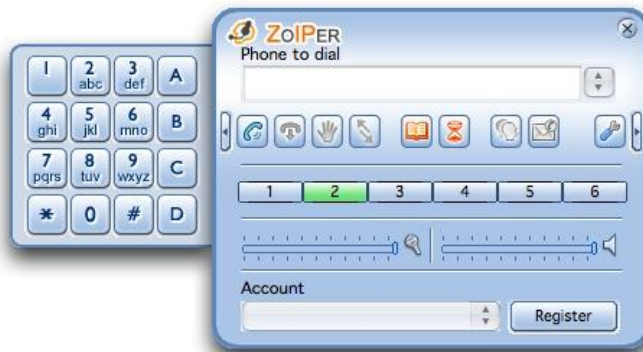


Figura 2-26 SoftPhone X-Lite

Zoiper: Es otro softphone muy utilizado que es compatible con la plataforma Asterisk o cualquier otra plataforma que use los protocolos SIP o IAX.

1.4.2 PBX Híbridas

Son PBX especiales por que poseen un módulo que logra la interconexión de las centrales IP puras y las PBX analógicas. Diseñada para soportar avanzados servicios de voz junto con la convergencia de redes de datos.

En estos sistemas, el fabricante ha aunado las funciones propias de una central telefónica con soluciones de mensajería vocal, movilidad inalámbrica basada en DECT¹¹_{xi} y conexión a redes IP para el soporte de VoIP, así como integración directa con los PC vía Ethernet o puerto USB para aplicaciones CTI¹²_{xii} ver Figura 2-27. (Network World, 2003)

Tendencias actuales del mercado

Una de las tendencias con mayor aceptación actualmente es la de las centrales con soporte de VoIP, conocidas como IPBX, que Por otro lado, la aparición de proyectos de Software Libre como Asterisk para la creación de centrales privadas, ha reducido mucho el costo necesario para adquirir una central telefónica.

Finalmente, otra tendencia que ha adquirido un mercado importante dentro de las pequeñas y medianas empresas es el de tener la central dentro del proveedor de telefonía, llamado Centrex. (Chiesa & Manterola, 2007)

¹¹ DECT- Digital Enhanced Cordless Telecommunications, Telecomunicaciones Inalámbricas Mejoradas Digitalmente

¹² CTI- (Computer Telephony Integration) es una solución tecnológica que integra la informática con la telefonía y el Internet.

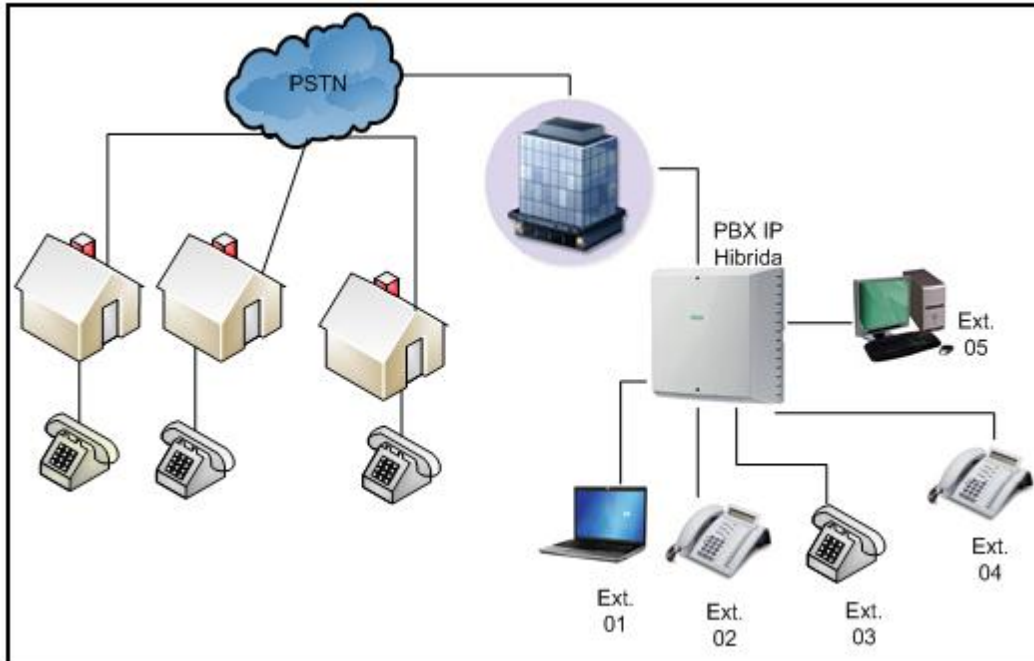


Figura 2-27 Diagrama de conexión de una PBX IP Híbrida

1.5 Servicios especiales de la PSTN

1.5.1 Transferencia de llamada

Una transferencia de llamadas es un mecanismo de telecomunicaciones que permite a un usuario de trasladar a una llamada existente a otro teléfono o consola de operadora mediante el botón de la transferencia y marcar la ubicación deseada. La llamada se transfiere bien y sin previo aviso.

Si la llamada transferida se anunció, el partido deseado / extensión de la notificación de la transferencia inminente. Normalmente, esto se hace poniendo la llamada en espera y marcación por la persona que busca / extensión, que luego son notificados y, si deciden aceptar la llamada, ésta se transfiere a través de ellos. Otros términos utilizados para una transferencia anunciada incluyen atención, consulta, consultar completa bajo supervisión, y transferencia de la conferencia.

Por otro lado, una transferencia sin previo aviso se explica por sí mismo: se transfiere sin notificar a la persona deseada o extensión de la llamada inminente. Esta es simplemente transferida a sus líneas a través de una "transferencia" clave en el teléfono del operador o tecleando una cadena de dígitos que logra la misma función. Otros términos utilizados para una transferencia sin previo aviso y sin supervisión son ciegos. Transferencia de llamadas sin supervisión puede ser caliente o frío - en función del momento en que la extensión este desconectada.

1.5.2 Desvío de llamada

El desvío de llamadas en la telefonía, es una característica de algunas redes de telefonía que permite a una llamada entrante a un compañero (que podría no estar disponible), ser redirigida a un teléfono móvil o número de teléfono donde el usuario deseado está ubicado. Fue inventado por Ernest J. Bonanno. En América del Norte por lo general (aunque no siempre) las líneas de desvío de llamadas suenan una vez, para recordar a los clientes que usan el desvío de llamadas que la llamada está siendo desviada. De una forma más consistente, la línea remitida indica su condición de tono de marcado entrecortado.

En Europa, la mayoría de las redes indican que el desvío de llamada está activo con un tono de marcación especial. Cuando el teléfono se recoge es inmediatamente evidente que las llamadas se desvían.

1.5.3 Llamada en Espera

Llamada en espera, en la telefonía, es una característica de algunas redes de telefonía. Si una persona que llama hace una llamada a un interlocutor que está comprometido u ocupado, y el usuario llamado tiene la llamada en espera activada, este usuario está en condiciones de suspender la llamada telefónica actual y cambiar a la nueva llamada entrante (por lo general, se logra oprimiendo el botón del flash), y luego se puede negociar con la antigua o la llamada actual sobre un buen momento para llamarle.

Llamada en espera, por tanto, elimina la necesidad de tener más de una línea para las comunicaciones de voz. Tenga en cuenta que desde la llamada en espera crea un sonido audible (por ejemplo, un pitido de 440 Hz cada diez segundos en América del Norte), llamada en espera puede causar que conexiones de acceso telefónico de acceso a Internet terminen, a menos que el módem sea compatible con el estándar de modem más reciente V.92 .

Por esta razón, llamada en espera es a menudo deshabilitada en líneas telefónicas que comparten voz y datos.

1.5.4 Captura de llamada

Captura de llamadas es una característica utilizada en un sistema telefónico que permite responder la llamada telefónica destinada a otra persona. La "captura de llamadas", es una característica que se accede pulsando un botón preprogramado (usualmente llamado "Pick-Up"), o pulsando una secuencia especial de teclas del aparato telefónico.

En los lugares donde "la captura de llamada" se usa, los aparatos telefónicos se pueden dividir en zonas. En virtud de dicho acuerdo, el uso de "captura de llamadas" sólo contesta llamadas en la misma zona.

"Captura de llamadas" puede ser dirigido. El proceso de captura de llamada dirigida se utiliza para recoger una llamada que suena en un número de extensión específico, esta función se accede a través de una secuencia diferente de botones de lo normal ", captura de llamadas".

Un sistema de teléfono sólo puede recoger una llamada a la vez. Si hay muchas llamadas al mismo tiempo, "captura de llamadas" recogerá la llamada que sonó a menos que la captura sea dirigida

Usos de captura de llamadas

- Si se establece que el teléfono de un colega está sonando, se puede responder a ese llamado utilizando el teléfono personas y utilizando la "captura de llamada", en lugar de caminar hacia el escritorio del colega.
- "Captura de llamadas" se utiliza a menudo en los entornos de grupos de trabajo, por ejemplo, oficinas que responden a consultas de los clientes. En tales contextos, el servicio puede ser llamado "captura de llamadas de grupo" y por lo general no importa que recoja una llamada.
- Captura de llamada también es útil para grandes oficinas o en períodos de inactividad, cuando hay menos personas están presentes de los aparatos telefónicos.

1.5.5 Hotline

En telecomunicaciones, una línea telefónica (también conocido como servicio de señalización automática, ringdown o servicio descolgado) es un enlace punto a punto las comunicaciones en que la llamada es automáticamente dirigida al destino preseleccionado sin ninguna acción adicional por parte del usuario cuando el instrumento final se descuelga. Un ejemplo podría ser un teléfono que se conecta automáticamente a los servicios de emergencia en descolgar el auricular.

Las verdaderas Hotlines no se pueden utilizar para realizar llamadas a destinos que no sean preseleccionados. Sin embargo, en el uso común o coloquial, una "línea directa" con frecuencia se refiere a un centro de llamadas capaz de marcar a un número de teléfono estándar, o, a veces los números de teléfono sí mismos. Esto es especialmente el caso de las 24 horas, los números no comerciales, como las líneas telefónicas punta de la policía o líneas suicidio crisis, que son atendidos en todo momento y así dar la apariencia de las líneas directas real.

1.5.6 Marcación Directa Entrante - Direct Inward Dial (DID)

La marcación Directa Entrante (DID¹³_{xiii}) es un enlace especial que permite las llamadas entrantes desde la PSTN llegar a una estación específica, sin asistencia del operador.

No es igual a un número directo ya que el DID comparte entre todos las extensiones bajo demanda.

Necesidades

- ✚ Reduce la dependencia de un operador a tiempo completo

¹³ DID- Direct Inward Dial (marcación Directa Entrante)

- ✚ Reduce la carga de trabajo del operador.
- ✚ Da a los departamentos y los individuos la condición de una línea individual y en el proceso también crea un ambiente de oficina personal.

Usos

- ✚ Industrias tales como las instituciones gubernamentales, hospitales, hoteles, públicos, instituciones financieras, manufactura, educación, distribución y transporte.

Limitaciones

- ✚ Aunque el destinatario podría estar disponible, todos los troncos puede estar ocupado en un momento dad.

1.5.7 Centrex

El servicio de Centrex¹⁴_{xiv}, o de central virtual, es un servicio ofrecido por los proveedores de telefonía en el cual la central está alojada y mantenida por el proveedor. El cliente paga por el servicio sin tener que encargarse del mantenimiento. Este tipo de servicios son especialmente útiles cuando los internos de la central están en distintos puntos geográficos.

Es un tipo de servicio PBX¹⁵_{xv}, donde el procesamiento de los servicios se produce en una central telefónica en lugar de las instalaciones del usuario.

La compañía telefónica posee y gestiona todos los equipos de comunicación y, a continuación arrienda los teléfonos a los usuarios. (Marga.com.ar, 2007)

Características de Centrex

- ✚ Los usuarios Centrex poseen marcación DID, así como la identificación de llamadas salientes.
- ✚ Cada estación aparece como una línea única en la central local de la misma manera que un teléfono residencial.
- ✚ Los usuarios Centrex pueden marcar unos cuatro o cinco dígitos sin un prefijo para llamar a las extensiones internas, y un prefijo (9) para obtener los números exterior.
- ✚ Ahorro en costos porque no hay un equipo de conmutación.

1.6 Tipos de servicios ofrecidos por los carriers

1.6.1 Servicios por conmutación de circuitos (Circuit-switched services)

Los servicios por conmutación de circuitos son servicios conmutados que establecen una conexión virtual antes de transmitir los datos. Algunos de los servicios más comunes son los siguientes:

Servicio conmutado 56K (switched 56K service): Este es un servicio digital de datos que se transmite a 56 Kbps. Debido a que es digital, no requiere de un modem. En vez de eso, se utiliza

¹⁴ Centrex- Central Office Exchange Service (Oficina central de servicio de intercambio)

¹⁵ PBX- Private Branch Exchange (Central Telefónica privada)

un DSU/CSU (data service unit/channel service unit) para proveer una interface entre el enrutador y el proveedor de servicios. El servicio 56K conmutado es utilizado más comúnmente como respaldo para los servicios de datos a altas velocidades así como para transmisiones de fax y transferencias de archivos. Este servicio de 56K conmutado fue muy popular en Estados Unidos, pero que no está disponible en México

Red digital de servicios integrados (ISDN): ISDN es el primer servicio dial-up totalmente digital. Es un servicio digital de alta velocidad que provee servicios integrados de voz. El servicio básico de ISDN, es llamado BRI (Basic Rate Interface) y tiene 3 canales: 2 proveen dos canales de datos de 64 Kbps (llamados Canales B "Bearer Channels") y un canal de señalización de 16 Kbps (llamado "canal D") ver Figura 2-28. Otro servicio de ISDN es llamado PRI (Primary Rate Interface) el cual provee 23 canales B (64 Kbps c/u) y un canal D (64 Kbps). EL canal D provee monitoreo e inicialización de la llamada, manteniendo a los canales B libres para transmitir datos. En México Telmex/Telnor lo ofrece con el nombre comercial de *Prodigy Turbo*.



Figura 2-28 Basic Rate Interface

1.6.2 Servicio de conmutación de paquetes (packet-switched services):

En este tipo de servicio, cada paquete es transmitido separadamente, cada uno puede llevar una trayectoria diferente a través de las rutas de la malla de la red. Este tipo de servicio no es recomendable para tráfico sensible al tiempo, los servicios de conmutación de paquetes manipulan mejor el tráfico en ráfagas. Los servicios más populares de conmutación de paquetes son los siguientes:

X.25 Las redes X.25 han estado en funcionamiento desde 1976, eran usadas para proveer conexiones remotas de terminales hacia mainframes. Estas realizan verificación de error extensivo para asegurar un envío seguro. Sin embargo, las redes X.25 no son recomendables para la mayoría del tráfico LAN a LAN debido al tiempo y al ancho de banda consumido por su extensiva corrección de error. X.25 opera a velocidades de hasta 2 Mbps, el cual tiene más capacidad que los servicios descritos anteriormente. Para lograr la interconexión se requiere de un equipo conocido como PAD (Paquet Assembler Desassembler), que se encarga de ensamblar y desensamblar paquetes en la red ver Figura 2-29.



Figura 2-29 Interface X.25

Frame Relay: Frame Relay, provee servicios similares a X.25, pero es más rápido y más eficiente. Frame Relay es un sistema punto a punto que utiliza Circuitos Privados Virtuales (PVC, Private Virtual Circuit) para transmitir tramas de longitud variable en el nivel de Enlace de Datos (capa 2). Debido a que los enlaces de hoy en día son menos ruidosos y de más calidad, Frame Relay no emplea la verificación de error intensiva que utiliza X.25. La interconexión se hace a través de un CSU/DSU o a través de un FRAD (Frame Relay Access Device).

Podríamos decir que una CSU/DSU es un módem muy potente. Se requiere un dispositivo como este para cada extremo de una conexión las unidades que están en los dos extremos deben ser del mismo fabricante.

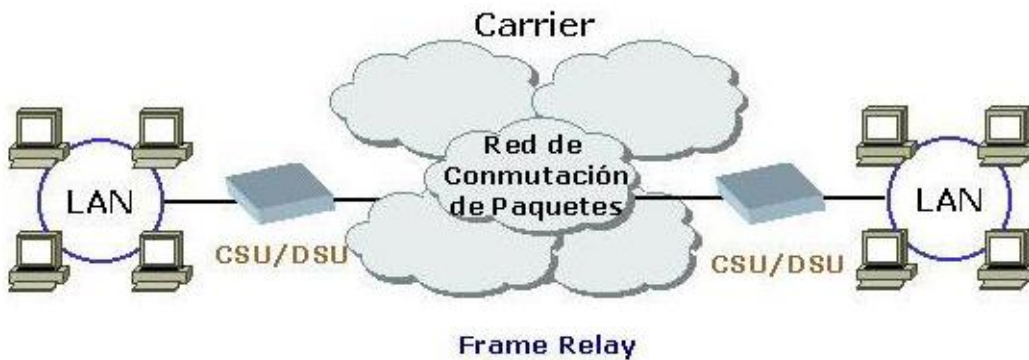


Figura 2-30 CSU/DSU

1.6.3 Servicios de conmutación de celdas (cell-switched services):

En los servicios de conmutación de celdas, la unidad mínima de datos conmutados es una "celda" de tamaño fijo, es vez de un paquete de longitud variable. La tecnología basada en celdas permite que la conmutación sea realizada en hardware sin la complejidad y el consumo de tiempo de cálculo frame por frame. Esto hace que la conmutación por medio de celdas más rápida y barata. Los servicios más conocidos son los siguientes:

ATM (Asynchronous Transfer Mode): ATM es un método de transmisión de celdas de tamaño fijo (53 bytes) utilizada en redes de banda ancha. ATM puede transferir datos a tasas desde 25

Mbps hasta 622 Mbps y tiene el potencial de transferir datos a velocidades de datos medidas en Gigabits por segundo. Muchos proveedores de servicios ofrecen servicios ATM, pero la gran mayoría lo tienen planeado para un futuro muy cercano ya que su implementación es muy cara.

El equipamiento de la red puede conmutar, enrutar y desplazar tramas de tamaño uniforme más rápidamente que cuando se utilizan tramas de tamaño variable. La celda consistente y de tamaño estándar utiliza, de forma eficiente, búferes y reduce el trabajo necesario relativo al procesamiento de los datos de llegada. El tamaño uniforme de la celda también ayuda en la planificación del ancho de banda para las aplicaciones.

La interconexión en una red ATM se hace por medio de Conmutadores ATM (ATM switches). Un switch ATM es un dispositivo multipuerto que pueden actuar como un hub para enviar datos de una computadora a otra dentro de una LAN. También puede actuar de manera similar a un enrutador para enviar datos a alta velocidad a redes remotas. Los switches ATM también puede actuar como multicanalizadores permitiendo múltiples entradas de información (datos, voz, video, multimedia,..).

SMDS (Switched Multimegabit Data Service): Como ATM, SMDS es otro servicio basado en celdas de longitud fija proveído por algunos carriers en Estados Unidos pero que no está disponible en México. SMDS usa conmutación de celdas y provee servicios tales como tarificación basada en uso y administración de red. El rango de las velocidades de transmisión van desde 1 Mbps hasta los 34 Mbps con una conectividad de muchos a muchos.

SMDS es compatible con el estándar MAN IEEE 802.6 así como con B-ISDN (ISDN de Banda Ancha), pero los servicios de administración y facturación que SMDS proporciona, no están especificados en el estándar 802.6.

1.6.4 Servicios dedicados digitales (dedicated digital services)

Las líneas digitales dedicadas son frecuentemente usadas para transportar voz, datos y video. Los servicios digitales proveen velocidades de datos hasta 45 Mbps. En la actualidad, las líneas digitales son hechas al "acondicionar" líneas normales (cobre) con equipos especiales para transportar altas velocidades.



Figura 2-31 Portadoras T1 E1

T1: T1 provee transmisiones de datos a velocidades de 1.544 Mbps y pueden llevar tanto voz como datos. Un T1 esta dividido en 24 canales de 64 Kbps cada uno. Esto es debido a que cada

circuito de voz requiere de 64 Kbps de ancho de banda, así cuando los T1 son divididos en canales de 64 Kbps, voz y datos pueden ser llevados sobre el mismo servicio T1.

E1: E1 posee casi las mismas características que un T1 excepto que este tipo de servicio tiene más capacidad. Un E1 tiene 2.044 Mbps dividido en 30 canales de 64 Kbps. Es servicio estándar reconocido por la ITU-T usado en todo el mundo, mientras el T1 es solo usado dentro de Estados Unidos.

El servicio E1 de voz permite manejar un único canal de acceso telefónico de alta capacidad que lleva hasta el domicilio del Cliente 30 canales telefónicos con un rango numérico, perteneciente a los rangos de numeración de red fija otorgados por el ente regulador, que puede ser de 100 o más números (dependiendo de la necesidad del cliente).

El servicio se deberá integrar a una Centralita del Cliente (PABX), la cual, deberá contar con una interfaz de servicio que tolere señalización Euro ISDN o R2M para que esta pueda entregar las numeraciones a los usuarios finales en concepto de extensión. Los 30 canales de acceso del E1 son compartidos por todos los números telefónicos asignados al mismo, por lo que, todas las llamadas entrantes o salientes de cualquiera de las extensiones asignadas podrán ser atendidas directamente mientras exista un canal disponible.

Por otro lado, se tendrá acceso directo desde el exterior a cada una de las extensiones por medio de un número telefónico (DID).

El cliente no sólo tendrá una conexión digital para llamadas de voz que goza de servicios suplementarios como Caller ID, desvío de llamadas, marcación abreviada, etc., sino también le permitirá transmitir datos, usar servicios de videoconferencia, acceso a Internet.

El producto va dirigido a todas las empresas que manejen grandes cantidades de tráfico, independientemente que éste sea entrante o saliente.

Podrían ser empresas con Call Centers, proveedores de Internet (ISPs), bancos, grandes multinacionales, empresas de marketing telefónico, entre otras.

Para que sea factible la instalación del servicio, la dirección de instalación debe de estar ubicada dentro del área de cobertura.

T1 fraccional/E1 fraccional. A veces no se requiere de un E1 o T1 completo, por lo que los proveedores de servicios ofrecen fracciones de un E1 o T1 en múltiplos de 64 Kbps. Un canal de 64 Kbps es conocido comúnmente como un E0 (E cero) en el estándar E1, mientras que un canal de 64 Kbps en el estándar T1, es conocido como DS0.

T3. Un T3 es equivalente a 28 líneas T1, es decir 45 Mbps o 672 DS0s o 672 canales de 64 Kbps.

E2: es una línea que transporta señales E1 multicanalizadas a una velocidad de 8.448 Mbps.

E3: transporta 16 E1s con una tasa de 34.368 Mbps.

E4: Transporta 4 E3s con una tasa de 139.264 Mbps

E5: Transporta 4 E4s con una tasa de 565.148 Mbps.

1.7 Preguntas de control

Preguntas de control UNIDAD I

1. ¿Qué es telefonía?
2. ¿Cuáles son los tipos de redes Telefónicas?
3. ¿Qué es teléfono? Y ¿Cuáles son sus elementos?
4. ¿Cuáles son los modos de marcación telefónica? Explique brevemente cada uno de ellos.
5. ¿Qué es DTMF?
6. Explique el principio de funcionamiento del sistema telefónico.
7. ¿En qué consiste un plan de numeración?
8. ¿Qué son redes de telecomunicaciones?
9. Defina enlace de telecomunicación.
10. ¿Cuáles son los tipos de enlaces de telecomunicación?
11. ¿Cuál es la función de un enlace troncal?
12. Mencione y explique los elementos de una red de telecomunicaciones.
13. Realice un diagrama que muestre los elementos de un modelo de telecomunicación y sus funciones.
14. Explique, ¿Qué es una red telefónica pública Conmutada?
15. Mencione los tipos de redes telefónicas públicas. Explique brevemente cada una de ellas.
16. ¿Qué criterios se deben tomar para diseñar una red telefónica?
17. ¿En qué consiste una red jerárquica? Realice un diagrama mostrando las partes de dicha red.
18. Explique cada uno de los elementos de una red jerárquica.
19. Realice un cuadro comparativo sobre las ventajas y desventajas de una red jerárquica.
20. Explique. ¿Qué es una red complementaria?
21. ¿Cuáles son los elementos de una red telefónica?
22. ¿Qué es una red de conversación o conexión? Y ¿Cuáles es su función?
23. ¿Qué es la señalización de una red telefónica?
24. ¿Qué funciones lleva a cabo la señalización de la red telefónica?

25. Mencione y explique algunos servicios de la PSTN.
26. ¿Qué es un Centrex? Y ¿Cuáles son sus características?
27. ¿Qué significan las siglas PBX? ¿Qué son las PBX? ¿Cuáles son sus funciones básicas?
28. Enumere y explique las características de los tipos de PBX.
29. ¿Qué es un softphone?
30. ¿Qué es la PSTN?
31. ¿Qué es y en qué consiste la red Jerárquica de la PSTN?
32. Mencione y explique los elementos de la red Jerárquica
33. ¿Qué es la red complementaria?
34. Mencione y explique los elementos de la red telefónica
35. ¿En qué consiste el servicio especial DID y CENTREX?
36. ¿Qué es una PBX?
37. Mencione y explique los tipos de PBX existentes.
38. ¿Qué es un servicio de conmutación de circuito?
39. Mencione los servicios de conmutación de paquetes
40. ¿Qué es ATM y para qué se utiliza?
41. Explique cada uno de los servicios dedicados digitales

Unidad II

Tráfico telefónico.

Objetivos General:

- Comprender los conceptos relacionados a tráfico telefónico

Objetivos Específicos:

- Mostrar los parámetros de medición del tráfico telefónico
 - Mencionar conceptos relacionados a congestiónamiento y grado de servicio.
 - Describir las características de las diferentes distribuciones de Erlang.
-

Unidad 2. Tráfico Telefónico

El objetivo de realizar el estudio de tráfico telefónico es proveer un método de análisis para determinar un compromiso aceptable entre el costo asociado a la configuración de la red, su tamaño y la calidad de servicio a ofrecer, esto es posible gracias a un buen dimensionamiento de la cantidad de circuitos necesarios en red Telefónica, tanto para los enlaces inter-centrales como para un centro de conmutación.

Si el sistema no se dimensiona para soportar el tráfico, los suscriptores (usuarios) serán bloqueados e inhabilitados de hacer llamadas

Cuando se va a instalar una central de Conmutación (Telefónica o de Datos) esta, debe estar dotada con una determinada cantidad de circuitos telefónicos o canales de datos suficientes para llevar todo el tráfico generado por los usuarios que demandan el servicio, para evitar, hasta donde sea posible pérdidas por insuficiencia de circuitos o troncales. En Ingeniería de tráfico telefónico se le denomina TRONCAL a un circuito que lleva una llamada telefónica. Dicho circuito puede involucrar a una sola central (tráfico local) o a varias centrales (tráfico de larga distancia). Al conjunto de troncales y conmutadores se le conoce con el nombre de TRUNKING.

2.1 Consideraciones generales

Su conocimiento y comportamiento es de vital importancia para Empresas Telefónicas, ya que es el "tráfico telefónico" el principal producto de venta al usuario y por ende la fuente principal de ingresos para las empresas. Por su naturaleza, el Tráfico Telefónico, que no se sabe cuándo un usuario va hacer uso de su equipo telefónico, está basado en la Teoría de Probabilidad y Estadísticas.

Los primeros estudios de la teoría de Tráfico Telefónico fueron realizados por el matemático Danés Agner Krarup Erlang en 1917. Y en su honor una de las unidades de medida de Tráfico es el Erlang.

El uso de la Teoría de Tráfico Telefónico puede solventar irregularidades como:

Sobre-dimensionamiento

Inversión muerta por equipos sobrantes, tiene como consecuencia gastos inadecuados e inútiles que aunque se dé un buen servicio los costos no son recuperados a corto plazo.

Sub-dimensionamiento

Un mal servicio por la falta de equipos

Problema que resuelve la ingeniería de tráfico

En las diferentes redes de telecomunicaciones existentes, la determinación de las dimensiones más adecuadas, tanto de la capacidad de un vínculo troncal que une uno o varios nodos entre sí, como de la que debe de tener un nodo para lograr realizar las múltiples llamadas

que generan los usuarios, crean un problema que es un poco difícil de analizar y más aún el resolverlo, pero quien se encarga de esto es la *Ingeniería de tráfico*.

Si un determinado número de usuarios independientes unos del otro desean realizar en un momento dado un conjunto de llamadas y si el nodo al cual se encuentra conectado no puede atenderlos simultáneamente, algunas de las llamadas se perderían y no podrían ser establecidas. (Fusario, 1999)

Para entender claramente el análisis del tráfico telefónico necesitaremos abordar primero una serie de conceptos indispensables tales como: mensaje, tráfico ofrecido, tráfico cursado, intensidad de tráfico, hora pico, entre otros.

¿Qué es un mensaje?

Las llamadas se realizan para transmitir o intercambiar mensajes a través de la red.

Y por mensaje entendemos lo siguiente:

Información que es intercambiada entre dos estaciones terminales, que actúan como fuente o sumidero, o simultáneamente de forma indistinta, mediante señales de voz, datos, textos o imágenes.

Los distintos mensajes son generados por los equipos terminales, direccionados por los nodos de conmutación o de tránsito y enviados de unos a otros a través de los vínculos que conforman la red de telecomunicaciones. (Fusario, 1999)

¿Qué es tráfico?

Trafico es la carga de mensaje que es transportada por una red de telecomunicaciones.

La expresión de tráfico puede, por lo tanto estar relacionada con la carga de mensajes sobre un nodo, un vínculo en particular, o expresar el volumen de carga de toda una red sea cual sea.

Ingeniería de tráfico

Si en un nodo, o sobre un enlace troncal, el tráfico solicitado por los usuarios fuese mayor que la capacidad que estos poseen para realizar las interconexiones y conversaciones, una de parte de todas las llamadas no podría ser transmitida a su destino. Y si por el contrario, la capacidad que posee fuera mucho mayor que la cantidad de mensajes que se desean transmitir, existiría un sobredimensionamiento de la red o de algunas de sus partes y como resultado capacidad ociosa.

Las dos situaciones mencionadas plantean graves problemas a las empresas de telecomunicaciones. En el primer caso por que estarían brindando un mal servicio a sus clientes causan de esta forma un desprestigio para la empresa y altas probabilidades de que los usuarios cambien de proveedor de servicio, y el segundo porque significa que se ha realizado una inversión poco rentable en la cual se introdujo una gran cantidad de dinero y al haber baja demanda existen grandes pérdidas del capital, es decir existirían más gastos que ingresos.

Es exactamente estos tipos de problemas son los que resuelve la ingeniería de tráfico, la cual podemos definirla de la manera siguiente:

La ingeniería de tráfico es la especialidad que mediante el auxilio de la teoría de colas y otras herramientas de, cálculo matemático y oportunas mediciones de tráfico, permite determinar y planificar la capacidad que deben tener los distintos elementos que componen una red de telecomunicaciones con el objeto de optimizar su funcionamiento. (Fusario, 1999).

Tipos de tráfico

Cuando hablamos de tráfico telefónico, debemos hacer una clara distinción entre los siguientes tipos de tráfico: DEMANDA DE TRÁFICO, TRÁFICO OFRECIDO y TRÁFICO CURSADO.

Demanda de tráfico

Es el tráfico que a los abonados les gustaría realizar sin que haya obstáculos, como: Congestión, averías técnicas o que el abonado B (destino) estuviese ocupado. La demanda de tráfico es una cantidad hipotética que sólo puede estimarse, pero no medirse.

Tráfico Ofrecido

Es el tráfico ofrecido a un grupo de circuitos (troncales), de acuerdo a un argumento netamente teórico, definido para cada central telefónica (condición de diseño). Es consecuentemente también una cantidad hipotética que se convierte en significativa sólo si se refiere a un modelo teórico específico.

Tráfico Cursado

Es el tráfico manejado por un grupo de circuitos (troncales). Puede ser medido en tiempo real.

Tráfico Facturado

Es la parte del tráfico cursado que es facturado al abonado. El tráfico cursado y el tráfico facturado difieren, ya que en la mayoría de los casos, el abonado sólo paga por las llamadas que fueron contestadas. Consecuentemente, las estadísticas del tráfico facturado sólo darán una parte del tráfico real cursado. El tráfico facturado depende de las políticas de cobro de cada administración telefónica.

2.2 Medida del tráfico

El tráfico es de naturaleza aleatoria y por lo tanto, su estudio cabe en el área de la teoría de las probabilidades. Sin embargo posee variaciones consistentes y muy distinguidas en determinados periodos de tiempo en los que aumenta a valores picos, o disminuye hasta alcanzar valores casi nulos o mínimos.

Intensidad de llamada

El tráfico telefónico es generado por un número determinado de abonados. Cuando un abonado tiene la intención de hacer una llamada telefónica, éste levanta el auricular, la central telefónica

local recibe un impulso, que conlleva a un número de acciones que hacen posible la recepción de la información (cifras numéricas) de la persona que llama, de manera que la central telefónica puede conectar el abonado que llama con el abonado deseado. Cuando la central telefónica esta lista para recibir el número de destino, un tono de invitación a marcar (TIM) es enviado a la persona que llama. Esta persona, puede entonces marcar el número deseado y la central telefónica conecta a esta persona con el abonado asignado a ese número.

El procedimiento de establecimiento implica generalmente que la llamada es conmutada sobre un número de “selectores” (hacen referencia a centrales analógicas, pero se puede incluir los pasos de conmutación en las tecnologías digitales[Escriba el nombre de la compañía]). Estos selectores pueden estar todos situados en la central local del propio abonado que llama. Sin embargo, cuando la red telefónica es lo suficientemente grande, la conmutación puede pasar por varias etapas en diferentes centrales. Consecuentemente, una unidad de conmutación que está manejando la llamada puede requerir otra unidad de conmutación, que puede ser localizada geográficamente cerca o lejos, para continuar el procedimiento de conmutación. Cuando esto se hace, también debe transferirse la información concerniente al destino deseado. Finalmente, cuando se pasa la última etapa de conmutación, el tono del abonado al que se está llamando indica que alguien quiere hablar con él.

El procedimiento de establecimiento de una llamada telefónica involucra, consecuentemente, una serie de requisitos para que la llamada sea procesada. El número total de dichos pedidos a una unidad de conmutación ó abonado por unidad de tiempo es la *intensidad de llamada*.

2.2.1 Intensidad de tráfico

La intensidad de tráfico, más comúnmente llamado simplemente tráfico, se define como el número de llamadas establecidas. Quizá esto es una cantidad adimensional aunque a esta se le ha asignado una unidad de tráfico llamada **ERLANG**, cuyo nombre fue tomado del nombre del Señor A.K. Erlang ciudadano Danés y pionero de la teoría de tráfico telefónico.

Cada usuario de un servicio de comunicaciones intenta un determinado número de llamadas por unidad de tiempo, y estas en cada caso poseen distintas duraciones.

Denominaremos intensidad de tráfico a lo siguiente:

Razón entre un número de llamadas efectuadas respecto a la unidad de tiempo, calculadas en un mismo nodo o vínculo de comunicaciones.

2.2.2 Tiempo de Ocupación

Tiempo medio que dura cada llamada sobre un mismo nodo o vinculo de comunicaciones. Es decir es el tiempo transcurrido desde la toma del circuito hasta el momento de su liberación.

Tiempo Medio de Ocupación

Es la sumatoria de todos los tiempos de ocupación de un circuito o grupo de circuitos dividido entre la cantidad de llamadas durante el periodo de observación.

Cada llamada cuando es aceptada implica que, algunos dispositivos serán ocupados por cierto tiempo. La duración que experimenta entre la toma y la liberación de esos dispositivos se llama *tiempo de ocupación*, y depende de qué tan rápido pueda llevarse a cabo el trabajo de conmutación o de procesamiento, y de sí el dispositivo se mantiene o no durante los próximos momentos de conmutación y durante la probable siguiente conversación entre los dos abonados. Los tiempos de ocupación pueden consecuentemente variar de llamada a llamada, dependiendo del tipo de dispositivo de conmutación utilizado y su función en el procedimiento de establecimiento y en el resultado de la llamada.

Concepto de hora pico o punta

Tanto la intensidad de tráfico como el tiempo de retención o de latencia, por ser valores probabilísticos presentan variaciones que pueden ser muy distinguidas en el transcurso de un día y a la vez estas en comparación con los demás días de la semana se observaran otros valores diferentes y poco similares. Hay incluso semanas con variaciones más pronunciadas que otras. Sin embargo, las variaciones presentan regularidades que permiten identificar y dimensionar los valores del tráfico definido.

A continuación mostraremos en la Figura 2-1 una gráfica de la intensidad de tráfico que se ejecuta en un día normal de trabajo.

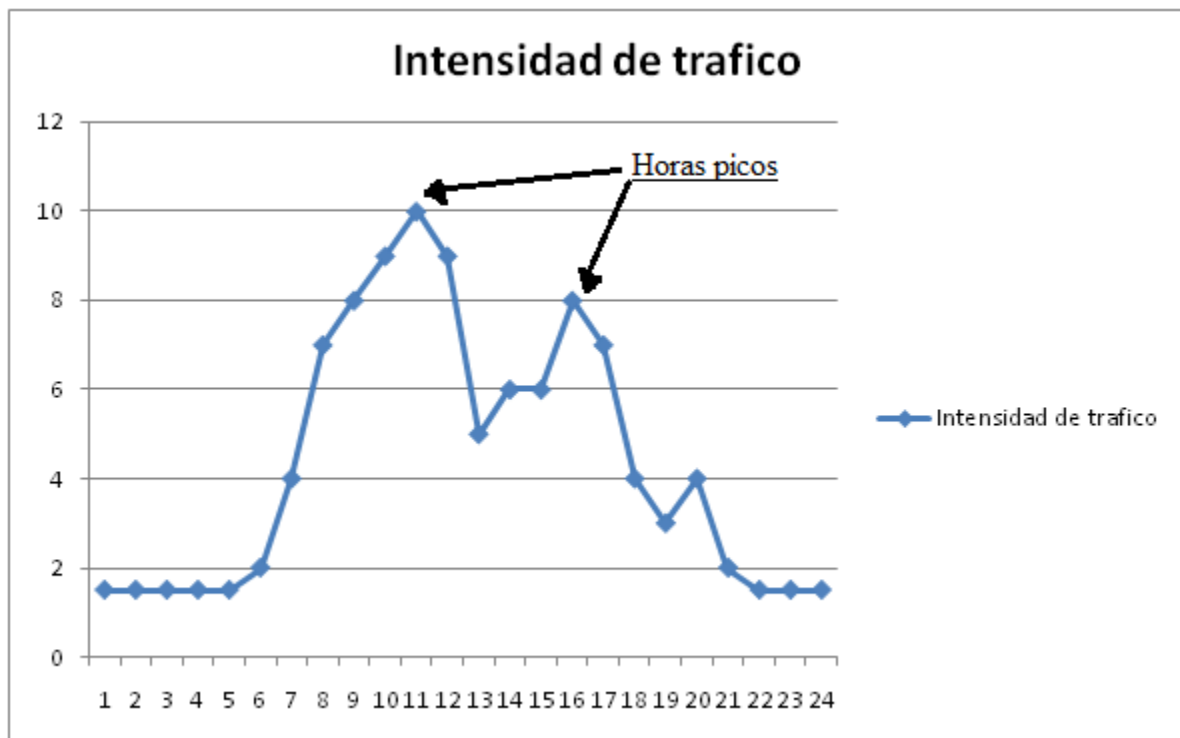


Figura 2-1 Gráfica de Intensidad de Tráfico que se ejecuta en un Día normal de trabajo

En la Figura 2-1 podemos observar que hay ciertos momentos en que la intensidad de tráfico presenta sus máximos valores en comparación con los del resto del día. El primero que es un poco antes de las doce del mediodía, otro en la tarde y por último uno en la noche. Los primeros dos picos coinciden con la hora en que los comercios y las empresas están en el punto de mayor demanda de los medios de comunicaciones.

La hora de la comida produce una disminución, que se va incrementando durante la tarde, hasta alcanzar un segundo pico en el momento que van a terminar las actividades, la cual está relacionado con las actividades sociales finales del día.

Resumiendo, se puede observar dos momentos importantes: las horas de menor tráfico y las de mayor: En particular, esta última coincide con el periodo más activo, de tal forma que se obliga a diseñar la red de tal manera que en esos momentos en los que más se la necesita, la red no se colapse.

Y es por ello que tiene una gran importancia la definición de *Hora pico*.

Según la UIT-T¹⁶, se define la hora pico como el valor medido correspondiente a las horas pico de los 30 días del año que presentan los valores más elevados. (Fusario, 1999)

2.2.3 Unidades de medida del flujo de tráfico

Denominaremos flujo de tráfico en un nodo, o en un vínculo de comunicaciones, al producto de la intensidad de tráfico por el tiempo de retención.

$$A = C \times T_R$$

Dónde:

A = Flujo de tráfico medido en Erlang

C = Intensidad de tráfico, que representa el número de llamadas en una hora

T_R = tiempo de ocupación medido en horas.

Se puede observar que se tiene un flujo de tráfico de un Erlang cuando en una hora, se produce una sola llamada cuya duración es de una hora.

El Erlang es una unidad de medida adimensional.

Un Erlang significara que el circuito estará completamente ocupado, o dicho de otra forma, permanentemente ocupado. Como consecuencia de esto podremos mencionar dos observaciones. Primero: Un solo circuito no podrá manejar más tráfico que un Erlang. Segundo: Si un vínculo tiene disponible N circuitos, no podrá manejar más tráfico que N Erlang.

Ejemplo de flujo de tráfico

¹⁶ UIT-T Union Internacional de Telecomunicaciones

¿Cuál es el flujo de Tráfico en la hora pico de un vínculo de comunicaciones E1, si se sabe que es usado en telefonía digital para unir dos centrales Telefónicas Privadas (PBX), y que en la hora pico se cursa un promedio de 364 llamadas con un tiempo de retención de cuatro minutos? Determinar, además el Flujo de Tráfico por cada circuito.

Nota: Un E1 tiene 30 circuitos.

El flujo de Tráfico será igual a:

$$A = C \times T_R \quad [ERLANG]$$

Para el problema planteado, resultara:

$$C = 364 \text{ llamadas / hora.}$$

$$T_R = 4 \text{ Minutos por llamada.}$$

Si expresamos este último valor en términos de horas, tendremos

$$T_R = 4/60 \text{ horas por llamada.}$$

Reemplazando, obtendremos:

$$A = 364 \times (4/60), \quad [\text{Erlang}]$$

$$A = 24.27, \quad [\text{Erlang}]$$

Sabiendo que un vínculo E1, el flujo de Tráfico por circuito será igual a

$$A = 24.27/30 \quad [\text{Erlang}]$$

$$A = 0.80 \quad [\text{Erlang}]$$

EJEMPLO 2.

Una central telefónica, en la hora pico, en promedio hace 120 llamadas salientes con una duración promedio de tres (3) minutos. La central recibe 210 llamadas entrantes con una duración de 3,5 minutos. Calcular: (1) el trafico saliente, (2) el trafico entrante y (3) el tráfico total.

Trafico saliente: $A = 120 \times 3/60 = 6 \text{ Erls}$

Trafico entrante: $210 \times 3,5/60 = 12,25 \text{ Erls}$

Trafico total: $A_t = A_s + A_e = 6 + 12,25 = 18,25 \text{ Erls}$

EJEMPLO 3.

Durante la hora pico, un usuario telefónico hace tres (3) llamadas y recibe dos. El tiempo promedio por cada llamada que el genera es de cuatro (4) minutos y de las que recibe es de cinco(5) minutos. Cuál es la probabilidad de que a ese abonado lo encuentren ocupado.

Trafico del abonado: $3 \times 4/60 + 2 \times 5/60 = 0.2 + 0.17 = 0.37$ Erls. La probabilidad de que a este abonado se lo encuentre ocupado es del 37%.

EJEMPLO 4.

En una central privada (PBX) de 100 extensiones y 10 troncales se reciben en la hora pico 30 llamadas entrantes y se generan 60 llamadas salientes, además se hacen 1000 llamadas internas entre extensiones. La duración promedio de las llamadas salientes es de 5 minutos y el de las entrantes es de 7 minutos. Cada llamada interna dura en promedio 3 minutos. Calcular a). El valor del tráfico telefónico saliente. b) El valor del trafico entrante y c) el tráfico interno. Además calcular el tráfico por troncal y el de cada extensión.

a). Trafico saliente: $A_s = 60 \times 5/60 = 5$ Erl

b). Trafico entrante: $A_e = 30 \times 7/60 = 3.5$ Erl

c). Tráfico interno: $A = 1000 \times 3/60 = 50$ Erl

El valor del tráfico por troncal es de: $(5 + 3.5)/10 = 0.85$ Erl.

El valor del tráfico por extensión es de: $50/100 = 0.5$ Erl.

La ocupación por troncal, en la hora pico es de 85%

La ocupación por extensión es de 50%.

2.3 Congestionamiento y grado de servicio (QoS)

2.3.1 Concepto de congestionamiento

Es antieconómico proporcionar a cada abonado una troncal pues esto sería un desperdicio de recursos con implicaciones económicas para la Administración. Por esto a un grupo de abonados se le asigna un número de troncales mucho menor que el de estos, normalmente alrededor de un 10%.

En una central se puede dar el caso que en las horas pico estén ocupadas todas las troncales y no se pueda atender nuevas llamadas. La central tendrá que informarle al abonado de esta situación. A este estado se le denomina CONGESTION.

En un sistema de espera, como el caso de conmutación de mensajes, las solicitudes que no pueden ser atendidas por esta circunstancia se las coloca en una cola de espera hasta que una de las troncales ocupadas se libere y pueda ser asignada a una las llamadas en cola. En estos sistemas el intento de llamada se atrasa, pero no se pierde. A estos sistemas se los conoce con el nombre de SISTEMAS DE COLA o DE ESPERA. En un sistema de conmutación de circuitos, como es el caso de las centrales telefónicas todos los intentos en estado de congestion se pierden.

Tales sistemas se conocen como SISTEMAS DE PERDIDA. En estos sistemas el resultado de la congestión hace que el tráfico cursado sea menor que el tráfico ofrecido. Es decir:

$\text{TRAFICO CURSADO} = \text{TRAFICO OFRECIDO} - \text{TRAFICO PERDIDO}$

Dependiendo de la capacidad que poseen los nodos de los canales de comunicación y de los usuarios que requieran de sus servicios, estos podrán saturarse o no saturarse.

En las redes públicas con conmutación, los nodos de comunicación instalados están dimensionados para atender una cantidad N de abonados, del total M de todos los que se encuentran conectados a dicho nodo, es decir que cuando los abonados empiezan a realizar llamadas los primeros N podrán conectarse satisfactoriamente, pero el N+1 no podrá hacerlo y obtendrá un tono de ocupado. A esta llamada se le considera llamada perdida. Y en este caso se puede decir que la central se congestionó o se bloqueó.

La razón de que este suceso ocurra es debido a que resulta antieconómico desarrollar una central telefónica la cual no tenga posibilidades de bloqueo, por lo tanto siempre se es descartada. Sin embargo para su diseño se debe de considerar el flujo de tráfico en las horas picos, ya que este no debe ser muy fácilmente bloqueado en los momentos en los que más se solicita.

Solamente los estudios de Ingenieros de tráfico muy bien planificados y equipos con diseños cuidadosamente seleccionados evitan redes telefónicas de muy mala calidad.

A diferencia de las centrales telefónicas públicas, las centrales privadas o mejor conocidas por su acrónimo PBX (Private Branch exchange) son diseñadas y seleccionadas según las necesidades de las empresas para que sean no congestionables o sin posibilidad de bloqueo. Esto es debido a su intensivo uso comercial en horas de trabajo, es preferible invertir en hardware, antes de encontrarse en una situación de congestionamiento como la antes descrita. (Fusario, 1999)

2.3.2 Llamada pérdida

El grado de servicio que obtiene un usuario en la red telefónica está directamente relacionado con la posibilidad de que el equipo conmutador pueda bloquearse.

Para entender con mayor facilidad el concepto de grado de servicio es necesario conocer el concepto de llamada perdida.

Se define llamada perdida como la llamada que al primer intento de obtener una conexión no tiene el tono de marcado.

2.3.3 Grado de servicio

El grado de servicio es el cociente entre el número total de llamadas perdidas y el número total de llamadas solicitadas (establecidas más las perdidas), medidas en la hora pico.

$$QoS = \frac{\text{Llamadas perdidas}}{\text{Llamadas solicitadas}}$$

El grado de servicio mide la probabilidad de congestión en la hora pico.

Si se dice que se tiene un grado de servicio de 0.05, deberíamos interpretar que:

- Por cada cien intentos de llamada realizados en la hora pico, cinco de ellas resultaron llamadas perdidas al primer intento.
- Si se realizan varios intentos de llamadas fuera de las horas picos la calidad de servicio esperada debería ser mucho mejor a las cinco llamadas perdidas.

Ejemplo:

En una central telefónica se realizaron medidas durante un periodo de un mes, en la hora pico, para determinar el Grado de Servicio (QoS¹⁷_{xvii}). Según esas mediciones, se pierden 3 llamadas de cada cien solicitadas. ¿Cuál es la el QoS de la misma?

$$QoS = \frac{3 \text{ Llamadas perdidas}}{100 \text{ Llamadas solicitada}}$$

$$QoS = 0.03$$

2.3.4 Determinación de grado de servicio

Sistema de Perdida vs Sistema de Espera

Sistemas de llamadas pérdidas

Las llamadas que reciben señal de control “OCUPADO” o que encuentran situación de congestión, son ignoradas, y consecuentemente se pierden.

Para reducir la tasa de pérdidas es importante proveer suficiente capacidad al sistema y reducir la probabilidad de bloqueo.

GOS (Grado de servicio) depende del número de llamadas perdidas

¹⁷ QoS- Quality of service (Calidad de Servicio)

Erlangs determinó el grado de servicio (es decir la probabilidad de perdida) en un sistema de perdida cuando existen N troncales y cuando el trafico ofrecido es A . Para conocer esta probabilidad es necesario asumir los siguientes parámetros:

El tráfico telefónico es un fenómeno puramente probabilístico.

Obedece a un equilibrio estadístico.

Se tiene accesibilidad total.

Las llamadas que encuentran congestión se pierden.

La consideración de que el tráfico es puramente probabilístico implica que el arribo y la finalización de las llamadas son eventos independientes y producto del azar. El equilibrio estadístico implica que la probabilidad de estos eventos no cambia

La condición de Accesibilidad completa significa que cada llamada que llega puede acceder a cualquier troncal si al menos una esta libre. Si las llamadas de entrada se conectan con troncales de salida mediante selectores, estos deben tener suficientes salidas para alcanzar a todas las troncales de salida. En la mayoría de casos prácticos esta condición no se cumple porque en algunos casos es necesario hacer arreglos (mezclas) para asignar mas troncales a un determinado grupo de abonados para que llamen o para que reciban llamadas y estos arreglos se deben hacer con los mismos elementos de selección.

El caso de pérdidas de llamadas implica que cuando un intento de llamada no encuentra troncal, inmediatamente se pierde y es borrado del sistema. Cuando esto sucede, el usuario, probablemente va a ser otro intento en un corto tiempo después. Así, el trafico ofrecido en la hora pico es ligeramente incrementado por este rechazo de los intentos que no pudieron ser atendidos en el sistema de perdida. El asunto de la repetición de los intentos ha comprometido la atención de los estudiosos de telegráfico.

Sistema de Espera

- Llamadas que encuentran congestión, son almacenadas temporalmente en sistemas de colas (Queue System)
- Llamadas pueden ser tratadas sin privilegios (FIFO) o ser atendidas según un patrón establecido (LIFO, etc)
- GOS corresponde al tiempo máximo de espera antes que una llamada pueda ser atendida

El grado de servicio que obtiene un usuario en la red telefónica está directamente relacionado con la posibilidad de que el equipo conmutador al cual está asociado pueda bloquearse en la hora pico. A su vez, la hora pico está relacionado con el valor del flujo de tráfico correspondiente a dicha hora.

Conocidos estos valores, pueden construirse distintos modelos para determinar, por ejemplo como varía el grado de servicio en función del número de líneas troncales necesarias para cursar el tráfico recibido sobre una ruta determinada.

Los modelos más utilizados se basan en las siguientes distribuciones de tráfico:

Tabla	Característica
Tabla Erlang B	Las llamadas bloqueadas no son retenidas/Se pierden
Tabla Erlang C	Las llamadas bloqueadas son retenidas en cola de espera indefinida
Tabla de Poisson	Las llamadas bloqueadas son retenidas en cola de espera por un tiempo igual al valor medio del tiempo de duración de una llamada

2.3.5 Distribución de Poisson

La Distribución de Poisson se llama así en honor a Simeón Dennis Poisson (1781-1840), francés que desarrolló esta distribución basándose en estudios efectuados en la última parte de su vida.

La distribución de Poisson se emplea para describir varios procesos, entre otros la distribución de las llamadas telefónicas que llegan a un conmutador, la demanda (necesidades) de servicios en una institución asistencial por parte de los pacientes, los arribos de los camiones y automóviles a la caseta de cobro y el número de accidentes en un cruce. Los ejemplos citados tienen un elemento en común, pueden ser descritos por una variable aleatoria discreta que asume valores enteros (0,1,2,3,4,5 y así sucesivamente).

Características de los procesos que producen una distribución de la probabilidad de Poisson.

A forma de ilustración se hará un enfoque en el inicio del estudio hacia el cruce de vehículos que cruzan un puesto de tránsito. El número de vehículos que pasan por una caseta de cobro en las horas de mayor tráfico sirve como ejemplo para mostrar las características de una distribución de probabilidad de Poisson.

El promedio (media) de los arribos de vehículos por hora de gran tráfico puede estimarse a partir de los datos anteriores del tráfico.

Si dividimos las horas de gran tráfico en periodos (intervalos) de un segundo cada uno, encontraremos que los siguientes enunciados son verdaderos:

- a) La probabilidad de que exactamente un vehículo llegue por segundo a una caseta individual es un número muy pequeño y es constante para que cada intervalo de un segundo.
- b) La probabilidad de que dos o más vehículos lleguen en un intervalo de un segundo es tan reducida que podemos asignarle un valor cero.

c) El número de vehículos que llegan en determinado intervalo de un segundo es independiente del momento en que el intervalo de un segundo ocurre durante la hora de gran tráfico.

d) El número de llegadas en cualquier intervalo de un segundo no depende del número de arribos de cualquier otro intervalo de un segundo.

Ahora bien, podemos generalizar partiendo de las cuatro condiciones que hemos descrito en este ejemplo, si estas condiciones se cumplen nos apoyaremos en una distribución de probabilidad de Poisson para describirlos.

Calculo de probabilidad de Poisson

La distribución de Poisson, según hemos señalado, se refiere a ciertos procesos que pueden ser descritos con una variable aleatoria discreta. La letra K suele representar esa variable y puede además asumir valores enteros (0,1,2,3 etc.) . Utilizamos la letra K mayúscula para representar la variable aleatoria y la k minúscula para designar un valor específico que puede asumir la X mayúscula. La probabilidad de exactamente λ ocurrencias en una distribución de Poisson se calcula mediante la fórmula:

$$f(k; \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!},$$

Dónde:

- k es el número de ocurrencias del evento o fenómeno (la función nos da la probabilidad de que el evento suceda precisamente k veces).
- λ es un parámetro positivo que representa el número de veces que se espera que ocurra el fenómeno durante un intervalo dado. Por ejemplo, si el suceso estudiado tiene lugar en promedio 4 veces por minuto y estamos interesados en la probabilidad de que ocurra k veces dentro de un intervalo de 10 minutos, usaremos un modelo de distribución de Poisson con $\lambda = 10 \times 4 = 40$.
- e es la base de los logaritmos naturales ($e = 2,71828 \dots$)

Ejercicio.

Una compañía telefónica recibe llamadas a razón de 5 por minuto. Si la distribución del número de llamadas es de Poisson, calcular la probabilidad de recibir menos de cuatro llamadas en un determinado minuto.

Solución.

Sea X el número de llamadas por minuto que se reciben. Tenemos que X sigue una distribución de Poisson, con $\lambda = 5$. La función de masa que viene dada por:

$$P(X=x) = \frac{\lambda^x \cdot e^{-x}}{x!}$$

Nos piden la probabilidad:

$$P(X < 4) = P(X=0) + P(X=1) + P(X=2) + P(X=3) = 0,0067 + 0,0337 + 0,0842 + 0,1404 \\ = 0,2650$$

Poisson en redes telefónicas

Para el uso de cálculo de poisson en telefonía se deben tener en cuenta dos aspectos:

- El tráfico se origina en un número infinito de fuentes o mediante tráfico aleatorio.
- El número de circuitos es ilimitado.

En este modelo de distribución, las llamadas bloqueadas son retenidas hasta que un circuito se encuentre disponible. Se asume un patrón de arribo de llamadas aleatorio, los llamantes hacen solamente un intento para colocar la llamada y las llamadas bloqueadas son retenidas.

La siguiente fórmula se usa para deducir el modelo de Poisson:

$$P(c, a) = 1 - e^{-a} \sum_{k=0}^{c-1} \frac{a^k}{k!}$$

Dónde:

- $P(c, a)$ es la probabilidad de bloqueo de la llamada.
- e es la base del logaritmo natural.
- c es el número de circuitos.
- a es el tráfico.

2.3.6 Distribución de Erlang

La Distribución Erlang es una distribución de probabilidad continua con una amplia aplicabilidad debido principalmente a su relación con la exponencial y la distribución gamma dada por la suma de un número de variables aleatorias independientes que poseen la misma distribución exponencial. La distribución Erlang se aplica en modelos de sistemas de servicio masivo, ejemplo: En situaciones donde el servicio tiene que realizar dos operaciones c/u con tiempo de servicio exponencial.

La distribución Erlang es el resultado del trabajo realizado por el matemático danés Agner Krarup Erlang (1878 - 1929) quien fue un pionero en la aplicación de métodos estadísticos para el análisis de las redes telefónicas. La distribución se deriva del modelo el total de tiempo de espera asociado con una cola de solicitudes en una central telefónica, por lo cual es de especial interés para nuestro curso de teoría de colas.

La distribución Erlang es una distribución continua, que tiene un valor positivo para todos los números reales mayores que cero, y está dada por dos parámetros: la forma k , que es un entero no negativo, y la tasa λ , que es un número real no negativo. La distribución a veces se define utilizando el inverso del parámetro de tasa, la escala θ . Se utiliza la distribución Erlang para describir el tiempo de espera hasta el suceso número k en un proceso de Poisson. El parámetro de escala θ es equivalente a la media de una distribución exponencial, y el parámetro de forma k es equivalente al número de eventos distribuidos exponencialmente. Cuando el parámetro de forma k es igual a 1, la distribución se reduce a la distribución exponencial.

La distribución de Gamma generaliza la distribución Erlang permitiendo k ser una real, usando la función gamma en lugar de la función factorial.

Distribución Función gamma:

$$f(x) = \frac{x^{k-1} e^{-x/\theta}}{\theta^k \Gamma(k)} \text{ Para } x > 0$$

Función gamma:

$$\Gamma(z) = \int_0^z t^{z-1} e^{-t} dt$$

Función gamma para n =entero positivo:

$$\Gamma(n) = (n-1)!$$

Función de densidad de Probabilidad

La función de densidad de probabilidad de la distribución Erlang es:

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \frac{(\lambda x)^{k-1}}{(k-1)!} \text{ Para } x > 0$$

El parámetro k se llama parámetro de la forma y el parámetro λ parámetro de tasa. Una parametrización alternativa, pero equivalente, utiliza el parámetro de escala θ que es el recíproco del parámetro de tasa (es decir, $\theta = 1 / \lambda$):

$$f(x) = \frac{x^{k-1} e^{-\frac{x}{\theta}}}{\theta^k (k-1)!} \text{ Para } x > 0$$

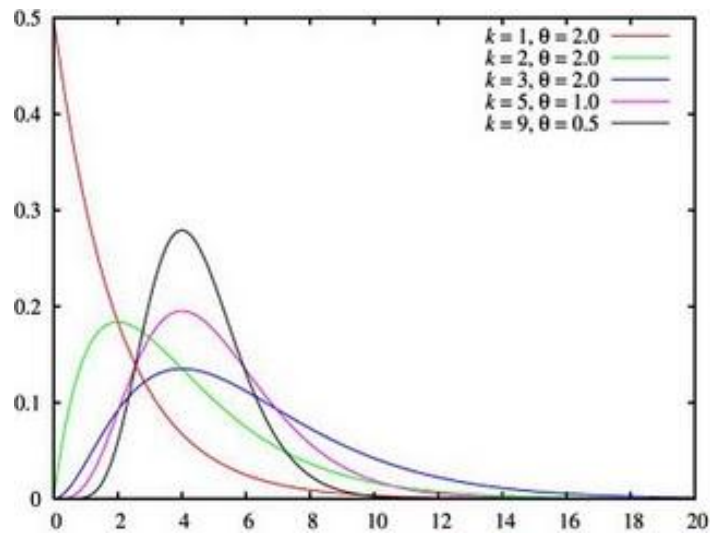


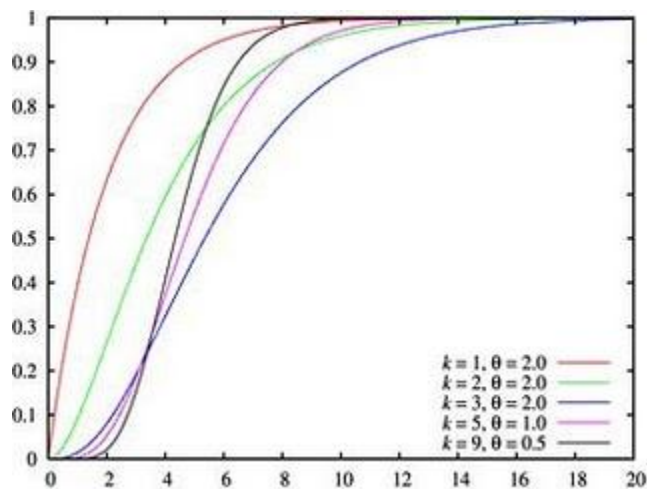
Figura. 2-1 Función de densidad de probabilidad para la Distribución Erlang

Debido a la función factorial en el denominador, la distribución Erlang sólo está definida cuando el parámetro k es un entero positivo. De hecho, esta distribución es a veces llamada distribución Erlang-k (por ejemplo, una distribución Erlang-2 es una distribución Erlang con k = 2).

Función de Distribución Acumulativa

La función de distribución acumulativa Erlang está dada por:

$$F(x) = \frac{\gamma(k, \lambda x)}{(k-1)!}$$



Función de atribución acumulativa Erlang

Donde g() es la menor función incompleta de Gamma:

$$\lambda(a, x) = \int_0^x t^{a-1} e^{-t} dt$$

La función de distribución acumulativa también puede expresarse como:

$$F(x) = 1 - \sum_{n=0}^{k-1} e^{-\lambda x} (\lambda x)^n / n!$$

Esperanza, Varianza y Función Generadora de Momento

Esperanza, $E(X) = k / \lambda$

Varianza, $V(X) = k / \lambda^2$

Función generadora de momento: $(1 - t / \lambda) - k$

Aplicación de Erlang en tiempos de espera

Los eventos que ocurren independientemente con cierta tasa media, son modelados con procesos de Poisson. Los tiempos de espera entre k ocurrencias del son distribuciones de Erlang.

La distribución de Erlang, que mide el tiempo transcurrido entre la recepción de llamadas, se puede utilizar en conjunción con la duración esperada de las llamadas entrantes para así generar alguna información sobre la carga de tráfico medido en unidades de Erlang. Esto puede ser usado para determinar la probabilidad de pérdida de paquetes o el retardo, de acuerdo con diversas hipótesis formuladas acerca de si las llamadas están bloqueadas son abortadas (fórmula Erlang B) o hasta que la cola sirve (la fórmula Erlang C). El Erlang B y C fórmulas están todavía en el uso diario para la elaboración de modelos de tráfico para aplicaciones tales como el diseño de centros de llamadas.

2.3.6.1 Erlang-B

Es el modelo más utilizado de los cuatro. La UIT lo ha estandarizado. Los postulados principales que se aceptan para esta distribución son las siguientes:

- El tráfico se origina en un número infinito de fuentes.
- Si una llamada no puede ser establecida, el sistema intentara automáticamente encaminarla por otro camino.
- El número de circuitos es limitado.
- El sistema no pone en cola (en lista de espera) las llamadas perdidas y considera su duración de valor nulo.

La fórmula de Erlang B asume una población infinita de orígenes, la cual ofrece tráfico en conjunto a N servidores. La tasa de llegadas de nuevas llamadas es igual a λ y es constante, *no* depende del número de recursos activos, porque se asume que el total de recursos

es infinito. La tasa de abandono es igual al número de llamadas en progreso dividida por h , la media del tiempo de llamadas en espera.

La fórmula calcula la probabilidad de bloqueo en una pérdida del sistema, si un requerimiento no es atendido inmediatamente cuando trata de utilizar un recurso, y este es abortado. Por lo tanto no son encolados. El bloqueo ocurre cuando hay un nuevo requerimiento de recursos, pero todos los servidores ya están ocupados. La fórmula asume que el tráfico que es bloqueado se libera inmediatamente.

$$B(N, A) = \frac{A^N}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}}$$

Una forma que es usada para calcular tablas de la fórmula de Erlang B es:

$$B(N, A) = \frac{AB(N-1, A)}{N + AB(N-1, A)}$$

Dónde:

- B es la probabilidad de bloqueo
- N es el número de recursos como servidores o circuitos en un grupo
- $A = \lambda h$ es la cantidad de tráfico entrante expresado en Erlangs

Enfoque a servicios telefónicos

El modelo de Erlang B es utilizado cuando las llamadas bloqueadas son redireccionadas, para que nunca más vuelvan al grupo troncal original. Este modelo asume un patrón de arribo de llamadas aleatorio. El llamante hace solamente un intento; si la llamada es bloqueada, entonces la llamada es redireccionada. Este modelo es comúnmente utilizado para los grupos troncales del primer intento en donde no se necesita tener en cuenta la consideración de reintento debido a que los llamadores son redireccionados, o se espera ver un bloqueo muy pequeño.

La siguiente fórmula es utilizada para derivar el modelo de tráfico de Erlang B:

$$B(c, a) = \frac{\frac{a^c}{c!}}{\sum_{k=0}^c \frac{a^k}{k!}}$$

Donde:

$B(c, a)$ es la probabilidad de que se bloquee la llamada.

c es el número de circuitos.

a es el tráfico.

Ejercicio

Su teléfono está conectado a un sistema que puede manejar 5 llamadas simultáneas. Cuando el tráfico excede esta capacidad, una señal de “truncal ocupada” retorna a su teléfono. ¿Cuál es la probabilidad que al llamar usted encuentre la red congestionada si el conjunto de cliente impone una carga de tráfico de (a) 3 , (b) 5 y (c) 7 Erlangs?

La probabilidad que la próxima llamada sea bloqueada está dada por la ecuación de Erlang B:

De aquí que $N=5$ y:

		De aquí que $N=5$ y :		$p = B(5, A) = \frac{A^5}{5! \sum_{k=0}^5 \frac{A^k}{k!}}$
Resultando:	$A=3$	$p=0.11005$		
	$A=5$	$p=0.28486$		
	$A=7$	$p=0.42470$		

2.3.6.2 Erlang-C

La Fórmula de Erlang C también asume una infinita población de fuentes, las cuales ofrecen en conjunto, un tráfico de A Erlang hacia N servidores. Sin embargo, si todos los servidores están ocupados cuando una petición llega de una fuente, la petición es introducida en la cola. Un sin fin de números de peticiones podrían ir a la cola en este modo simultáneamente. Esta fórmula calcula la probabilidad de la cola ofrecido en el tráfico, asumiendo que las llamadas que fueron bloqueadas se quedaran en el sistema hasta que se pueda atender. Esta fórmula es usada para determinar la cantidad de agentes o representantes de clientes, que necesitará en un [Call Center'] para después saber la probabilidad en la cola.

$$P_w = \frac{\frac{A^N}{N!} \frac{N}{N-A}}{\sum_{i=0}^{N-1} \frac{A^i}{i!} + \frac{A^N}{N!} \frac{N}{N-A}}$$

Dónde:

- A es la intensidad total del tráfico ofrecido en unidades de Erlangs.
- N es la cantidad de servidores [número de troncales].
- P_w es la probabilidad de que un cliente tenga que esperar para ser atendido.

Ejercicio

Se asume que las llamadas entrantes pueden ser modeladas usando una distribución de Poisson y que el tiempo de espera de las llamadas son descritas por una distribución exponencial negativa.

- Del problema anterior, cuando la carga ofrecida excede la capacidad, las llamadas que arriban con retrasadas hasta que pueden ser cursadas. Determine la probabilidad que alguna llamada experimente retraso (tenga que esperar) en el sistema ¿si la carga impuesta es (a) 1, (b) 3 y (c) 5 Erlangs?

La probabilidad que la próxima llamada sea bloqueada está dada ecuación de Erlang C:

De aquí que $N=5$ y :

Resultando:	$A=1$	$p=0.0038314$	$p = \frac{1}{1 + \left(1 - \frac{A}{5}\right) \frac{5!}{A^5} \sum_{k=0}^4 \frac{A^k}{k!}}$
	$A=3$	$p=0.23615$	
	$A=5$	$p=1.0$	

2.3.6.3 Erlang-B Extendida

- El sistema no pone en cola las llamadas perdidas.
- Si la llamada se pierde, el abonado deberá colgar e intentar la llamada más tarde.

El modelo Erlang B Extendido está diseñado para tener en cuenta las llamadas que son reintentadas cada cierto tiempo. Este modelo asume un patrón de arribo aleatorio, que los llamantes bloqueados hacen múltiples intentos hasta completar sus llamadas, y que no está permitido el desbordamiento.

Es un cálculo iterativo, en lugar de una fórmula, que agrega un parámetro adicional, el factor de repetición, que define la proporción de rellamadas.

Los pasos a seguir en el proceso de cálculo son las siguientes:

1. Calcular

$$P_n = B(N, A)$$

Como se indicó en la primera sección para Erlang B.

2. Calcular el número probable de llamadas bloqueadas

$$B_e = AP_b$$

3. Calcular el número de rellamadas, R asumiendo un Factor de Repetición, R_f :

$$R = B_e R_f$$

4. Calcular el nuevo tráfico ofrecido

$$A_{i+1} = A_0 + R$$

- i. donde A_0 es el nivel inicial de tráfico.

5. Volver al paso 1 y repetir hasta que se obtenga un valor estable de A.

Ejercicio Calculo Tráfico por circuito

Si un grupo de 18 circuitos cursan 9 Erl y si el tiempo promedio de duración de las llamadas es 3 minutos, entonces:

El número de circuitos ocupados es 9

Se espera como promedio, 9 (nueve) llamadas originadas cada 3 minutos, es decir 3 (tres) llamadas por minuto, por lo que tenemos un total de 180 (ciento ochenta) llamadas por hora.

• $9 \text{ llam}/3 \text{ min} = 3 \text{ llam}/\text{min} \rightarrow 1 \text{ hora} = 60\text{min} = 60*3 \text{ llam} = 180 \text{ llam}$.

Según la definición de Erlang, se observa que el tiempo total de ocupación para cursar las 180 llamadas es de 9 horas.

Tiempo promedio de duración de la llamada es de 3 minutos, entonces

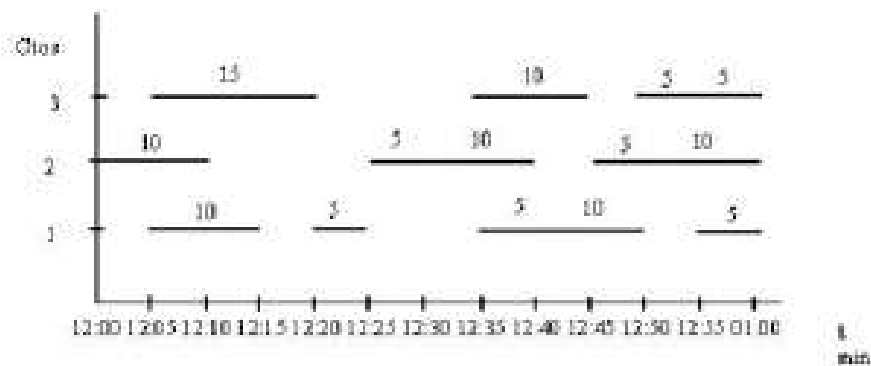
• $180 * 3 \text{ min} / 60 \text{ min} = 9$, significa 9 horas

Ejercicio de Medición de Trafico

En la siguiente figura se observa el comportamiento de 3 circuitos telefónicos a través de una hora con diversas ocupaciones de sus circuitos.

Encuentre:

- Intensidad de tráfico cursado por los circuitos mostrados y dar el significado del valor obtenido.
- Tiempo medio de ocupación de cada circuito
- Tiempo medio de ocupación del grupo de circuito
- El congestionamiento de llamada
- El congestionamiento de Tiempo



2.4 Preguntas de control

1. ¿Cómo surge la Ingeniería de tráfico en redes de telecomunicaciones? ¿En qué consiste?
2. ¿Qué es tráfico de redes?
3. ¿Qué es un sobre-dimensionamiento y sub-dimensionamiento?
4. Defina:
 - i. Tráfico ofrecido
 - ii. Trafico cursado.
 - iii. Naturaleza del tráfico
 - iv. Intensidad de tráfico
 - v. Latencia
 - vi. Hora pico
5. ¿Cuáles son las unidades de medida del flujo de tráfico?
6. ¿Cuáles son los tipos de tráficos existentes?
7. ¿Qué es una llamada perdida?
8. ¿En que consiste el sistema de llamada en espera?
9. ¿Cuál es el flujo de Tráfico en la hora pico de un vínculo de comunicaciones E1, si se sabe que es usado en telefonía digital para unir dos centrales Telefónicas Privadas (PBX), y que en la hora pico se cursa un promedio de 200 llamadas con un tiempo de retención de 2 minutos? Determinar, además el Flujo de Tráfico por cada circuito.
10. ¿Cuál es el tiempo de retención de una red de telecomunicaciones si se sabe que el flujo máximo que cruza la central telefónica es de 530 llamadas por hora y el flujo de tráfico es de 0.85? Exprese el tiempo de retención en minutos. Nota: La central posee 2 E1.
11. Explique brevemente ¿Qué es congestionamiento de red?
12. ¿Qué es Grado de servicio?
13. Explique, ¿Qué relación existe entre llamada perdida y grado de servicio?
14. ¿Cómo se determina el grado de servicio?
15. Realice un cuadro sinóptico con las características de los modelos de distribuciones de Poisson y Erlang.

Unidad III

Red de Transporte.

Objetivos General:

- Desarrollar contenidos sobre tecnologías y estructura de la red de transporte.

Objetivos Específicos:

- Describir los tipos de modulación de línea
 - Mostrar las fases del proceso de modulación por impulso
 - Exponer los tipos de multiplexación de canales.
 - Puntualizar los sistemas de portadoras T1 y E1
-

Unidad 3. Red de Transporte

3.1 Codificación de Línea

La codificación de línea o codificación digital, es la representación de la información digital mediante una señal digital. Por ejemplo, cuando se transmiten datos desde una computadora a una impresora o desde una computadora a otra computadora, tanto los datos originales como los datos transmitidos son digitales. En este tipo de codificación, los unos y ceros binarios generados por una computadora se traduce a una secuencia de pulsos de voltaje que se pueden propagar por un cable.

Los códigos de línea surgen ante la necesidad de transmitir señales digitales a través de diversos medios de transmisión. Una señal digital es una secuencia de pulsos de tensión discretos y discontinuos, donde cada pulso es un elemento de la señal. Los datos binarios se transmiten codificando cada bit de datos en cada elemento de señal. En el caso más sencillo, habrá una correspondencia uno a uno entre los bits y dichos elementos, un cero se representa mediante un nivel bajo de tensión y un uno se representa por un nivel de tensión mayor. En la Figura 3-1 se puede observar una representación de como una información es codificada para transmitirse en un canal para llegar al destino final. (Stallings, 2000)

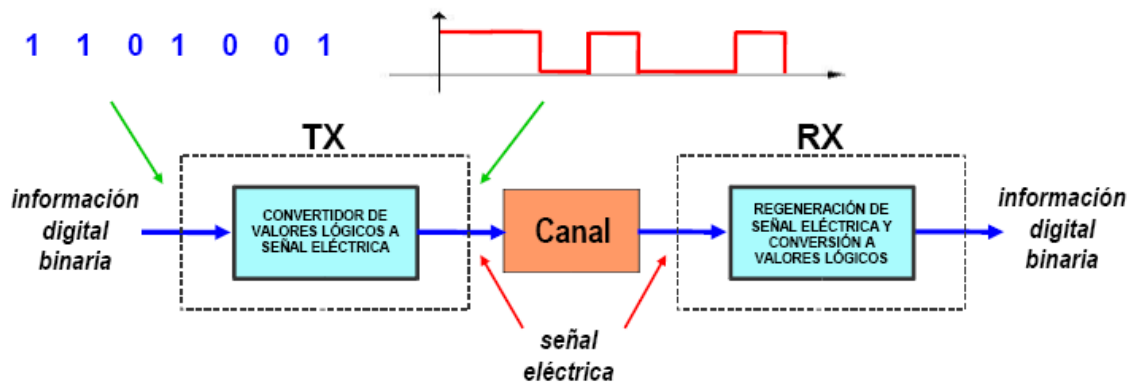


Figura 3-1 Imagen representativa de codificación de línea en un canal

De todos los mecanismos usados para la codificación digital a digital, los más útiles para la transmisión de datos se pueden agrupar en tres amplias categorías: Unipolar, Polar y Bipolar.

Unipolares

En este caso un 1 siempre toma una polaridad, positiva o negativa, mientras que un 0 vale siempre 0.

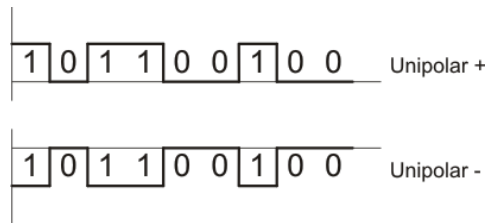


Figura 3-2 Codificación Unipolar

Polares

Usa dos niveles de amplitud. Hay varias opciones de codificación: NRZ, RZ, Bifásica, Manchester y Manchester diferencial. En este caso la señal tomara valores positivos para un 1 lógico y negativos para un 0 lógico pero nunca toma el valor 0.

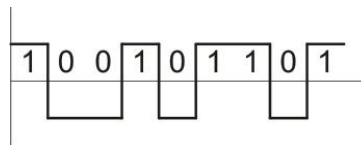


Figura 3-3 Codificación Polar

Bipolares

Usa tres niveles: positivo, cero y negativo. Opciones: Bipolar con Inversión de marca alternada (AMI), Bipolar con sustitución de 8 ceros (B8ZS) y Bipolar 3 de alta densidad (HDB3). En este caso un dígito toma valor con polaridad alternada mientras que el otro permanece siempre en 0.

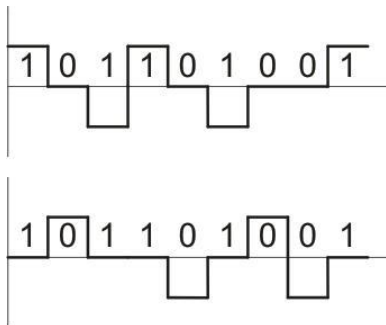


Figura 3-4 Codificación Bipolar

3.1.1 Código sin Retorno a Cero (NRZ)

En la codificación NRZ, el nivel de la señal es siempre positivo o negativo. A continuación se muestran los dos métodos más populares de transmisión NRZ.

Codificación NRZ-L

En la codificación NRZ-L, el nivel de la señal depende del tipo de bit que representa. Habitualmente, un valor de voltaje positivo indica que el bit es un 0 y un valor de voltaje negativo significa que el bit es un 1 (o viceversa); por tanto, el nivel de la señal depende del estado del bit. Cuando hay un flujo grande de ceros o unos en los datos puede surgir un

problema. El receptor recibe un voltaje continuo y debería determinar cuántos bits se han enviado mediante su reloj, que puede estar o no sincronizado con el reloj del emisor.

Codificación NRZ-I

En NRZ-I, una inversión del nivel de voltaje representa un bit 1. Es la transición entre el valor de voltaje positivo y negativo, no los voltajes en sí mismos, lo que representa un bit 1.

Un bit 0 se representa sin ningún cambio. NRZ-I es mejor que NRZ-L debido a la sincronización implícita provista por el cambio de señal cada vez que se encuentra un 1. La existencia de unos en el flujo de datos permite al receptor sincronizar su temporizador con la llegada real de la transmisión. Las tiras de ceros todavía pueden causar problemas, pero debido a que los ceros son menos frecuentes, el problema es menor.

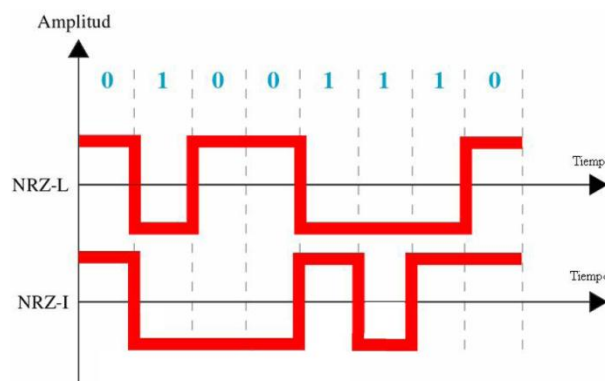


Figura 3-5 Representaciones NRZ-L y NRZ-I de la misma serie de bits

La Figura 3-5 muestra las representaciones NRZ-L y NRZ-I de la misma serie de bits. En la secuencia NRZ-L, los voltajes positivos y negativos tienen un significado específico: positivo para 0 y negativo para 1. En la secuencia NRZ-I, los voltajes no tienen significado por sí mismos. En su lugar, el receptor mira los cambios de nivel como base para reconocer los unos.

La principal limitación de las señales NRZ es la presencia de una componente dc continua y la ausencia de capacidad de sincronización. Para ilustrar esta última desventaja, téngase en cuenta que una cadena larga de unos y ceros en un esquema NRZ-L o una cadena de ceros en el NRZI, se codificará como un nivel de tensión constante durante un largo intervalo de tiempo. En estas circunstancias, cualquier fluctuación entre las temporizaciones del transmisor y el receptor darán lugar a una pérdida de sincronización entre ambos. (Instituto Tecnológico de Merida, 2009)

3.1.2 Codificación Con retorno a cero (RZ)

Como se puede ver, siempre que los datos originales contienen tiras de unos o ceros consecutivos, el receptor puede sufrir pérdidas. Como se mencionó en la discusión de la codificación unipolar, una forma de asegurar la sincronización es enviar una señal específica para temporización por un canal distinto. Sin embargo, esta solución es cara y genera sus propios errores. Una solución mejor es incluir de alguna forma la sincronización dentro de la señal

codificada, algo similar a la solución provista por NRZ-I, pero capaz de manejar tiras de ceros y de unos.

Para asegurar la sincronización debe haber un cambio de señal para cada bit. El receptor puede usar estos cambios para construir, actualizar y sincronizar su reloj. Como se vio anteriormente, la técnica NRZ-I hace esto para secuencias de unos. Pero para que haya cambios con cada bit, es necesario tener más de dos valores. Una solución es la codificación con retorno a cero (RZ), que usa tres valores: positivo, negativo y cero.

En RZ, la señal no cambia entre los bits sino durante cada bit. Al igual que NRZ-L, un voltaje positivo significa 1 y un voltaje negativo significa 0. Pero, a diferencia de NRZ-L, a medio camino en cada intervalo de bit, la señal vuelve a 0. Un bit 1 se representa realmente por una transición del voltaje positivo al cero y un bit 0 por una transición del voltaje negativo al cero, en lugar de por una transición positiva o negativa únicamente.



Figura 3-6 Codificación RZ

La principal desventaja de la codificación RZ es que necesita dos cambios de señal para codificar un bit y, por tanto, ocupa más ancho de banda. Pero, de las alternativas examinadas hasta el momento, es la más efectiva.

3.1.3 Codificación Manchester

Probablemente, la mejor solución existente para el problema de la sincronización es la codificación bifásica. En este método, la señal cambia en medio del intervalo de bit, pero no vuelve a cero. En lugar de eso, continúa hasta el polo opuesto. Como en RZ, estas transiciones a mitad del intervalo permiten la sincronización. Como se mencionó anteriormente, en las redes se usan actualmente dos tipos de codificación bifásica: Manchester y Manchester diferencial.

La codificación Manchester usa la inversión en mitad de cada intervalo de bit para sincronizar y para representar bits. Una transición de negativo a positivo representa un 1 binario y una transición positiva a negativo representa un 0 binario. Usando una transición con ese doble objetivo, la codificación Manchester logra el mismo nivel de sincronización que RZ pero con dos valores de amplitud. En la codificación Manchester, la transición en mitad de cada bit se usa tanto para sincronización como para representación de bit.

3.1.4 Codificación Manchester Diferencial

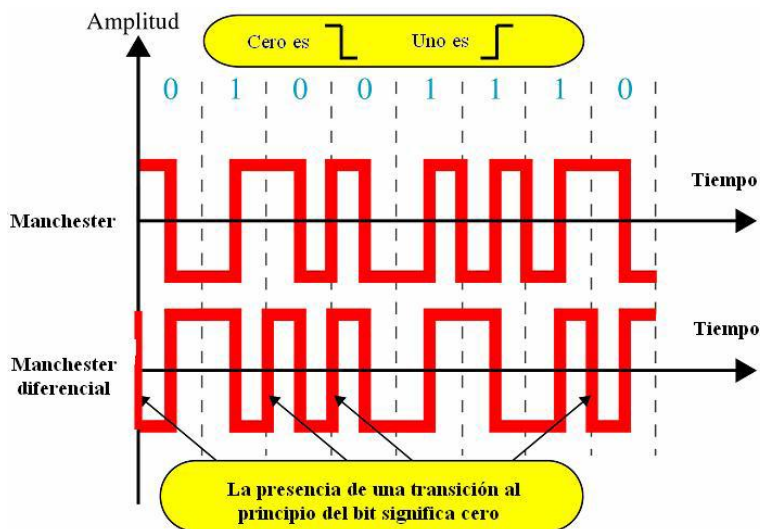


Figura 3-7 Codificación Manchester y Manchester Diferencial

Es un método de codificación de datos en los que los datos y la señal reloj están combinados para formar un único flujo de datos auto-sincronizable. La señal es decodificada al comparar la polaridad de los elementos de señal adyacentes, más que determinar el valor absoluto de un elemento de señal. Es una codificación diferencial que usa la presencia o ausencia de transiciones para indicar un valor lógico. Esto aporta algunas ventajas sobre la Codificación Manchester:

- Detectar transiciones es a menudo menos propenso a errores que comparar con tierra en un entorno ruidoso.
- La presencia de la transición es importante pero no la polaridad. La codificaciones diferenciales funcionarían exactamente igual si la señal es invertida (cables intercambiados).
- Con un esquema de transmisión complejo es fácil perder el sentido de la polaridad de la señal.
- Un bit '1' se indica haciendo en la primera mitad de la señal igual a la última mitad del bit anterior, es decir, sin transición al principio del bit. Un bit '0' se indica haciendo la primera mitad de la señal contraria a la última mitad del último bit, es decir, con una transición al principio del bit. En la mitad del bit hay siempre una transición, ya sea de alto hacia bajo o viceversa. Una configuración inversa es posible, y no habría ninguna desventaja en su uso.

Manchester Diferencial está especificado en el IEEE 802.5 estándar para Redes Token Ring, y es usado para otras muchas aplicaciones, incluyendo el almacenamiento magnético y óptico.

3.1.5 Código AMI

El código AMI (Alternate Mark Inversion- inversión de marcas alternadas) es un código en línea recomendado para las transmisiones binarias. Se puede definir como un código bipolar con retorno a cero.

En este código, cuando se asigna un impulso positivo al primer "1", al siguiente "1" se le asigna un impulso negativo, y así sucesivamente. Por lo tanto, se asignan alternativamente impulsos positivos y negativos a los "1" lógicos. Además, al ser del tipo retorno a cero, durante la segunda mitad del intervalo de bit se utiliza tensión cero para representar el "1".

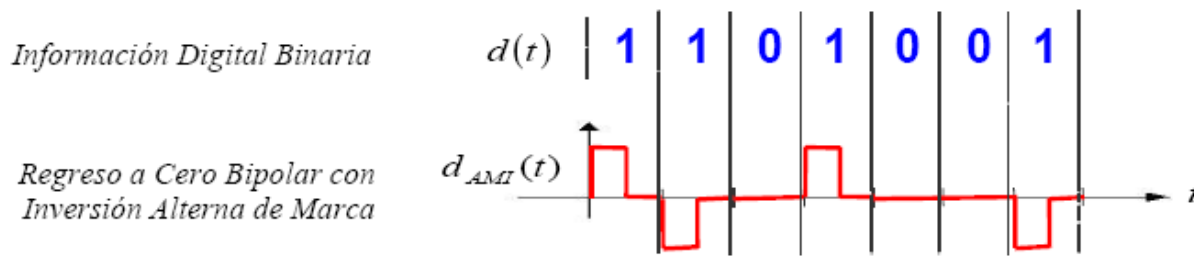


Figura 3-8 Código AMI

El AMI cumple las siguientes condiciones:

- El espectro de la señal a la frecuencia cero debe ser cero, que la mayoría de los canales eliminan la componente continua de las señales.
- El máximo espectral debe darse en un submúltiplo o en la proximidad de un submúltiplo de régimen binario, así la energía necesaria para producir la señal estará en la zona en la que la atenuación de transmisión del cable es más reducida y la atenuación de la diafonía es mayor, así que se conseguirá una mejor relación señal ruido.
- Se reducen los requerimientos de potencia y se logra una mayor inmunidad a la diafonía.
- Gracias a las condiciones anteriores, si la señal puede contener arbitrariamente largas secuencias de ceros se utiliza un aleatorizado que limite estadísticamente el número de ceros consecutivos, de otra manera se perdería el sincronismo con el reloj. A su vez, si se encuentra dos unos seguidos con la misma polaridad sabemos que se ha producido un error.

Usos

El código AMI fue usado extensamente en la primera generación de redes PCM, y todavía se suele ver en los multiplexadores más antiguos, pero su éxito radica en que no hay un gran número seguido de ceros en su código. Esto asegura que no haya más de 15 ceros consecutivos, lo que asegura la sincronización. Forma de este código se aplican en los sistemas troncales T1 (a una velocidad máxima de 1.544 Mbps), y en la transmisión de canales B. en la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) de acuerdo con la Recomendación UIT-T I.430.

3.1.6 B8ZS (Bipolar 8-Zero Substitution)

B8ZS: la sustitución bipolar de 8 ceros, también llamada la sustitución binaria de 8 ceros, el canal claro, y 64 claros. Es un método de codificación usado sobre circuitos T1, que inserta dos veces sucesivas al mismo voltaje - refiriéndose a una violación bipolar - en una señal donde ocho ceros consecutivos sean transmitidos.

El dispositivo que recibe la señal interpreta la violación bipolar como una señal de engranaje de distribución, que guarda (mantiene) la transmisión y dispositivos de encubrimiento sincronizados. Generalmente, cuando sucesivos "unos" son transmitidos, uno tiene un voltaje positivo y el otro tiene un voltaje negativo.

Es decir, cuando aparecen 8 "ceros" consecutivos, se introducen cambios artificiales en el patrón basados en la polaridad del ultimo bit 'uno' codificado:

V: Violación, mantiene la polaridad anterior en la secuencia.

B: Transición, invierte la polaridad anterior en la secuencia.

Los ocho ceros se sustituyen por la secuencia: 000V B0VB. B8ZS esta basado en el antiguo método de codificación llamado Alternate Mark Inversión (AMI).

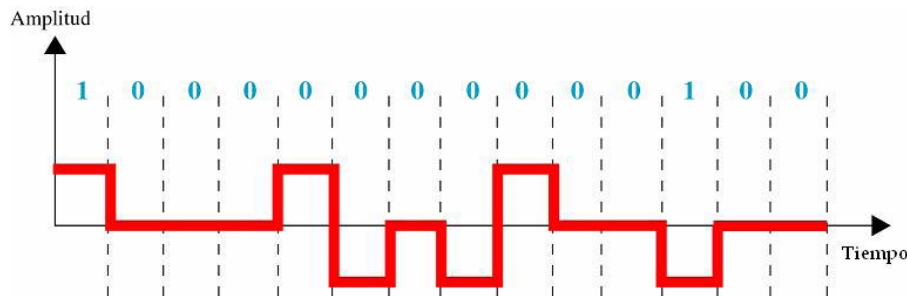


Figura 3-9 Código H8ZS

3.1.7 HDB3

HDB3 (High Density Bipolar of order 3 code) es un código binario de telecomunicaciones principalmente usado en Japon, Europa y Australia y está basado en el código AMI, usando una de sus características principales que es invertir la polaridad de los unos para eliminar la componente continua.

Consiste en sustituir secuencias de bits que provocan niveles de tensión constantes por otras que garantizan la anulación de la componente continua y la sincronización del receptor. La longitud de la secuencia queda inalterada, por lo que la velocidad de transmisión de datos es la misma; además el receptor debe ser capaz de reconocer estas secuencias de datos especiales.

El código HDB3 cumple las propiedades que debe reunir un código de línea para codificar señales en banda base:

El espectro de frecuencias carece de componente continua y su ancho de banda esta optimizado.

El sincronismo de bit se garantiza con la alternancia de polaridad de los “unos”, e insertando impulsos de sincronización en las secuencias de “ceros”.

Los códigos HDBN (High Density Bipolar) limitan el número de ceros consecutivos que se pueden transmitir.

- HDB3 no admite más de 3 ceros consecutivos. Coloca un impulso (positivo o negativo) en el lugar del 4o cero.
- El receptor tiene que interpretar este impulso como un cero. Para ello es preciso diferenciarlo de los impulsos normales que representan a los “unos”.
- El impulso del 4o cero se genera y transmite con la misma polaridad que la del impulso precedente. Se denomina por ello V “impulso de violación de polaridad” (el receptor reconoce esta violación porque detecta 2 impulsos seguidos con la misma polaridad).
- Para mantener la componente de corriente continua con valor nulo, se han de transmitir alternativamente tantas violaciones positivas como negativas.
- Para mantener siempre alternada la polaridad de las violaciones V, es necesario en algunos casos insertar un impulso B “de relleno” (cuando la polaridad del impulso que precede a la violación V, no permite conseguir dicha alternancia) Si no se insertaran los impulsos B, las violaciones de polaridad V del 4o cero serian obligatoriamente del mismo signo.

En HDB3 se denomina impulso a los estados eléctricos positivos o negativos, distintos de “cero”. Cuando aparecen más de tres ceros consecutivos estos se agrupan de 4 en 4, y se sustituye cada grupo de 0000 por una de las secuencias siguientes de impulsos: B00V o 000V.

- B indica un impulso con distinto signo que el impulso anterior. Por tanto, B mantiene la ley de alternancia de impulsos, o ley de polaridad, con el resto de los impulsos transmitidos.

- V indica un impulso del mismo signo que el impulso que le precede, violando por tanto la ley de bipolaridad.

El grupo 0000 se sustituye por B00V cuando es par el número de impulsos entre la violación V anterior y la que se va a introducir. El grupo 0000 se sustituye por 000V cuando es impar el número de impulsos entre la violación V anterior y la que se va a introducir.

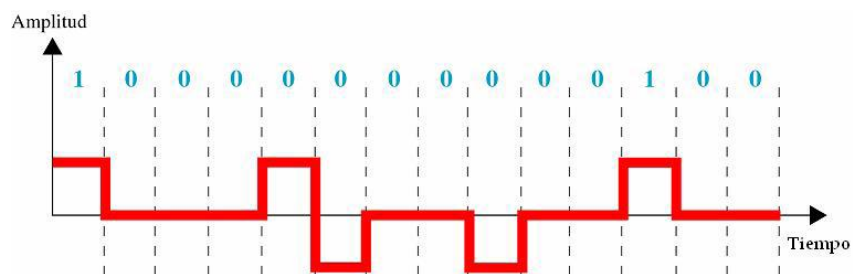


Figura 3-10 Código HDB 3

La detección elemental de los errores de transmisión típicos del ruido, se realiza simplemente comprobando que los impulsos recibidos por el receptor cumplen las reglas de polaridad establecidas por la codificación HDB3. La pérdida de un impulso se detecta porque aparecen 4 ceros consecutivos que no permite el HDB3, y también la inserción de un “uno”, porque la dos violaciones positivas quedan con la misma polaridad.0

Características de código de línea

- ✚ Sincronización: Contenido suficiente de señal de temporización (reloj) que permita identificar el tiempo correspondiente a un bit.
- ✚ Capacidad de detección de errores: La definición del código incluye el poder detectar un error y, en ocasiones, corregirlo.
- ✚ Inmunidad al ruido: Capacidad para detectar adecuadamente el valor de la señal ante la presencia de ruido –baja probabilidad de error-
- ✚ Espectro: Igualación entre el espectro de frecuencias de la señal y la respuesta en frecuencia del canal de transmisión.
- ✚ Ancho de banda: Contenido suficiente de señal de temporización (reloj) que permita identificar el tiempo correspondiente a un bit.
- ✚ Transparencia: Independencia de las características del código en relación a la secuencia de unos y ceros que se transmita. (ADIESTRIANA, 2008)

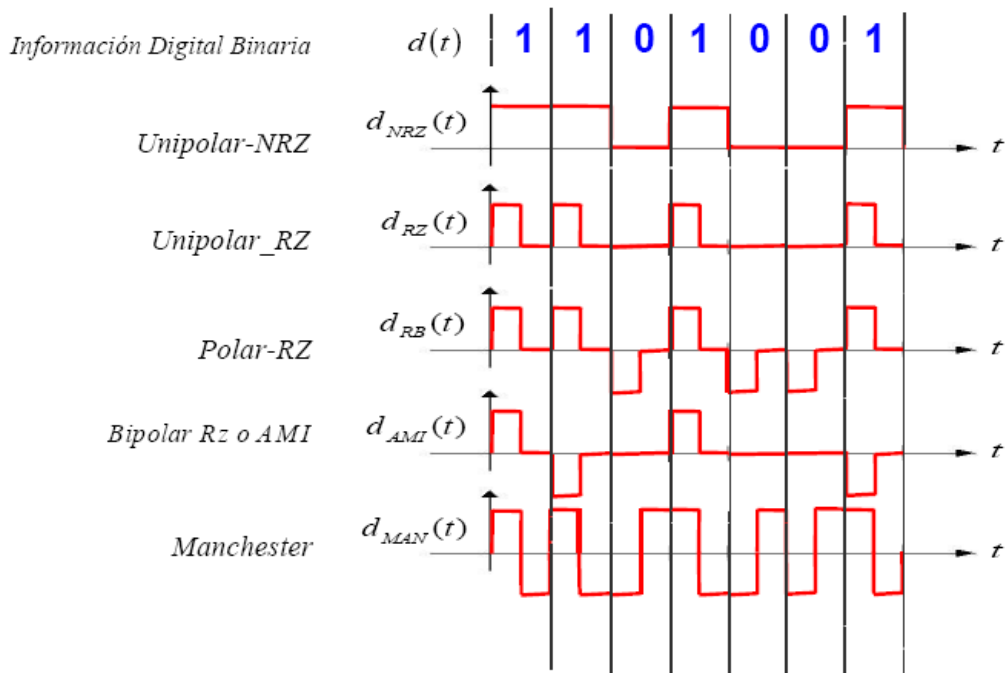


Figura 3-11 Codigos de Linea

3.2 Modulación por Impulsos Codificados o MIC

La modulación por impulsos codificados MIC¹⁸_{xviii} o PCM¹⁹_{xix} según su acrónimo en inglés, es el procedimiento más utilizado en telefonía para convertir una señal analógica en digital y viceversa.

La conversión se realiza a través de tres operaciones fundamentales: Muestreo, Cuantificación y Codificación.

3.2.1 Muestreo

El muestreo es el proceso mediante el cual se transforma una señal analógica en una serie de impulsos de distinta amplitud, llamados muestras.

De acuerdo con la teoría de la información, si queremos enviar una señal de frecuencia “ f ” de un punto a otro, no es necesario transmitir la señal completa. Es suficiente transmitir muestras (Trozos) de la señal tomada, por lo menos, a una velocidad doble de la frecuencia máxima de la señal. Esto es lo que se conoce como teorema del muestreo.

Es decir, que para transmitir una señal de frecuencia máxima de 4 KHz, es suficiente con tomar muestras a una velocidad de 8khz, o más elevada.

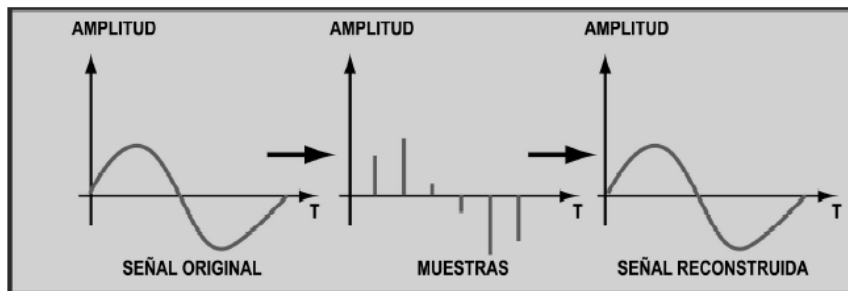


Figura 3-12 Ejemplo de una señal muestreada y luego reconstruida

En estas condiciones, en el terminal distante se puede reconstruir la señal original a partir de sus muestras. Ver Figura 3-12 Ejemplo de una señal muestreada y luego reconstruida

La rapidez, o frecuencia con que se toman las muestras se llama frecuencia de muestreo (f_m ²⁰_{xx}), pudiéndose expresar en número de muestras por segundo o en hercios.

El muestreo ideal no es físicamente realizable. En la práctica, una muestra es una medida del valor instantáneo de una señal, pero tomada durante un tiempo que es muy corto con el tiempo entre dos muestras consecutivas. A este tipo de muestreo se le conoce como muestreo real.

¹⁸ MIC- Modulación por Impulsos Codificados

¹⁹ PCM- Pulse Code Modulation

²⁰ F_m - Frecuencia de Muestreo

Después del muestreo, la señal es un tren de impulsos, cada uno de los cuales tiene una amplitud igual al valor que tenía la señal en el instante del muestreo. En el caso del muestreo real, la muestra no se toma en un instante, sino durante un cierto tiempo. Ver Figura 3-13

Visto esto podemos considerar el muestreo como un proceso de modulación de amplitud de un tren de impulsos. Por eso, a la señal muestreada se la llamaba algunas veces señal M.I.A²¹_{xxi} o en ingles P.A.M²²_{xxii}. Ver Figura 3-14.

El muestreo se efectúa siempre a un ritmo uniforme, que viene dado por la frecuencia de muestreo (f_m).

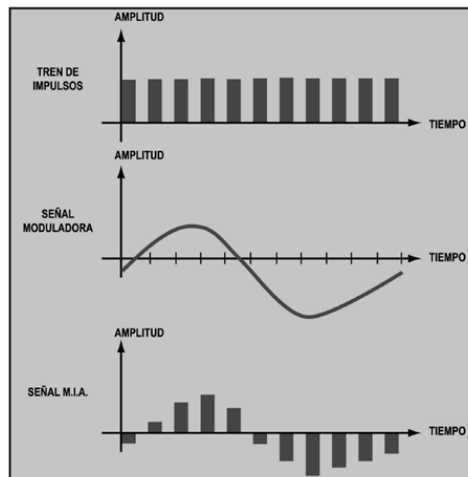


Figura 3-13 Señal analógica y señal con muestras reales

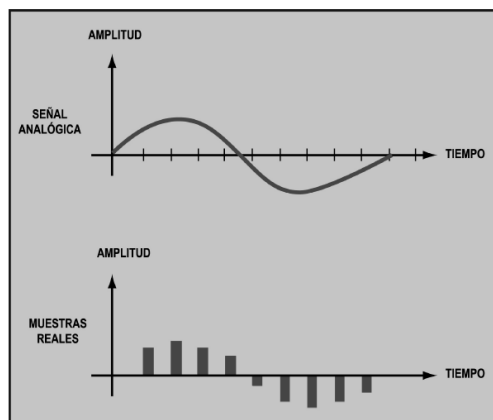


Figura 3-14 Muestreo por Modulación de Impulsos en Amplitud

²¹MIA- Modulación de Impulsos en Amplitud

²²PAM- Pulse Amplitud Modulation

La condición que debe cumplir f_m viene dada por el teorema del muestreo que, para caso de una señal que como la señal vocal contiene distintas frecuencias, se puede enunciar de la siguiente forma:

Si una señal contiene únicamente frecuencias a f_{max} queda completamente determinada por muestras tomadas a una velocidad igual o superior a $2 f_{max}$.

De acuerdo con el teorema del muestreo, las señales telefónicas de frecuencia vocal (de 300 a 3400 Hz), se debe de muestrear a una frecuencia igual o superior a 6800 Hz (2×3400). En la práctica, se toma una frecuencia de muestreo de 8000 Hz. Es decir se toman 8000 muestras por segundo, con una separación de 125 μ s, que es el periodo de muestreo. (Servicios de Formación de Telefonía de España S.A.U, 2000)

$$T=1/8000 =0.000125 \text{ seg. } =125\mu\text{s}$$

3.2.2 Cuantificación

La cuantificación es el proceso mediante el cual se asignan valores discretos, a las amplitudes de las muestras obtenidas en el proceso de muestreo. Tras la cuantificación las muestras serán de tipo digital, ya que solo podrán tener un número finito de valores.

Anteriormente analizamos que las muestras obtenidas en un muestreo real tienen una duración o anchura finita, pero su amplitud puede tomar infinitos valores comprendidos entre 0 y el valor más alto de la señal a muestrear.

Sin embargo, se puede utilizar un número finito de valores discretos para representar de forma aproximada la amplitud de las muestras. Para ello, toda la gama de amplitudes que pueden tomar las muestras, o gama de funcionamiento, se divide en intervalos iguales y a todas las muestras cuya amplitud cae dentro de un intervalo, se les da el mismo valor.

Este proceso se denomina cuantificación, y a cada intervalo en que se ha dividido la gama de funcionamiento se le llama intervalo de cuantificación. Así, pues lo que se hace en el proceso de cuantificación es asignar a cada muestra el intervalo de cuantificación que le corresponde.

Dentro de una determinada gama de funcionamiento, cada intervalo de cuantificación está limitado por dos valores de decisión. Los valores de decisión situados en los extremos de la gama de funcionamiento se llaman valores virtuales de decisión, y limitan la máxima amplitud de señal que se puede transmitir sin recorte de crestas. Ver Figura 3-15

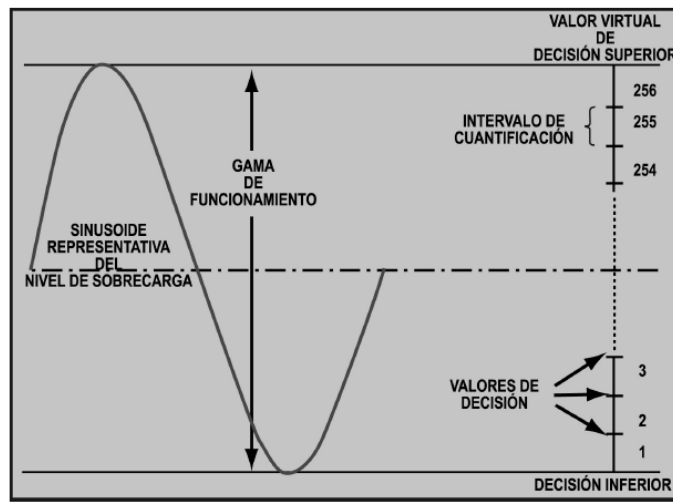


Figura 3-15 Cuantificación de una Señal

Se llama nivel de sobrecarga al nivel que tiene una señal sinusoidal cuyos valores de pico coinciden con los valores virtuales de decisión. En los MIC europeos este nivel corresponde a +3.14 dBm0.

El proceso de cuantificación introduce necesariamente un error, ya que se sustituye la amplitud real de la muestra por un valor aproximado. A este error se le llama error de cuantificación, y se produce tanto en la cuantificación como en la des cuantificación.

El error de cuantificación se puede reducir aumentando el número de intervalos de cuantificación, pero existen limitaciones de tipo práctico que obligan a que el número de intervalos no sobrepase un determinado valor.

En cada muestra se introduce un error de cuantificación que da lugar a una deformación o distorsión de la señal reconstruida que se denomina distorsión o ruido de cuantificación.

Una cuantificación en la que todos los intervalos tienen la misma amplitud, se llama cuantificación uniforme.

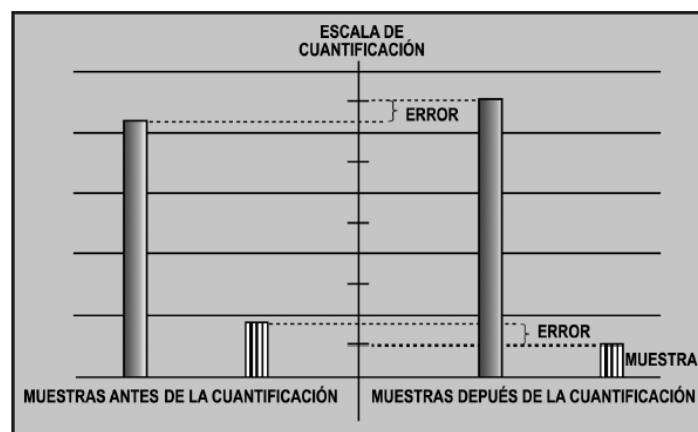


Figura 3-16 Error en la Cuantificación Uniforme

En una cuantificación uniforme, la distorsión o ruido de cuantificación es la misma cualquiera que sea el nivel de la señal que se muestra. Con lo cual, la relación señal/ruido va

empeorando al disminuir el nivel de la señal de entrada. La situación se hace inadmisibile para señales cuya amplitud es similar a la de un intervalo de cuantificación.

En la Figura 3-16 se puede ver que para señales de amplitud muy pequeñas, el error es casi tan grande como las muestras. Por lo tanto, hemos de buscar un procedimiento en el cual la relación señal/ruido sea aceptable con el menor número posible de intervalos de cuantificación.

El problema se resuelve usando una cuantificación no uniforme, en la cual se toma un número determinado de intervalos y se distribuyen de forma no uniforme, de manera que son más pequeños los intervalos correspondientes a las muestras más pequeñas, y son más grandes los intervalos correspondientes a las muestras más grandes. De esta forma, para las señales débiles es como si se utilizase un número muy elevado de niveles de cuantificación, con lo que se produce una disminución de la distorsión de cuantificación.

El proceso de cuantificación no uniforme que se aplica a las señales vocales utiliza una característica de cuantificación o ley de cuantificación del tipo de segmentos.

Hay dos leyes de codificación recomendadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) para las señales de frecuencia vocal y las dos son de segmentos. Estas leyes son la ley A utilizada en los sistemas MIC europeos y la ley μ utilizada en los sistemas MIC americanos.

La ley A esta formada por 16 segmentos de recta, de los cuales los cuatro centrales están alineados, por lo que se considera uno sólo, reduciéndose los 16 segmentos a 13.

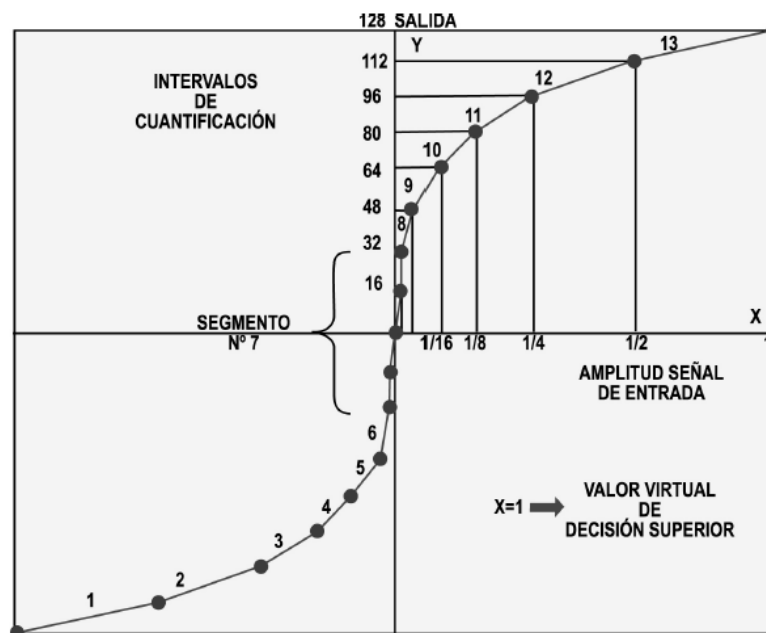


Figura 3-17 Ley A

Cada uno de los 16 segmentos está dividido en 16 intervalos de cuantificación iguales entre sí, pero desiguales de unos segmentos a otros, excepto en los 4 segmentos centrales en los que son iguales todos los intervalos de cuantificación.

Como se puede observar en la Figura 3-17, en el eje de ordenadas, en los sistemas MIC europeos la gama de funcionamiento se encuentra dividida en 256 intervalos de cuantificación, 128 corresponden a muestras positivas y 128 corresponden a muestras negativas. Normalmente a los cuatro segmentos de la parte central de la gama de funcionamiento se les considera un único segmento (el 7) de manera que la ley A se conoce como ley A de 13 segmentos.

3.2.3 Codificación

La codificación es el proceso mediante el cual se presenta una muestra cuantificada, mediante una sucesión de “1’s” y “0’s”, es decir mediante una secuencia binaria.

Como en los MIC europeos se utilizan 256 intervalos de cuantificación para representar todas las posibles muestras, se necesitaran secuencias binarias para representa a todos los intervalos de cuantificación ($2^8=256$). Un grupo de ocho bits de este tipo, constituye una palabra MIC. Ver Figura 3-18

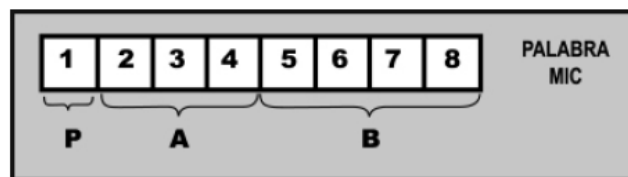


Figura 3-18 Palabra MIC

El bit P define la polaridad de la muestra, únicamente son posibles 2 estados distintos (1 y 0); la polaridad de las muestras positivas se representan por un “1” y la de las muestras negativas por un “0”.

Los tres bits señalados como A, pueden localizar $2^3=8$ segmentos de recta para cada polaridad, es decir 16 segmentos que tiene la Ley A. Ver Figura 3-19

SEGMENTO POSITIVO N°	CÓDIGO	SEGMENTO NEGATIVO N°	CÓDIGO
13 (16)	1111	7 (8)	0000
12 (15)	1110	7 (7)	0001
11 (14)	1101	6	0010
10 (13)	1100	5	0011
9 (12)	1011	4	0100
8 (11)	1010	3	0101
7 (10)	1001	2	0110
7 (9)	1000	1	0111

Figura 3-19 Código de los segmentos

El número entre paréntesis indica el número que tendría cada segmento, si no se hubiésemos agrupado los cuatro segmentos centrales con el número 7.

Los últimos cuatro bits llamados B determinan $2^4=16$ intervalos posibles en cada segmento de recta. Ver Figura 3-20

INTERVALO N°	CÓDIGO
1	0000
2	0001
3	0010
4	0011
5	0100
6	0101
7	0110
8	0111
9	1000
10	1001
11	1010
12	1011
13	1100
14	1101
15	1110
16	1111

Figura 3-20 Codificación de los intervalos

Como hay 16 segmentos, habrá un total de $16 \times 16=256$ intervalos de cuantificación, que son los recomendados por el UIT.

Otra manera de ver como se realiza el proceso de codificación es numerar desde 0 a 127 los intervalos de cuantificación positivos. Los negativos se numeran igual de forma simétrica a los positivos (Código binario simétrico). Una vez hecho esto, la codificación se reduce a poner el bit de signo y poner el intervalo o cuantificación en forma de número binario.

Una vez efectuada la codificación, en la palabra MIC obtenida se invierten los bits pares, es decir, los bits 2, 4, 6 y 8 con el fin de evitar la existencia de un elevado número de ceros cuando el canal esta libre, es decir sin señal. Estos ceros serian un inconveniente en el momento de enviar la señal a línea, aunque actualmente con el empleo del código HDB3 se disminuye este problema.

El dispositivo que realiza la cuantificación y la codificación se llama codificador.

Si la cuantificación que se realiza es uniforme, el codificador se llama no lineal, y si la cuantificación es no uniforme, el codificador se llama no lineal.

3.2.4 Decodificación y filtrado

La decodificación es el proceso mediante el cual se reconstruyen las muestras a partir de la señal numérica procedente de línea. En realidad su función es la de decodificación y descuantificación.

Este proceso se realiza en un dispositivo denominado decodificador.

Al conjunto de un codificador y de un decodificador en un mismo equipo, se le llama códec.

Con el fin de que el error entre las muestras transmitidas y las reconstruidas sea mínimo, las muestras se reconstruyen con una amplitud igual al valor central de intervalo de cuantificación al que pertenecen. Ver Figura 3-21

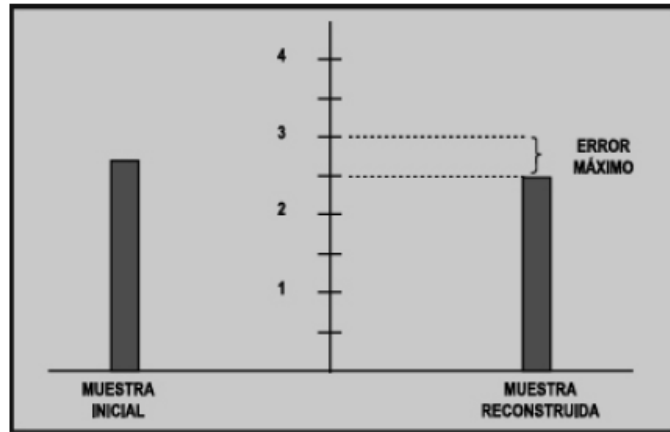


Figura 3-21 Decodificación

Una vez recuperadas las muestras, solo es necesario hacer pasar el tren de muestras por un filtro paso bajo adecuado para recuperar la señal analógica original. (Servicios de Formación de Telefonía de España S.A.U, 2000)

3.3 Multiplexación de Canales

Para realizar una transmisión de datos entre dos puntos, se ha de disponer de un enlace que permita el intercambio de información.

Normalmente consiste en un circuito telefónico y una pareja de módem. El máximo rendimiento se consigue aprovechando al *máximo su capacidad*, y también mediante el empleo de multiplexores.

La técnica de multiplexación consiste en compartir el canal físico de comunicaciones por varios circuitos lógicos, consiguiendo así reducir el coste de líneas y de módem, aumentando su utilización, siendo imprescindible su transparencia para que no se vea alterada la información transmitida.

Mediante la técnica de multiplexación un canal físico de comunicaciones admite varios circuitos lógicos, cada uno transportando un flujo de información de forma transparente.

La información procedente de distintas fuentes se muestrea, luego estas muestras se envían alternativamente, recomponiéndose la señal en el extremo receptor sin que la información original se vea alterada. Así, se reduce el coste de líneas y módems.

Básicamente, existen dos técnicas bien diferenciadas que son:

- ✚ Multiplexación por división en frecuencia (FDM²³_{xxiii}).
- ✚ Multiplexación por división en el tiempo (TDM²⁴_{xxiv}).

²³ FDM- Frequency-division multiplexing (Multiplexación por división en frecuencia)

²⁴ TDM- Time-division multiplexing (Multiplexación por división en el tiempo)

Cada una de estas técnicas presenta ventajas e inconvenientes, teniendo campos de aplicación específicos. (Telefonía, Fenie)

3.3.1 Multiplexación por División de Frecuencia

Esta técnica (FDM), de tipo analógico, se desarrolló antes que la técnica (TDM), encontrando su campo de aplicación y una amplia difusión en la telefonía y en la radio, aunque poco a poco va cediendo terreno a la multiplexación por división en el tiempo (TDM), que emplea una tecnología digital.

Básicamente, consiste en dividir el ancho de banda (frecuencia alta) de la línea de transmisión entre un cierto número de canales de menor ancho de banda (frecuencias menores); las señales procedentes de distintas fuentes se modulan y convierten en ondas portadoras dentro del rango de frecuencias asignado.

Por ejemplo, en telefonía, se asignan 4 KHz de ancho de banda a cada canal vocal entre 300 y 3.400 Hz multiplexándose grupos de 12 canales (48 Kbit/s) para constituir un grupo primario.

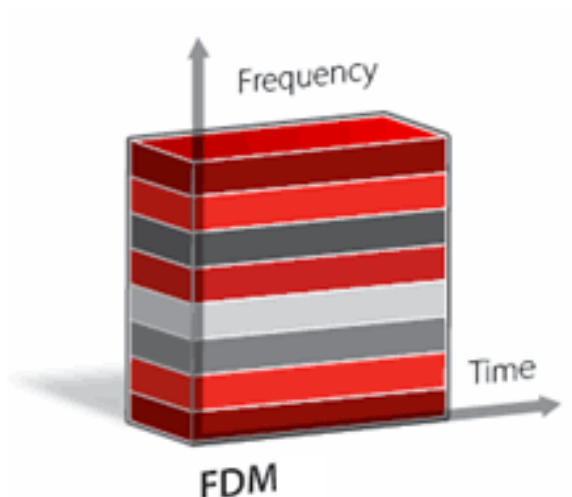


Figura 3-22 Grafica de multiplexacionn por division de Frecuencia

Las características básicas de esta multiplexación pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Se divide el ancho de banda en canales consecutivos.
- La anchura de banda de cada subcanal es directamente proporcional a la velocidad.
- La capacidad del canal está limitada por el ancho de banda.
- Empleo de bandas de guarda para evitar interferencias entre subcanales.

3.3.2 Multiplexación por división en el tiempo

Su característica básica, es que emplea una técnica digital, y sólo por esta razón cabe pensar que es adecuada para usarse en transmisión de datos entre ordenadores y terminales, que se comunican mediante el envío de datos binarios (bits).

Se obtiene transmitiendo bloques de caracteres por la línea, teniendo cada subcanal asignado a una posición de carácter (fracción de tiempo) en el bloque.

Esta multiplexación se utiliza mucho en las redes telefónicas, donde los canales de voz se muestrean, cuantifican y codifican según la técnica MIC, originando canales de 64 Kbit/s que se agrupan en un canal de orden superior (primario: 2 Mbit/s) para su transmisión, decodificándose en la recepción.

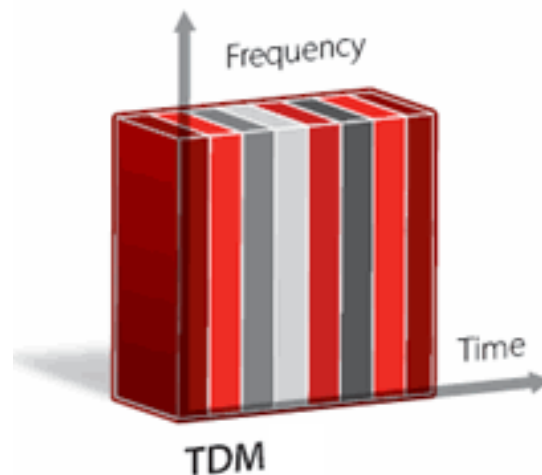


Figura 3-23 Grafica de Multiplexación por división de tiempo

Sus características básicas son:

- División del tiempo en intervalos.
- Muestreo secuencial de las líneas.
- Tiempos de guarda para evitar interferencias.
- Recomposición de señales en el extremo remoto.
- Necesidad del empleo de módem o adaptadores de terminal.

3.3.3 Sistema de portadora T1

Es un sistema, también conocido como DS1, capaz de transmitir una señal digital a velocidad de hasta 1.544 Mbps (Usado en Norte América y Japón).

Un marco contiene 24 canales DS0 que se repite 8000 veces en un segundo que es la frecuencia de muestreo de PCM. Cada marco contiene un bit de sincronización.

$(24 \text{ canales} * 8 \text{ bits} + 1 \text{ bit}) * 8,000 = 193 \text{ bit en un marco} * 8,000 = 1,544 \text{ Kbps}$

Cada canal produce 7 bits de datos y 1 bit de control por muestra, por lo tanto hay $7 * 8000 = 56,000 \text{ bps de datos por canal}$ y $56K * 24 = 1.344 \text{ Mbps en total}$.

3.3.4 Sistema de portadoras E1

Es un sistema recomendado por la CCITT²⁵_{xxv} capaz de transmitir una señal digital a velocidad de hasta 2.048 Mbps. (Usado en Europa e Internacionalmente)

Un marco contiene 32 canales que se repite 8000 veces en un segundo que es la frecuencia de muestreo de PCM. Cada marco contiene un canal de sincronización y otro de señalización.

(32 canales * 8 bits) * 8,000 = 256 bit en un marco x 8,000 = 2,048 Kbps

Solo 30 canales son utilizados para datos, por lo tanto hay 8 x 8000=64,000 bps de datos por canal y 64K x 30 = 1.92 Mbps en total.

Estructura de Trama E1

La trama es el intervalo de tiempo comprendido entre dos muestras consecutivas de un mismo canal. La frecuencia de muestreo es de 8000 Hz. y la separación entre dos muestras consecutivas de un mismo canal es:

$$\text{Trama} = \frac{1 \text{ seg}}{8000} = 125 \mu \text{ segundos}$$

Con lo cual la duración de la trama es de 125 μ segundos.

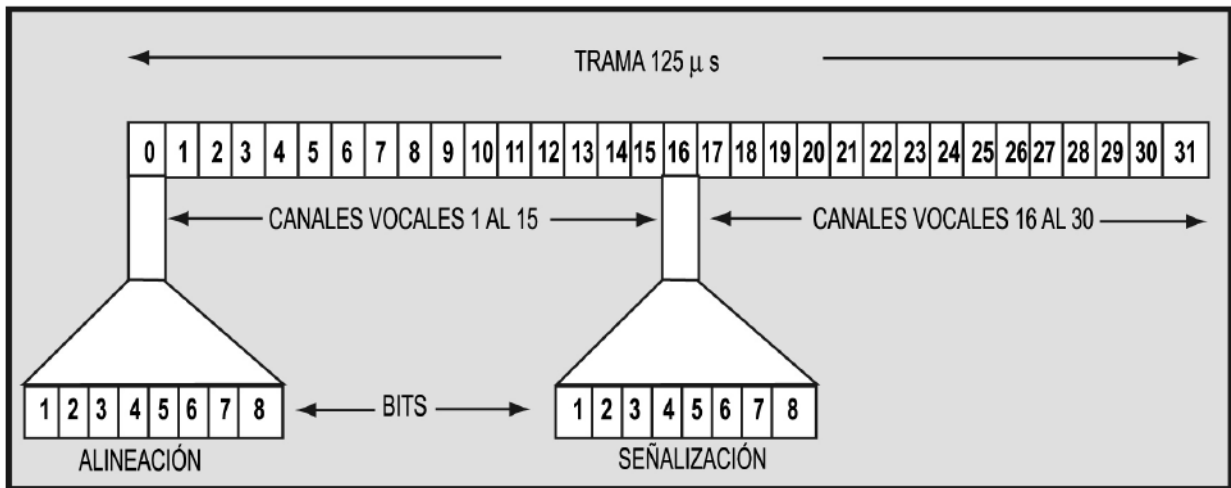


Figura 3-24 Estructura de Trama

Como puede verse en la Figura 3-24, la trama está dividida en 32 intervalos de tiempo iguales, por lo que cada intervalo tendrá una duración de:

$$T_{\text{INTERVALO}} = \frac{125 \mu \text{ Seg.}}{32} = 3.9 \mu \text{ seg.}$$

Cada intervalo consta de ocho bits.

Los intervalos de tiempo están numerados de 0 a 31 y la función de cada uno de ellos es la siguiente:

²⁵ CCITT- Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico

El intervalo 0 está reservado para alineamiento de trama.

Los intervalos del 1 al 15 llevan la información correspondiente a una muestra de cada uno de los canales vocales.

El intervalo 16 se utiliza para señalización.

Los intervalos desde el 17 al 31 llevan la información correspondiente a una muestra de cada uno de los canales vocales del 16 al 30, una vez codificada y con los bits pares invertidos.

Como cada intervalo de tiempo dura 3.9μ segundos consta de 8 bits, la duración de cada bit es de:

$$T_{\text{bit}} = \frac{3.9 \mu \text{ seg.}}{8} = 488 \text{ nseg.}$$

Una vez obtenidos todos los tiempos de trama, de intervalo y de bit, vamos a calcular la velocidad de transmisión de información:

$$(8000 \text{ tramas/seg}) \times (32 \text{ intervalos/trama}) \times (8 \text{ bits/intervalo}) = 2,048,000 \text{ bits/seg}$$

Así pues, a la salida de un multiplexor E1 de 30 canales tendremos un flujo digital de 2.048 Mbits/seg.

La trama básica de 2 Mbps (trama E1) se forma mediante un proceso de multiplexación de 30 canales, al que se le suma una señal de cabecera e información de señalización. El intervalo de tiempo cero es utilizado para transportar la señal de alineamiento de trama FAS²⁶_{xxvi} (Frame Alignment Signal), siendo transmitida cada dos tramas y alternándose con una palabra de alarmas, denominada NFAS²⁷_{xxvii} (Not Frame Alignment Signal).

Con la introducción de la señalización por canal común (SS7), el intervalo de tiempo 16 pasa a utilizarse para transporte de un canal útil adicional de datos o voz. La señalización de todos los canales útiles de varias tramas es transportada en un canal útil (de una de las tramas) designado para ello pero de manera no asociada forzosamente a los canales de su propia trama.

Alineación de trama E1

En los sistemas de modulación de impulsos codificados, las tramas se envían una a continuación de otra de forma interrumpida, por lo que en el extremo receptor se recibe un flujo continuo de bits.

La misión del terminal receptor no consiste solamente en recibir los bits entrantes en forma correcta, sino también en asignar a cada bit la posición correcta en un intervalo de tiempo, y en enviar a cada canal vocal los bits del intervalo de tiempo que le corresponden. Es necesario, pues una sincronización que nos indique el comienzo de cada trama.

²⁶ FAS- Frame Alignment Signal (señal de alineamiento de trama)

²⁷ NFAS- Not Frame Alignment Signal (sin señalización de trama)

Esta sincronización se consigue mediante la alineación de trama.

La alineación de trama se controla mediante el envío de la palabra X0011011 en el intervalo de tiempo 0 de cada dos tramas. El primer bit, indicado con una X, no forma parte de la señal de alineación de trama y está reservado para cualquier uso internacional que se le asigne en el futuro.

A los ocho bits del intervalo de tiempo 0 de la trama que no lleva señal de alineación de trama se le denomina palabra de supervisión de trama y tiene la siguiente aplicación. Ver Figura 3-25

Bit 1:	Reservado para uso internacional.
Bit 2:	Fijado a 1 para evitar simulaciones de la señal de alineación de trama.
Bit 3:	Destinado para transmisión de alarma al multiplex distante.
Bits 4,5,6,7 y 8:	Reservados para uso nacional.

Figura 3-25 Palabra de supervisión de trama

Cuando el terminal receptor recibe la señal de alineación de trama de forma correcta, distribuye la información de cada intervalo de tiempo a su canal respectivo.

Pero si la señal de alineación de trama no es correcta, la alineación se considera perdida, y desde ese instante se inician las operaciones para recuperar la alineación.

La UIT ha dado el siguiente criterio para la pérdida de la alineación de trama, en los sistemas MIC de 30 canales.

“Deberá considerarse que la alineación de trama se ha perdido, cuando se haya recibido con error tres de cuatro señales consecutivas de alineación de trama”.

En los sistemas MIC de telefonía se considera que alineación de trama se ha perdido, cuando se recibe con error tres señales consecutivas de alineación de trama.

Con relación a la recuperación de alineación de trama cuando se detecte la siguiente secuencia:

- ✚ Por primera vez, la presencia de la señal de alineación de trama correcta.
- ✚ La ausencia de la señal de alineación de trama en la trama siguiente detectada con objeto de verificar que el bits 2 del intervalo de tiempo 0 tiene el valor 1 (por eso se denomina palabra de supervisión de trama al intervalo 0 a las tramas que no llevan alineación de trama).
- ✚ Por segunda vez, la presencia de la señal de alineación de trama correcta, en la trama siguiente. Ver Figura 3-26

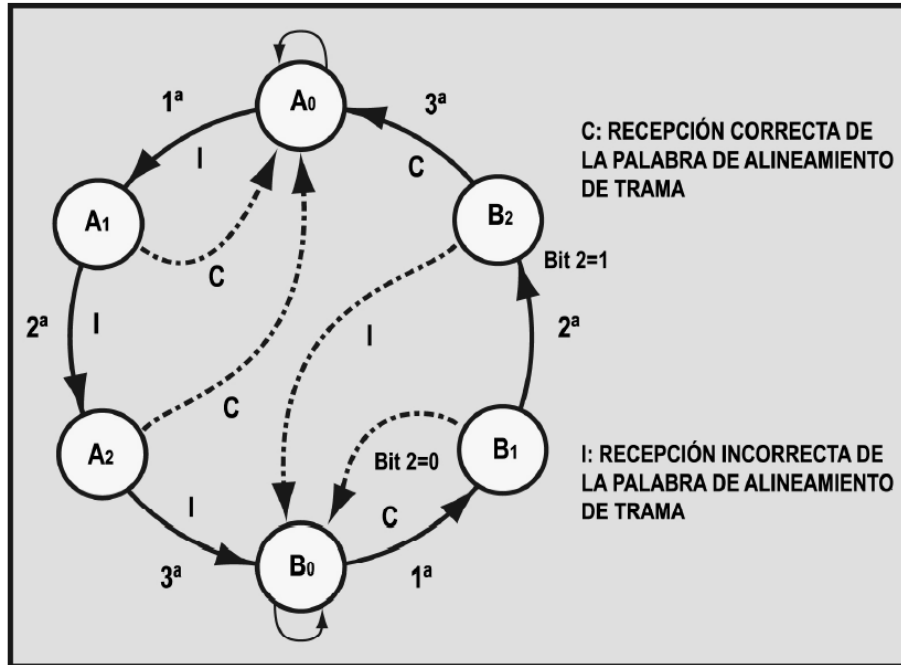


Figura 3-26 Pérdida y recuperación de alineación de trama

Cada uno de los estados representados en la Figura 3-26 tiene el siguiente significado:

A₀: estado de alineación correcta.

A₁: Estado de prealarma 1 (se ha recibido la primera señal de alineación incorrecta).

A₂: Estado de prealarma 2 (se ha recibido la segunda señal de alineación incorrecta).

B₀: Estado de pérdida de alineación (se ha recibido la tercera señal de alineación incorrecta).

B₁: estado de pérdida de alineación (ha aparecido la primera señal de alineación correcta).

B₂: Estado provisional de recuperación de alineación (se comprueba que el bit 2 del intervalo 0 de la siguiente trama es "1").

A₀: Estado de alineación correcta (ha aparecido la segunda señal de alineación correcta).

3.4 Sistema de Multiplexación PCM de orden superior

3.4.1 Estructura de multitrama

Cuando la señal se transmite por canal asociado, la señalización de cada canal se transmite empleando 4 bits del intervalo de tiempo 16 de la trama.

En cada trama se puede señalar, por lo tanto, dos canales, por lo que serán necesarias 15 tramas para señalar la totalidad de los canales. Ahora bien, de la misma forma que se necesita una señal de alineación para poder enviar la información de un canal vocal al canal correspondiente en el extremo opuesto, también se necesita una señal de alineación para poder asignar correctamente las informaciones de señalización a sus canales respectivos.

Esta señal de alineación para la información de señalización, se llama señal de alineación multitrama y se inserta en el intervalo de tiempo 16 una trama adicional.

La señal de alineación de multitrama está formada por los bits 0000. Los restantes cuatro bits del intervalo de tiempo 16, tienen la siguiente aplicación:

- ✚ Bits 5,7 y 8 Bits de reserva fijados a 1 si no se utilizan.
- ✚ Bit6: Destinado para señal de alarma al multiplex distan/te.

Por tanto, para el funcionamiento correcto de los sistemas MIC con señalización por canal asociado es necesario emplear un mínimo de 16 tramas.

Al conjunto formado por las 16 tramas se le llama multitrama.

Las 16 tramas que componen una multitrama se numeran de 0 a 15.

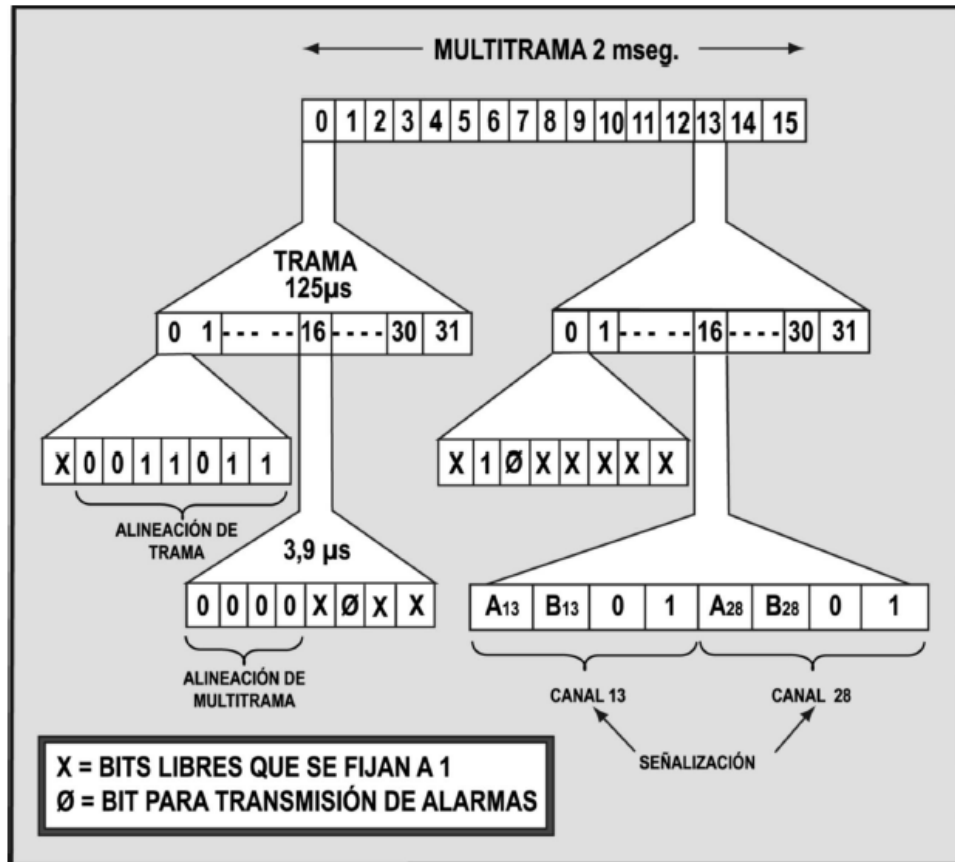


Figura 3-27 Estructura de multitrama

La asignación de los intervalos de tiempo 16 de cada una de las tramas es la siguiente:

El intervalo de tiempo 16 de la trama 0 contiene la señal de alineación de multitrama. El intervalo de tiempo 16 de la trama 1 contiene la señalización de los canales 1 y 16 (los cuatro primeros bits de dicho intervalo de tiempo corresponden al canal 1 y los otros cuatro al canal 16). El intervalo de tiempo 16 de la trama 2 contiene la señalización de los canales 2 y 17, y así sucesivamente hasta llegar al intervalo 16 de la trama 16 que contiene la señalización de los canales 15 y 30.

En la asignación de bits que acabamos de dar, están previstas cuatro vías de señalización (con 1 bit por vía), para cada canal telefónico.

Actualmente, en los multiplex MIC de telefonía solo se emplean 1 o 2 bits de los 4 disponibles para cada canal.

Cuando se emplea solo un bit, los otros se fijan a 0 y 1. En este caso tendremos dos vías de señalización.

Puesto que multitrama está formado por 16 tramas, la duración de la multitrama es de:

$$16 \times 125 \mu\text{s} = 2000 \mu\text{s} = 2\text{ms}$$

Con lo que la frecuencia de repetición es de 500 multitrama/seg.

3.4.2 Alineación de multitrama

La alineación de multitrama se basa en la utilización de la palabra 0000 en los cuatro primeros, bits del intervalo de tiempo 16 de la trama 0.

La UIT ha dado el siguiente criterio para la pérdida de la alineación de multitrama, en los MIC de 30 canales.

Se considera que se ha perdido la alineación de multitrama cuando se hayan recibido con error dos señales consecutivas de alineación de multitrama.

El criterio de recuperación de la alineación de multitrama recomendada es la siguiente:

Se considerara recuperada la alineación de multitrama inmediatamente después de que se detecte la primera señal de alineación de multitrama correcta.

Para evitar una condición de falsa alineación, puede utilizarse el siguiente procedimiento, además del mencionado anteriormente:

Se considera que la alineación de multitrama se ha perdido cuando, durante un periodo de una o dos multitramas, todos los bits en el intervalo de tiempo 16 están en el estado 0.

Se considera recuperada la alineación de multitrama solo cuando en el intervalo de tiempo 16 que precede a la primera señal de alineación de multitrama detecta que hay por lo menos un bit en el estado 1.

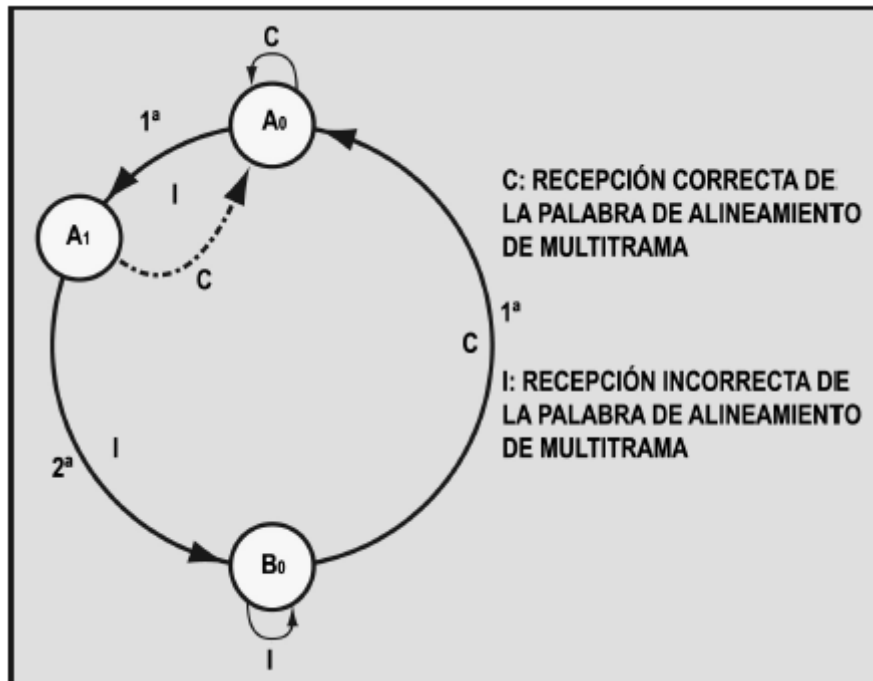


Figura 3-28 Pérdida y recuperación de multitrama

Cada uno de los estados representados en la Figura 3-28 tiene el siguiente significado:

A₀: estado de alineación correcta.

A₁: estado de prealarma 1 (se ha recibido la primera señal de alineación incorrecta).

B₀: Estado de pérdida de alineación (se ha recibido la segunda señal de alineación incorrecta).

A₀: estado de alineación correcta (ha aparecido la primera señal de alineación correcta)

3.4.3 Red Jerarquía Digital Síncrona (SDH)

La jerarquía digital síncrona (SDH²⁸_{xxviii}) se puede considerar como la evolución de los sistemas de transmisión, como consecuencia de la utilización la fibra óptica como medio de transmisión y como necesidad de sistemas más flexibles y que soporten anchos de banda grandes.

La jerarquía SDH se desarrolló en EE.UU bajo el nombre de SONET²⁹_{xxix} (Synchronous Optical NETwork) y posteriormente el CCITT (actualmente la ITU-T) en 1989 publicó una serie de recomendaciones donde quedaba definida esta jerarquía con el nombre de SDH. En la tabla de jerarquía SDH aparece la correspondencia entre SONET y SDH.

Uno de los objetivos de esta jerarquía estaba en el proceso de adaptación del sistema PDH, ya que el nuevo sistema de jerarquía se implantaría paulatinamente y debía convivir con la jerarquía plesiócronas instalada. Esta es la razón por la que la ITU-T normalizó el proceso de transportar

²⁸ SDH- Synchronous Digital Hierarchy (jerarquía digital síncrona)

²⁹ SONET - Synchronous Optical Network (Red óptica síncrona)

las antiguas tramas en la nueva. La trama básica en SDH es STM-1³⁰ (Synchronous Transport Module), con una velocidad de 155.52 Mbps.

Nivel SONET	Nivel SDH ITU-T	Tasa de línea (Mbit/s)
STS-1/OC-1	-	51,84
STS-3/OC-3	STM-1	155,52
STS-12/OC-12	STM-4	622,08
STS-18/OC-18	STM-6	933,12
STS-24/OC-24	STM-8	1244,16
STS-36/OC-36	STM-12	1866,24
STS-48/OC-48	STM-16	2488,32
STS-192/OC-192	STM-64	9953,28

Figura 3-29 Tabla de jerarquía SONET/SDH

Cada trama va encapsulada en un tipo especial de estructura denominada contenedor.

Una vez se ha encapsulado se añade cabeceras de control que identifican el contenido de la estructura y el conjunto se integra dentro de la estructura STM-1. Los niveles superiores se forman a partir de la multiplexación a nivel de byte varias estructuras STM-1, dando lugar a los niveles STM-4, STM-14 y STM-64.

Estructura de la Trama STM-1

Las tramas contienen información de control de cada uno de los niveles de la red: trayecto, línea y sección; además de la información de usuario. Los datos son encapsulados en contenedores específicos para cada tipo de señal tributaria.

³⁰ STM - Synchronous Transport Module (Modulo de transporte sincrono)

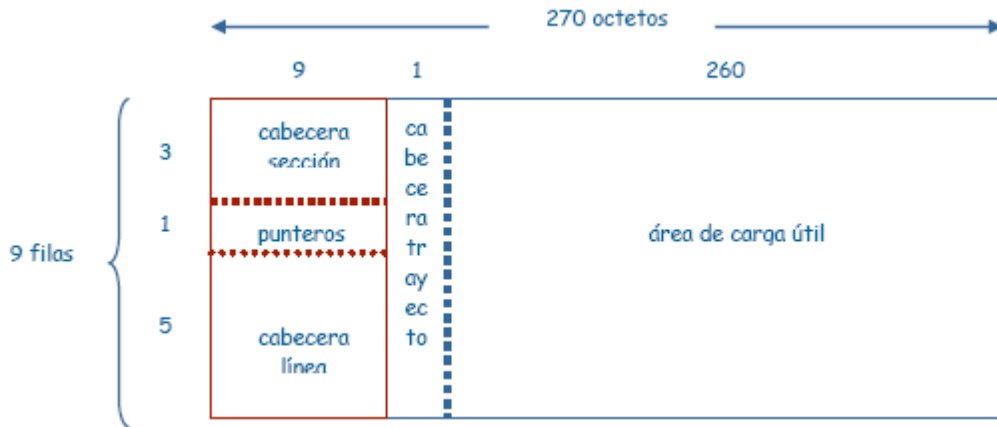


Figura 3-30 Estructura de trama STM-1

La transmisión se realiza bit a bit en el sentido de izquierda a derecha y de arriba abajo. La trama se transmite a razón de 8000 veces por segundo. Por tanto el régimen binario es:

$$R_b(\text{STM-1}) = 8000 \cdot (270 \text{ octetos} \cdot 8\text{bits} \cdot 9 \text{ filas}) = 155.52 \text{ Mbps}$$

Para los siguientes niveles el régimen binario es:

$$R_b(\text{STM-4}) = 4 \cdot 8000 \cdot (270 \text{ octetos} \cdot 8\text{bits} \cdot 9 \text{ filas}) = 622 \text{ Mbps}$$

$$R_b(\text{STM-16}) = 16 \cdot 8000 \cdot (270 \text{ octetos} \cdot 8\text{bits} \cdot 9 \text{ filas}) = 2.5 \text{ Gbps}$$

Estructura de la cabecera de sección

Las nueve primeras columnas de la trama STM-1 contienen la información de control de sección y de línea y recibe el nombre de cabecera de sección, ver Figura 3-30

1. La cabecera de sección de regeneración está formada por las tres primeras filas. La información de esta cabecera es procesada en cada repetidor de línea. En la Figura 3-30 aparece el contenido de esta cabecera y el significado de uso de estos bytes.
2. La cabecera de sección de multiplexación está formada por las cinco últimas filas. Se procesa en los multiplexores (interfaz de línea) donde se extraen y combinan las señales de diferentes tramas. En la Figura 3-31 aparece el contenido de esta cabecera y el significado de uso de estos bytes.
3. El área de punteros, ver Figura 3-31, contiene información sobre la posición exacta de la información de usuario dentro de la trama; esta posición se indica mediante punteros.

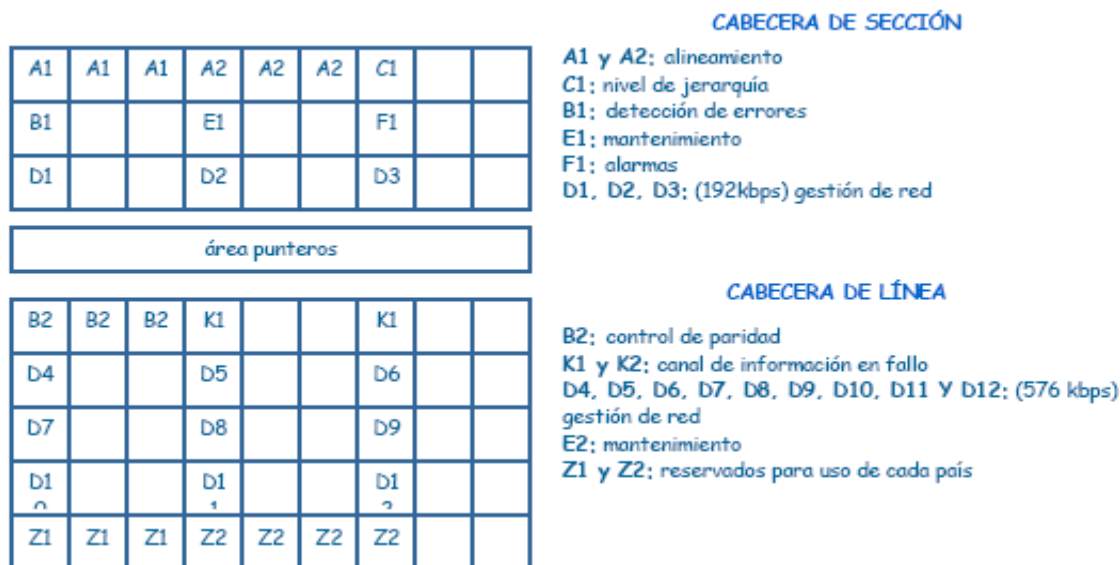


Figura 3-31 Estructura de las cabeceras de línea y de sección

Estructura de la cabecera de trayecto

La parte de datos de usuario está formada por una cabecera de control que ocupa una columna, denominada cabecera de trayecto y por los datos de usuario, Figura 3-30. En la Figura 3-32 aparece el contenido de esta cabecera y el significado de uso de estos bytes.

J1	Canal de retorno
B3	Paridad para la detección de errores
C2	Identificar la información (ej.: 00010011 ATM)
G1	Errores en el trayecto
F2	Canal de usuario a 64 kbps
H4	Identificador de multitrama
Z3	
Z4	Reservado para uso de cada país
Z5	

Figura 3-32 estructura de cabecera y trayecto

Uno de los procesos que SDH utiliza para agregar información a las tramas es el llamado drop-insert. Este mecanismo examina las tramas y tiene la funcionalidad de retirar o insertar información de ellas. La siguiente sección se encarga de desarrollar el contenido de drop-insert y la nueva tecnología que está remplazando a este mecanismo es el cross conect.

Drop – Insert

En un sistema de transmisión de varios canales, drop - insert es un proceso que se desvía (drops) una porción de la señal multiplexada agregada en un punto intermedio, e introduce (Insert) una señal diferente para su posterior transmisión en la misma posición, por ejemplo, en una ranura de tiempo o banda de frecuencia, antes ocupado por la señal desviada.

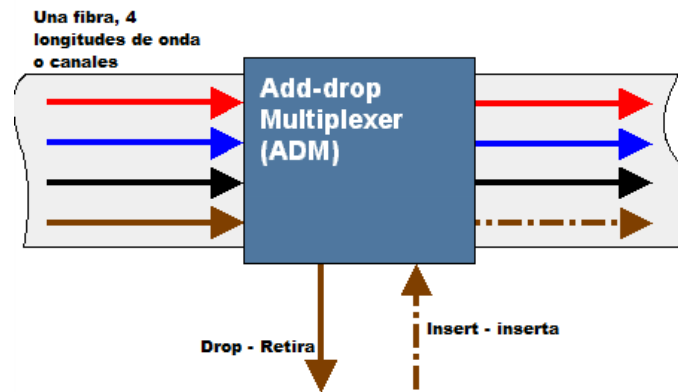
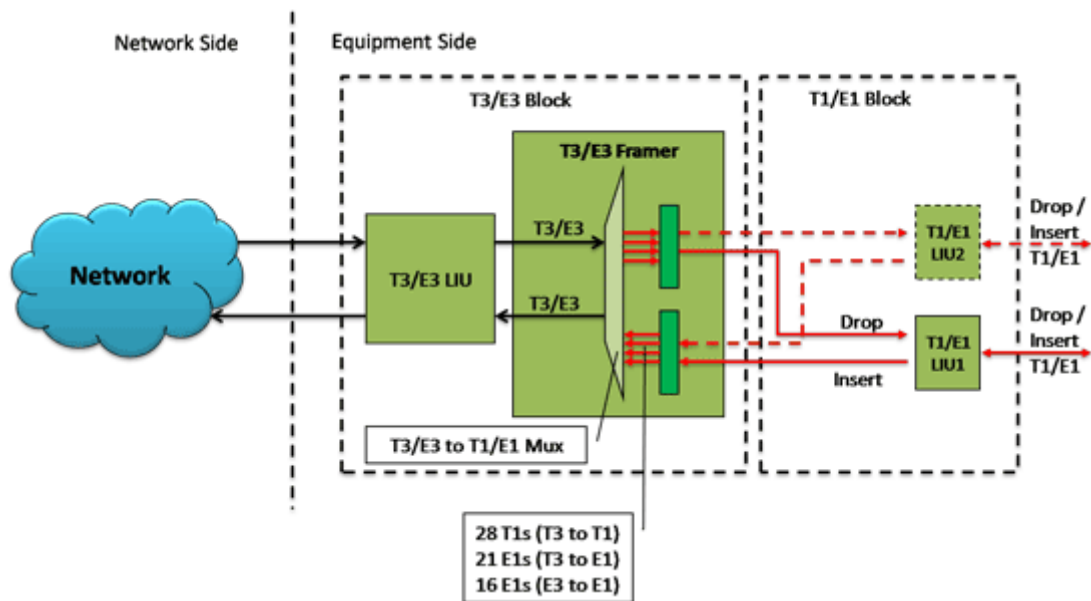


Figura 3-33 Ejemplo del proceso Drop-Insert

Consideraciones

- Las señales que no son de interés en el punto de extracción e inserción no se desvían.
- La señal desviada puede ser demodulada o reinsertarse en otro sistema de transmisión en el mismo o en otro horario o banda de frecuencia.
- La ranura de tiempo o banda de frecuencia desocupada por la señal desviada no tiene por qué ser necesariamente reocupada por otra señal. Del mismo modo, una ranura de tiempo o banda de frecuencia previamente desocupada puede ser ocupado por una señal en el punto de inserción y extracción (drop – insert).

A continuación se muestra un diagrama sobre la estructura lógica de un sistema drop-insert de tipo T1/E1, aplicado a una red que usa conexiones T3/E3.



Cross Connect

Un sistema digital de conexión cruzada (Cross Connect) (DCS o DXC) es una pieza de conmutación de circuitos de equipos de red, que se utiliza en redes de telecomunicaciones, que permite a los de menor nivel flujos de bits TDM, como flujos de bits DS0, el reorganizarse e interconectados con los niveles más alto de señales TDM, tales como flujos de bits DS1. Las unidades DCS están capacitadas para operar en ambos flujos de bits mayoritario, T-carrier/E-carrier, así como nuevas redes de flujos de bits SONET / SDH .

Los dispositivos DCS se pueden utilizar para "preparar" el tráfico de telecomunicaciones, conmutación de tráfico de un circuito a otro en caso de un fallo de red, aprovisionamiento automatizado de apoyo, y otras aplicaciones. Tener un DCS en una red de conmutación de circuitos proporciona una importante flexibilidad que de otro modo sólo se puede obtener a un costo mayor usando paneles Cross-connect "DSX" manuales.

Es importante darse cuenta de que mientras los dispositivos DCS "conmuten" el tráfico, ellos no son conmutadores de paquetes, son conmutadores de circuitos, , y los arreglos de circuitos que se utilizan para gestionar tienden a persistir durante períodos de tiempo muy largo, por lo general meses o más, en comparación con los conmutadores de paquetes, lo que puede enrutar todos los paquetes de manera diferente, y operan en períodos de tiempo micro o milisegundos.

Las unidades DCS son también a veces coloquialmente llamadas unidades "DACs", después de que la marca de propiedad de las unidades DCS fue vendida por la división AT&T's Western Electric, ahora Alcatel-Lucent. No debe confundirse con el sistema de digital de acceso por portadora, un sistema Británico de ganancia par también utiliza el acrónimo DACS.

Los sistemas modernos digitales de acceso y de conexión cruzada-no se limitan al sistema T-portador, y pueden acomodar o insertar la información a altas velocidades de datos como las de SONET.

La siguiente imagen muestra un esquemas básico sobre la interconexión de dispositivos en una red telefónica utilizando dispositivos DXC (multiplexores cross – connect). Observe que la red posee redundancias para prevención de fallos.

Ventajas de SDH

La Jerarquía Digital Síncrona (SDH) presenta una serie de ventajas. Algunas de estas ventajas son:

1. El proceso de multiplexación es mucho más directo. La utilización de punteros permite una localización sencilla y rápida de las señales tributarias de la información.
2. El procesamiento de la señal se lleva a cabo a nivel de STM-1. Las señales de velocidades superiores son síncronas entre sí y están en fase por ser generadas localmente en cada nodo de red.
3. Las tramas tributarias de las señales de línea, denominadas contenedores virtuales (VC) pueden ser subdividas para acomodar cargas plesiócronicas, tráfico ATM³¹ o unidades de menor orden. Esto supone mezclar tráfico de distinto tipo dando lugar redes flexibles.
4. Compatibilidad de eléctrica y óptica entre los equipos de los distintos suministradores gracias a los estándares internacionales.

Desventajas de SDH

A pesar de las ventajas que ofrece la Jerarquía Digital Síncrona, presenta algunas desventajas:

1. Algunas redes PDH actuales presentan ya cierta flexibilidad y no son compatibles con SDH.
2. Necesidad de sincronismo entre los nodos de la red SDH, se requiere que todos los servicios trabajen bajo una misma referencia de temporización.
3. El principio de compatibilidad ha estado por encima de la optimización de ancho de banda. El número de bytes destinados a la cabecera de sección es muy grande, perdiéndose eficiencia.

³¹ ATM - Asynchronous Transfer Mode (Modo de Transferencia Asíncrona)

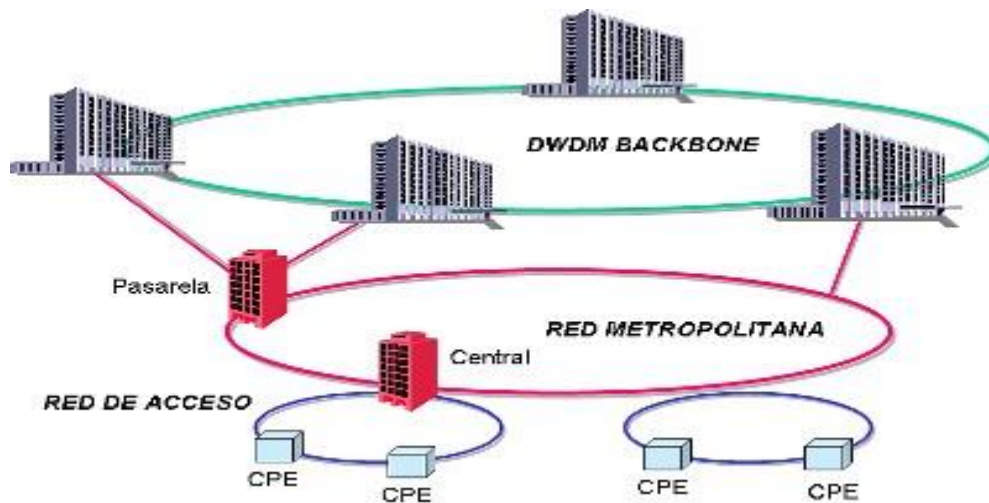


Figura 3-34 Arquitectura de red óptica SONET/SDH

Arquitectura de una Red de Transmisión de dato con SDH y STM-1 hacia las centrales de conmutación

3.5 Preguntas de control

1. Defina el concepto de codificación de línea.
2. ¿Qué diferencia existe entre los mecanismos de codificación digital, polares, unipolares, y bipolares?
3. Mencione y explique en qué consisten los métodos de transmisión NRZ
4. Explique y de un ejemplo de la codificación RZ
5. ¿En qué se diferencia la codificación Manchester y Manchester Diferencial?
6. ¿Cómo funciona el código AMI?
7. Menciona las características más importantes del código de Línea
8. Realice la representación gráfica mediante los distintos códigos de líneas estudiados del código digital "010000000111010"
9. ¿Qué es muestreo?
10. ¿Qué es cuantificación?
11. ¿Qué es codificación?
12. Explique en que consiste multiplexación de canales.
13. Explique en qué consisten las técnicas de multiplexación por :
 - División de frecuencia
 - División en el tiempo
14. ¿En qué consiste un sistema de portadoras T1 y E1? Explique brevemente.
15. Explique ¿Qué es la alineación de trama? Y ¿cuál es la función de cada bit de dicha alineación?
16. ¿Qué es un sistema de multiplexación PCM de orden superior?
17. Explique ¿qué es una estructura multitrama? y ¿cómo se realiza su alineación?
18. ¿Cuál es la función del sistema de transmisión Drop-Insert?

19. ¿Qué es SDH y cuál es el formato de tu trama? Y ¿Qué es PDH?
20. ¿Cuál es la diferencia entre PDH y SDH?
21. Realice un cuadro sinóptico con las características de los encabezados de SDH
22. Realice un cuadro comparativo sobre las ventajas y desventajas de SHD.

Unidad IV

Red de Acceso.

Objetivos General:

- Conocer las tecnologías más sobresalientes asociadas a la red de acceso.

Objetivos Específicos:

- Mencionar las partes de la red de acceso
 - Mostrar las secciones y tipos de red de usuario
 - Describir tecnologías de la red acceso.
-

Unidad 4. Red de Acceso

La red de acceso es aquella parte de la red de comunicaciones que conecta a los usuarios finales con algún proveedor de servicios y es complementaria a la red de núcleo. Muchos de los avances tecnológicos que se pueden percibir directamente en el área de las telecomunicaciones corresponden a esta parte de la red, la misma que puede subdividirse en red de distribución/agregación y red de última milla.

Las redes de acceso constituyen un elemento clave de la cadena de valor de la industria de telecomunicaciones, tanto por su influencia sobre la oferta y calidad de los servicios, como por la importancia que adquieren en los mercados liberalizados.

(Berrocal, et al., 2003)

4.1 Planta exterior y Red de usuario

La Planta externa o exterior es el conjunto de medios que enlazan la central telefónica con los abonados. Está constituida fundamentalmente por el bucle local o bucle de abonado y sus elementos asociados: cables, cajas de empalme, bobinas, tendidos, conductos y otras infraestructuras adicionales. Parte de esta infraestructura o red está compuesta por: tendidos, postes, armarios, cámaras y canalizaciones subterráneas, equipos y productos que permiten conectar y enlazar la red hasta llegar al punto donde es necesario. (Buenastareas)

Se entiende por red de usuario al conjunto de elementos que sirven para enlazar eléctricamente al usuario con la central telefónica a la que pertenece.

La red de usuario tiene que cumplir ciertas condiciones que garanticen su correcta utilización y funcionamiento, ya que estas líneas no van de forma directa y única a los usuarios

Condiciones de utilización y funcionamiento

Suficiente: Debe de cubrir las necesidades de las peticiones de altas de usuarios, incluidas las futuras según el estudio demográfico previo para el periodo en que se ha diseñado.

Elástica: Capaz de poderse amoldar al desarrollo telefónico en periodos sucesivos, sin que los elementos instalados deban ser retirados en gran medida.

Flexible: Que se adapte al desarrollo real, a pesar de que dicho desarrollo sufra desequilibrios frente a lo prefijado.

Económica: Capaz de compensar los intereses del capital invertido, con el mínimo gasto de conversación.

Calidad de transmisión: La línea de usuario debe de tener una buena calidad de transmisión de forma que cumpla las características exigidas por los estamentos normativos como la UIT.

4.2 Secciones de la red de Usuario

La red de usuario está estructurada en tramos desde que parte del repartidor principal de la central, hasta que llega al aparato telefónico del usuario.

Estos tramos son:

Línea exterior: Este tramo abarca, partiendo de la central hasta la caja terminal, en este recorrido el par de usuario se encuentra físicamente ubicado en conjuntos de cables de gran capacidad. A su vez, la línea exterior se subdivide en dos secciones como son los cables de alimentación y los de distribución.

Línea de acometida: Es un cable individual que une la caja terminal con el conector situado a la entrada del domicilio del usuario.

Línea Interior: Es la línea total que se encuentra distribuida en el interior del domicilio sin incluir la acometida.

Cables de Alimentación

Es una red de cables, normalmente de gran capacidad, que partiendo de la galería de cables de la central, se ramifica por todo el área hasta el lateral. El lateral sirve para prolongar los cables subterráneos hacia el exterior.

En las poblaciones pequeñas, la instalación del cable de alimentación es totalmente aérea, soportadas por líneas de postes.

Donde existe mayor población, las exigencias y el gran tamaño de los cables que es preciso utilizar, obligan a que en gran parte o en su totalidad, tengan que ir de manera subterráneos, especialmente en las proximidades de las centrales que es donde existe una mayor concentración de pares.

A lo largo de las canalizaciones subterráneas se intercalan pequeñas locales subterráneas, separados en algunas ocasiones entre sí por no más de 200mts que son fácilmente accesibles desde la calle. A estas canalizaciones se les denomina cámaras de registros. En estas cámaras es donde se empalman unos cables con otros. Al conjunto de cables de alimentación se le denomina red de alimentación. Ver Figura 4-1

Cables de distribución

La red alimentación se ramifica a partir de las cámaras de registro, y a través de los conductos laterales aflora al exterior en cables, que por ser de menor tamaño pueden ir, por líneas de postes. Este conjunto de cables constituye la red de distribución. Ver Figura 4-2

A su vez estos cables menores se ramifican, terminando sus extremos en órganos de interconexión. Estos órganos de interconexión son las cajas terminales.

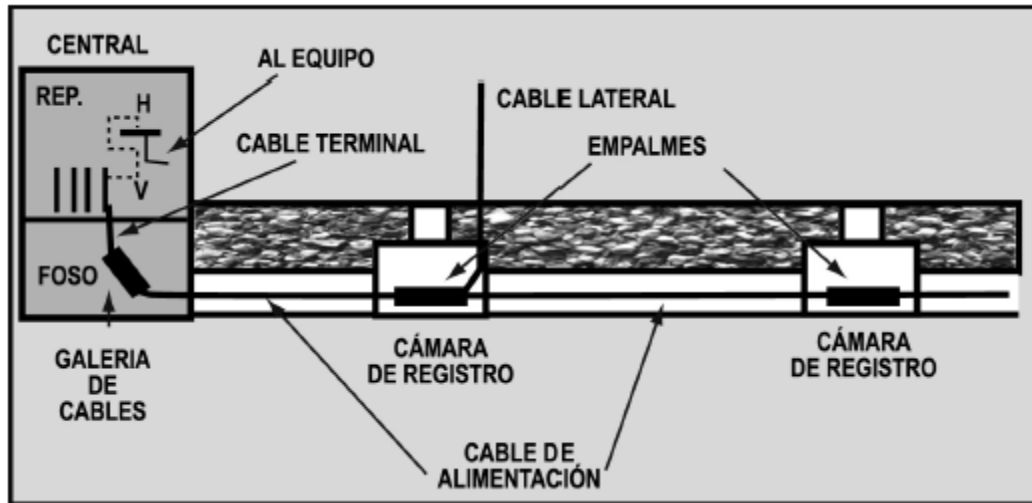


Figura 4-1 Red de alimentación

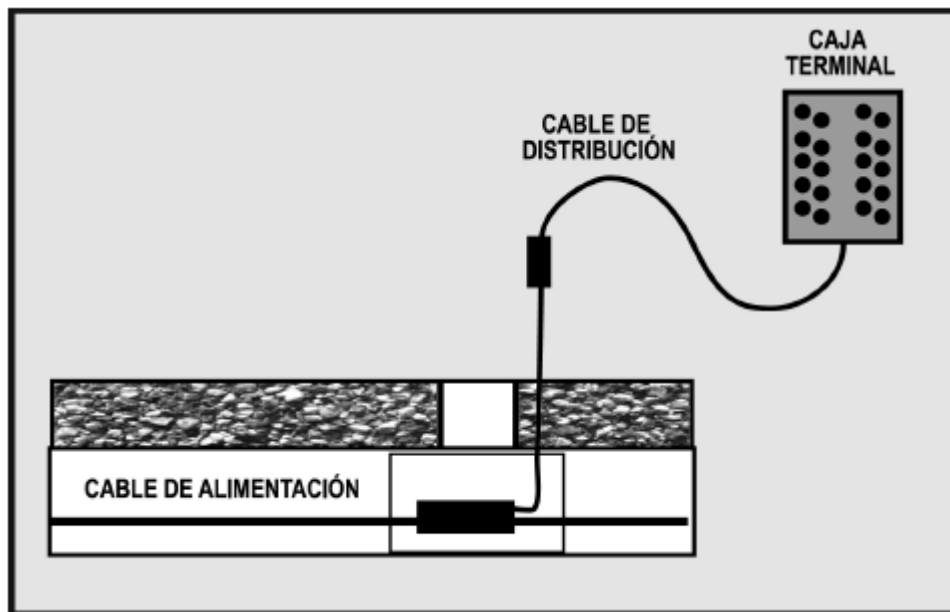


Figura 4-2 Red de distribución

Cable Terminal

El cable terminal está situado en la galería de cables de la central y une los cables de alimentación con el repartidor principal.

Línea de Acometida

Es el cable individual que une el órgano de interconexión con el conector situado a la entrada del domicilio del usuario. Ver Figura 4-3

Existen diversos tipos de cables de acometidas que se adaptan a las condiciones del medio donde están instalados (cables de acometidas con malla metálica para protegerlo de los

roedores, acometidas bimetálicas de gran resistencia para fachadas e instalaciones aéreas), en todos los casos el cable de acometida está recubierto de plástico especial de color negro que preserva a los conductores del interior de los cambios de temperatura y humedad sin perder sus características eléctricas.

El conjunto de líneas de acometida forma lo que se denomina red de dispersión o acometidas.

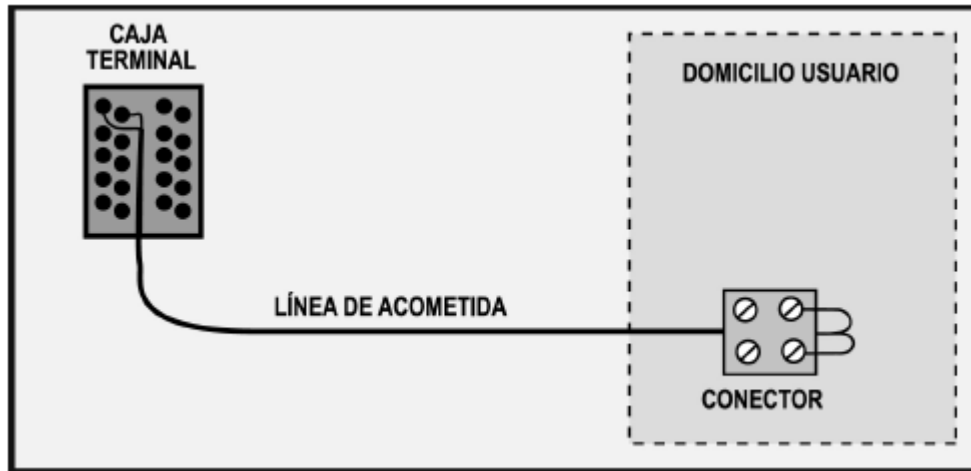


Figura 4-3 Línea de acometida

Línea Interior

Es el hilo de instalación interior es el que va desde el conector de la entrada del domicilio del usuario hasta el equipo terminal o punto terminal de la red (P.T.R.). Ver Figura 4-4

Este hilo está compuesto por dos conductores de cobre de 0.5mm. de diámetro, con una cubierta de color crema marfil y que se instala por los conductos de servicios telefónicos o grapados o pegados por la pared en el domicilio del usuario.

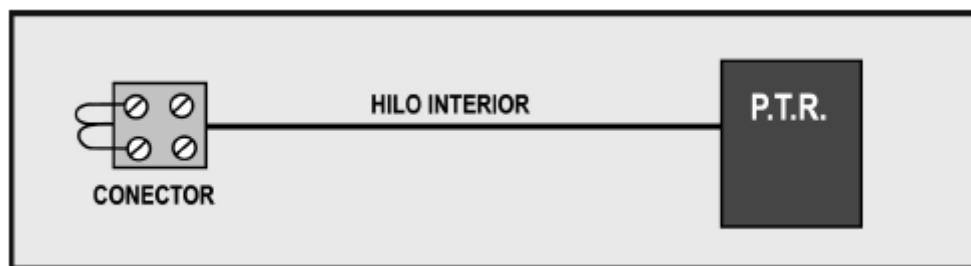


Figura 4-4 Línea interior

4.2.1 Tipos de Redes de usuarios

Dependiendo de cómo estén estructuradas y la continuidad eléctrica de los conductores, las redes de usuario se clasifican en Redes Rígidas y redes Flexibles

Redes Rígidas: Las redes rígidas son aquellas en las que todos los conductores se prolongan eléctricamente desde el repartidor hasta el punto de distribución (caja terminal) mediante empalmes cerrados o directos. Ver Figura 4-5

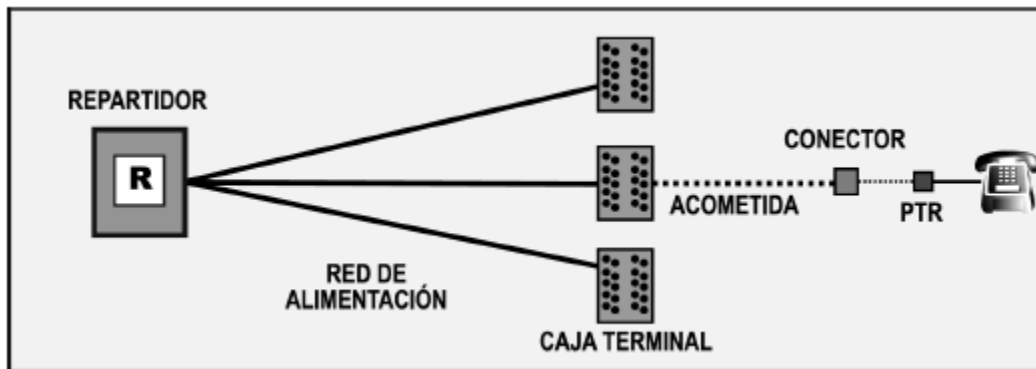


Figura 4-5 Esquema de una red rígida

Redes flexibles: Las redes flexibles son aquellas que están divididas en dos secciones distintas, de alimentación y de distribución, mediante un punto de interconexión se hace que cualquier par de la red de alimentación se pueda conectar a cualquier otro de la red de distribución. (Servicios de Formación de Telefonía de España S.A.U, 2000) Ver Figura 4-6

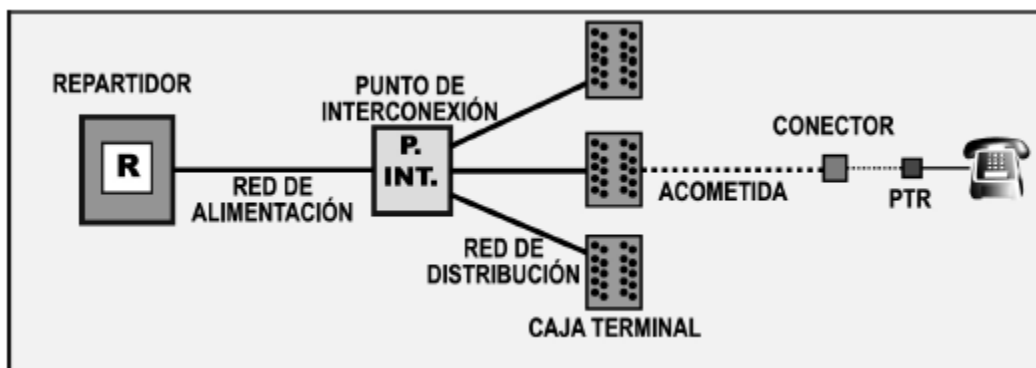


Figura 4-6 Esquema de una red flexible

4.3 Tecnologías de acceso

En este estudio se presentan las tecnologías de redes de acceso que han sido consideradas de “Banda Ancha”, incluyendo tanto las que actualmente se emplean para ofrecer servicios comerciales, como aquellas otras que, aún con un nivel de madurez insuficiente, pueden constituir la base para las futuras redes de acceso.

Concretamente, se han seleccionado las siguientes tecnologías, agrupadas en función del soporte físico que emplean:

- Tecnologías sobre Cable:

- Bucle digital de abonado (xDSL)

- ✚ Redes híbridas de fibra y cable (HFC)
- ✚ Fibra óptica (FTTx)
- ✚ Comunicaciones por línea eléctrica (PLC)

• Tecnologías Inalámbricas:

- ✚ WiMAX
- ✚ Redes de Acceso por Satellite
- ✚ GSM
- ✚ GPRS
- ✚ EDGE
- ✚ Comunicaciones móviles de tercera generación (UMTS)
- ✚ LTE (Long Term Evolution)
- ✚ Bucle inalámbrico (LMDS)

4.3.1 Bucle digital de abonado (xDSL)

Bajo las siglas xDSL se agrupan un conjunto de tecnologías que, utilizando códigos de línea y técnicas de modulación adecuados, permiten transmitir regímenes de datos de alta velocidad sobre el par trenzado telefónico. En la Figura 1 se muestran los anchos de banda requeridos por cada tecnología xDSL, así como los regímenes binarios que proporcionan. En la Figura 2 se muestra la evolución de las velocidades obtenidas por las técnicas xDSL en los últimos años, en comparación con el crecimiento de las velocidades de los módem en banda vocal (300-3400Hz).

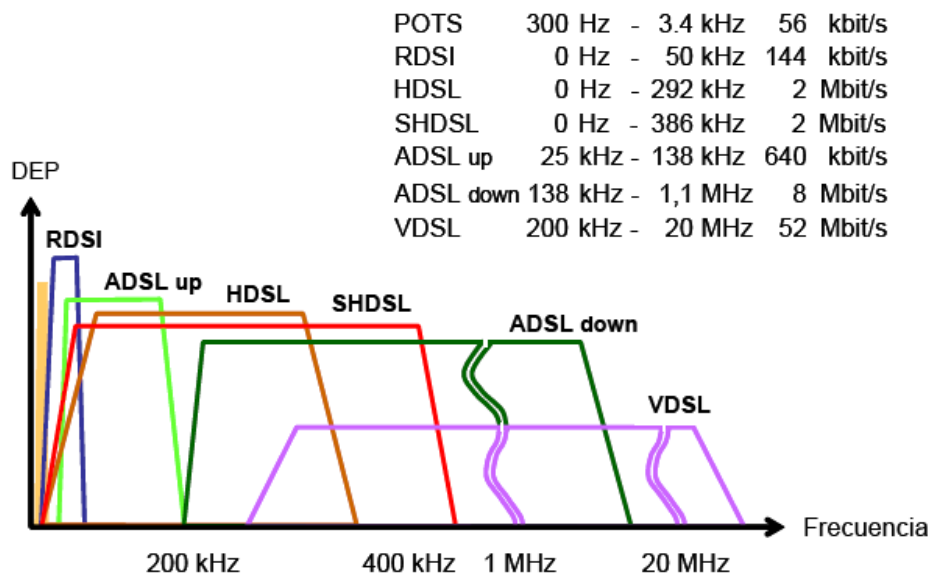


Figura 4-7 Ancho de banda y caudales de xDSL

La siguiente imagen muestra un ejemplo práctico sobre la estructura general que posee un sistema xDSL. Se puede observar que el Multiplexor de acceso a la línea digital de abonado

(DSLAM) se encarga de interconectar o enlazar los distintos servicios como Internet, redes troncales, televisión, etc.

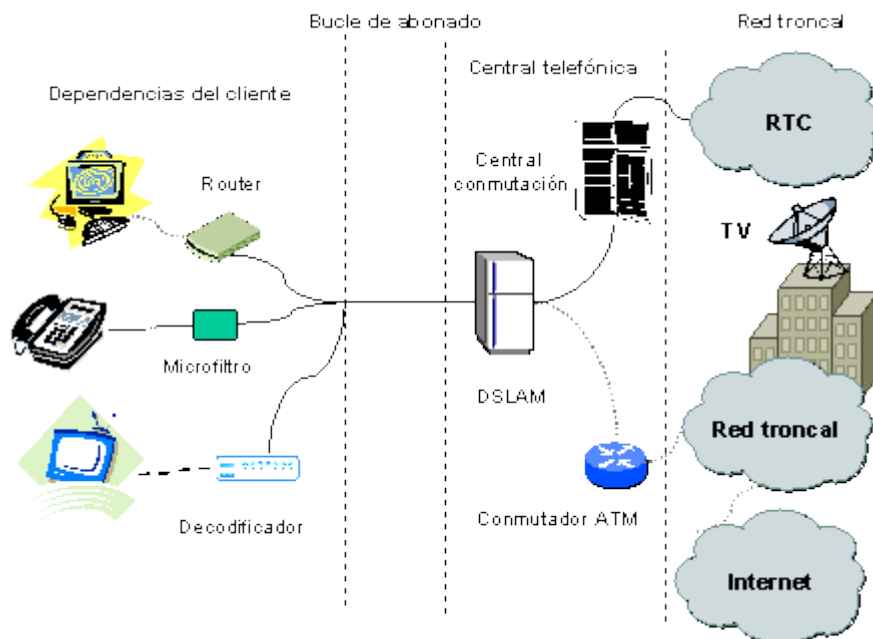


Figure 4-1 Representación de Ubicación del bucle de abonado

A continuación se proporciona una breve descripción de cada una de las tecnologías xDSL siguiendo el orden cronológico de su aparición.

Digital Subscriber Line (DSL). Acceso Básico RDSI

Desarrollado a principio de los 80 como tecnología de acceso para líneas de abonado RDSI (Red Digital de Servicios Integrados). Su objetivo es usar los pares de cobre del servicio telefónico para proporcionar dos canales de 64 kbit/s (canales B), que pueden ser utilizados para voz y datos en modo circuito, más un canal de 16 kbit/s (canal D) para señalización o datos en modo paquete. El caudal útil total es por tanto de 144 kbit/s, al que hay que añadir una tara de 16 kbit/s adicional para funciones de mantenimiento, resultando en un régimen binario total de 160 kbit/s.

En principio se utilizó un código 4Binario/3Ternario (4B3T) que fue pronto sustituido por un código 2Binario/1Cuaternario (2B1Q) que ocupa menos ancho de banda y por tanto tienen alcances mayores. En la actualidad en España existen aún algunas líneas que utilizan 4B3T aunque la mayoría utiliza 2B1Q. Sin embargo, en Alemania, país con el mayor despliegue mundial de RDSI, se utiliza 4B3T debido a su temprano despliegue.

Existe también un Acceso Primario RDSI cuyo régimen binario es de 2 Mbit/s, transportando 30 canales B de 64 kbit/s y un canal D de 64 kbit/s. Su aplicación principal es la conexión de centralitas privadas digitales. En principio utilizó los códigos de línea habituales en la transmisión PCM (HDB3).

High Speed Digital Subscriber Line (HDSL)

Proporciona enlaces primarios E1 a 2 Mbit/s (o T1 a 1,5 Mbit/s, en países que siguen normativa ANSI) sobre uno o varios pares telefónicos convencionales evitando el empleo de repetidores.

Los sistemas HDSL se emplean para proporcionar accesos primarios RDSI, así como para el suministro de líneas alquiladas. Otra aplicación habitual de este tipo de sistemas es la interconexión de equipos de red situados en la planta exterior de acceso del operador (por ejemplo, estaciones base de telefonía móvil o concentradores remotos de abonados).

Symmetric High speed Digital Subscriber Line (SHDSL)

El sistema SHDSL (o su variante ANSI: HDSL-2) requiere un solo par y tiene mayor alcance que los sistemas HDSL monopar. Una de sus principales ventajas es su compatibilidad espectral con otros sistemas DSL, particularmente ADSL, con los que pueden coexistir en el mismo mazo de pares. Además, existe una normativa sobre su implementación, con lo que los equipos de abonado y central pueden ser de distintos suministradores.

El SHDSL está diseñado para el transporte de datos de forma simétrica, a regímenes que se adaptan a las características del canal y que van desde 192 kbit/s hasta 2,3 Mbit/s (o desde 384 kbit/s hasta 6 Mbit/s sobre dos pares). El código de línea utilizado es TC-PAM (Trellis Coded Pulse Amplitude Modulation), utilizando 16 niveles en línea (4B1H). Además, la señal se conforma en frecuencia para mejorar la compatibilidad espectral respecto a otros sistemas que compartan el mismo mazo.

Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL)

Se trata de un sistema de gran popularidad debido a su comercialización en el segmento residencial (en EE.UU., un 77% de los abonados ADSL son residenciales).

Una característica importante de ADSL es la compartición del espectro disponible en el par telefónico (ver Figura 4-8) con el servicio telefónico (o con el servicio RDSI), permitiendo el acceso simultáneo a la red telefónica y a Internet. Esto se logra mediante el empleo de un *splitter* (filtro separador de bandas) en casa del abonado.

La siguiente imagen muestra que además de los módems situados en casa del usuario (ATU-R o "ADSL Terminal Unit-Remote) y en la central (ATU-C o "ADSL Terminal Unit-Central"), delante de cada uno de ellos se ha de colocar un dispositivo denominado "splitter". Este dispositivo no es más que un conjunto de dos filtros: uno paso alto y otro paso bajo. La finalidad de estos filtros es la de separar las señales transmitidas por el bucle de modo que las señales de baja frecuencia (telefonía) de las de alta frecuencia (ADSL).

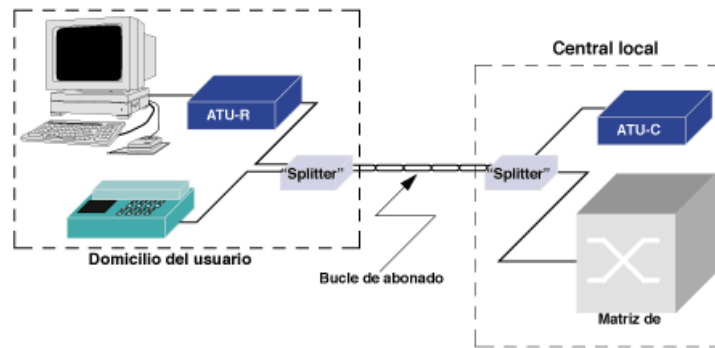


Figure 4-2 La imagen muestra el funcionamiento del splitter utilizado en la figura anterior

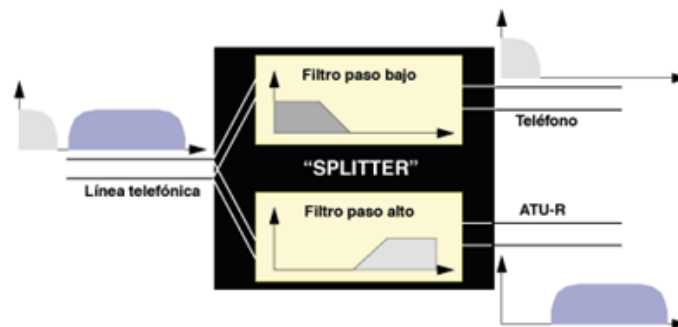


Figure 4-3 Funcionamiento del Splitter

La simultaneidad de la voz y los datos, unida a las considerables tasas de bit proporcionadas, hace de ADSL una técnica muy atractiva. Gracias a ella se puede disponer de un acceso permanente a Internet, con tarifa plana, y sin necesidad de contratar una línea adicional ni de cambiar los aparatos telefónicos. Todo ello, sin duda, constituye un factor diferencial frente a las técnicas HDSL y SHDSL vistas anteriormente.

Very high speed Digital Subscriber Line (VDSL)

Extendiendo los límites de la tecnología del ADSL es posible utilizar un ancho de banda mayor sobre el par de cobre, hasta alcanzar los 11 MHz. Por supuesto, esto sólo es factible para alcances más reducidos que los vistos en ADSL. Así, mientras el objetivo de alcance en ADSL era cubrir el área de servicio de la central, en VDSL las zonas geográficas cubiertas son mucho menores, tal como se representa en la Figura 6. Por este motivo, la tecnología VDSL va acompañada de un amplio despliegue de fibra hasta los nodos desde los cuales se alcanza al abonado mediante tiradas de cobre muy cortas. En la Tabla 3 se especifican los alcances y velocidades de VDSL.

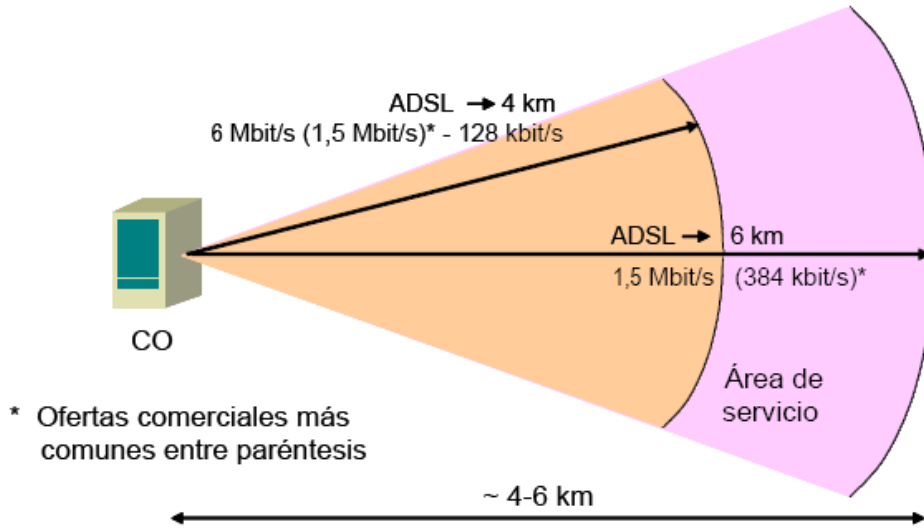


Figura 4-8 Alcance de ADSL

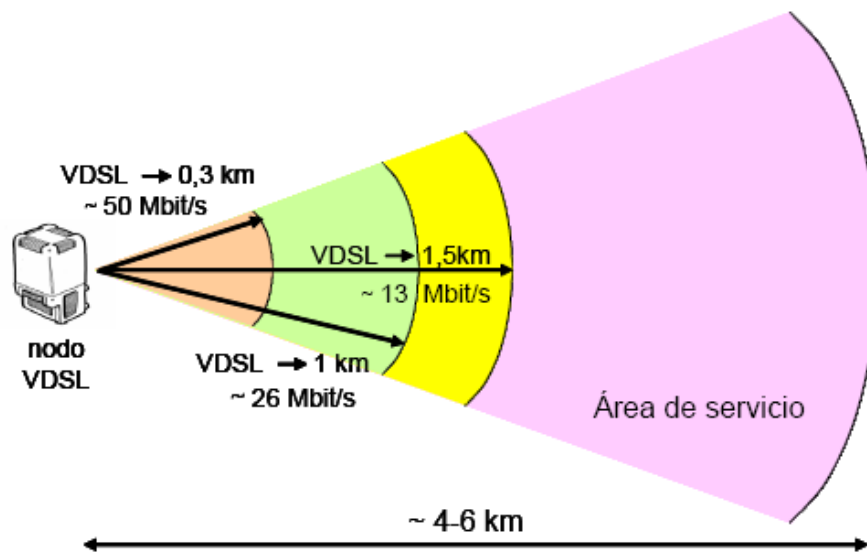


Figura 4-9 Alcance de VDSL

El VDSL, al igual que el ADSL, permite la coexistencia del servicio telefónico en el par. Existen también versiones de VDSL simétricas, lo que permite su empleo, por ejemplo, para proporcionar accesos de alta velocidad a empresas.

Tipo de servicio		Alcance (km)	Descendente (Mbit/s)	Ascendente (Mbit/s)
Asimétrico	Corto	0,3	52 34 ó 38,2	6,4 4,3
	Medio	1,0	26 19	3,2 2,3
	Largo	1,5	13 6,5	1,6 1,6 ó 0,8
Simétrico	Corto	0,3	34 26 16	34 26 19
	Medio	1	13	13
	Largo	1,5	6,5 4,3 2,3	6,5 4,3 2,3

Figura 4-10 Características de VDSL

La imagen muestra la arquitectura de una red que utiliza sistema los sistemas ADSL y VDSL de forma simultánea en distintas áreas de la misma red. La arquitectura es básicamente la misma que para un sistema basado en ADSL , pero las velocidades de transmisión son distintas.

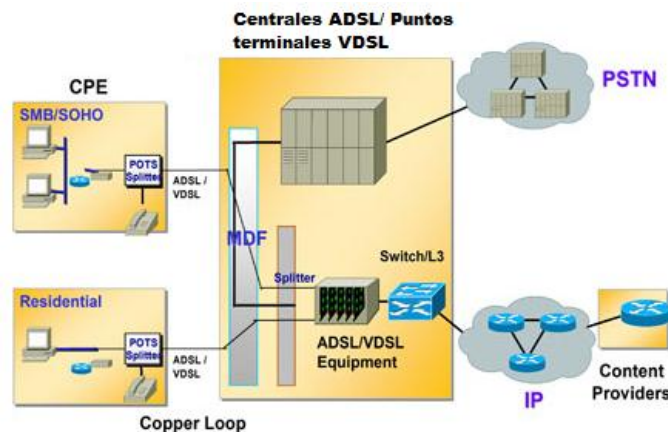


Figure 4-4 Representación de una red con tecnología VDSL

4.3.2 Redes híbridas de fibra y cable (HFC)

Características

- Son redes de acceso cableadas terrestres, basadas en sistemas híbridos que combinan fibra óptica y cable coaxial.
- Siendo la red HFC un medio bidireccional, permite desplegar redes de telecomunicación multiservicio.
- Mayor capacidad de transmisión, distancias de acceso y servicios asociados

- Se extiende a áreas metropolitanas cada vez más extensas e interconectadas Típicamente empleadas para distribución de CATV.
- Evolución de las primeras redes de CATV de cable coaxial.
- Emplean fibra óptica en la red troncal, desde la cabecera de generación de señales hasta los nodos ópticos.
- Los nodos ópticos son receptores que hacen la conversión óptico/eléctrica de la señal en las áreas de servicio.
- A partir de los nodos se extiende la red de distribución tradicional de cable coaxial.
- Además del servicio de distribución de señales de TV, la red HFC tiene capacidad para transportar servicios bidireccionales:
- Telefonía
- Datos
- Los servicios bidireccionales requieren que la red posea:
- Canal de retorno habilitado
- Diseño adecuado del área de servicio de cada nodo

Las redes HFC (Hybrid Fiber Coaxial) son una evolución de las redes de distribución de televisión por cable coaxial.

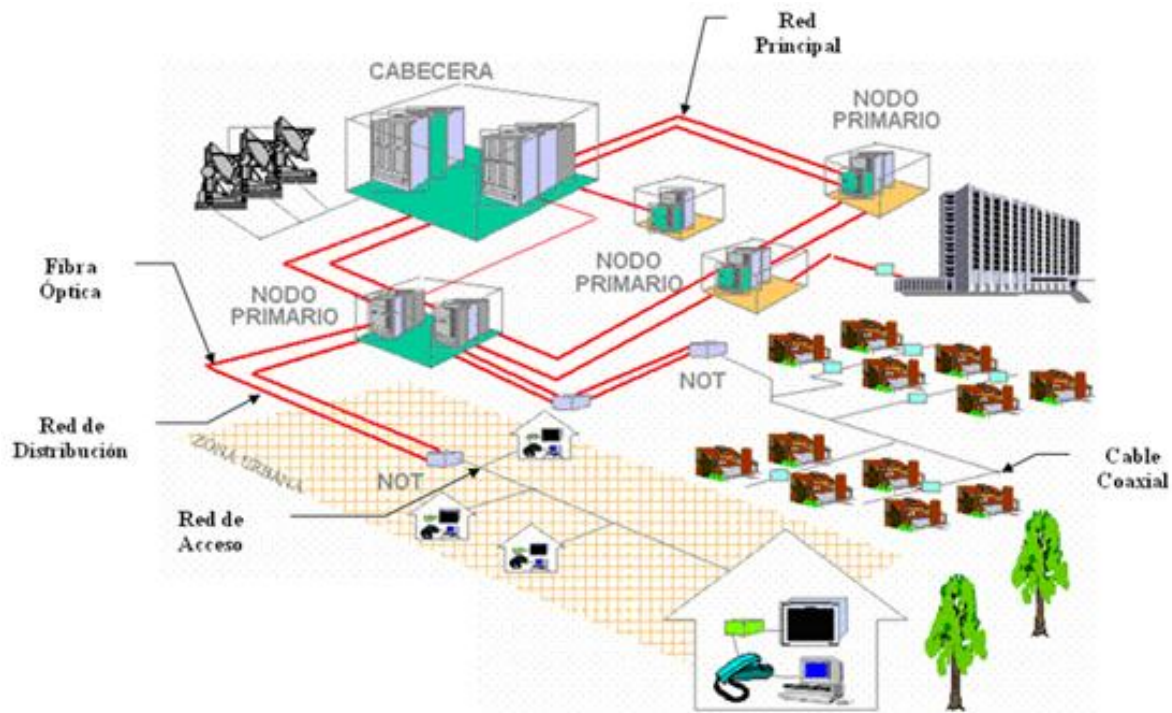


Figura 4-11 Red HFC

DOCSIS

El estándar DOCSIS (Data over Cable Service Interface Specification), desarrollado por el consorcio CableLabs, es quizá el más importante dentro del ámbito de las redes de cable. Prueba de ello es su aceptación como estándar por ITU, ETSI y SCTE.

Hasta la fecha, se han definido tres versiones de DOCSIS. En la Tabla 6 se indican, de manera resumida, algunas de las principales características de cada versión.

Estándar	Prestaciones	Servicios y beneficios
DOCSIS 1.0 5 Mbit/s u/s	Especificación estándar	Alta velocidad de datos Acceso a Internet
DOCSIS 1.1 10 Mbit/s u/s (retorno)	Calidad de Servicio Seguridad	Doble capacidad u/s(retorno) Bajo costo
Advanced PHY 30 Mbit/s u/s (retorno) DOCSIS 2.0	S- CDMA A-TDMA	Servicios simétricos Punto-a-Punto Business-to-business (B2B)

Figura 4-12 Versiones de DOCSIS

Unos de los aspectos más importantes que introduce la versión DOCSIS 1.1 es el soporte de servicios con garantías de QoS, para servicios sensibles al retardo. Este tipo de servicios se añade al servicio sin garantías (*best effort*), el único considerado en DOCSIS 1.0.

La versión DOCSIS 2.0 introduce una serie de novedades, incluyendo las que permiten el desarrollo de módems de bajo costo (50 euros), el soporte de servicios simétricos, mayor inmunidad frente al ruido y servicios IP *multicast*. Esta versión define también dos nuevos métodos de modulación: S-CDMA (Synchronous Code Division Multiple Access) y A-TDMA (Advance frequency agile Time Division Multiple Access).

Otro de los aspectos más destacables del estándar DOCSIS 2.0 es la especificación de una arquitectura abierta, cuya estructura básica se ilustra en la Figura 32. Por último, señalar que el estándar DOCSIS 2.0 garantiza la compatibilidad con las versiones DOCSIS 1.0 y 1.1.

4.3.3 Fibra óptica (FTTX)

Para poder ofrecer servicios de banda ancha de manera masiva, resulta imprescindible disponer de una tecnología de acceso de elevada capacidad y bajo coste, que sea al mismo tiempo capaz de proporcionar los niveles de calidad de servicio adecuados para cada aplicación. Con el estado actual de la tecnología, las soluciones que se perfilan para conseguir este objetivo tan ambicioso se basan en el empleo de fibra óptica como medio de transmisión para alcanzar al usuario final.

Dentro de la familia de tecnologías FTTX (Fiber to the X) se agrupan una serie de técnicas de acceso basadas en el empleo de fibra óptica hasta las proximidades del abonado. Los miembros de esta familia se diferencian fundamentalmente en el grado de proximidad alcanzado. Así,

cuando el despliegue de la fibra llega hasta la casa del abonado, se habla de la tecnología FTTH (Fiber to the Home), también conocida como fibra directa hasta el hogar o bucle local de fibra. Siguiendo la misma filosofía, pero con alcances de fibra menores, se encuentran las tecnologías de fibra hasta la acera (Fiber to the Curb, FTTC) o fibra hasta el edificio (Fiber to the Building, FTTB).

Las tecnologías FTTX se basan, en definitiva, en instalaciones de cable de fibra óptica directo hasta los hogares o edificios (escuela, empresa, oficina, parque tecnológico, etc.), tal como indica la Figura 34. Estas infraestructuras de acceso de alta capacidad, permiten ofrecer a los usuarios servicios de banda ancha tales como video bajo demanda o acceso de alta velocidad a Internet.

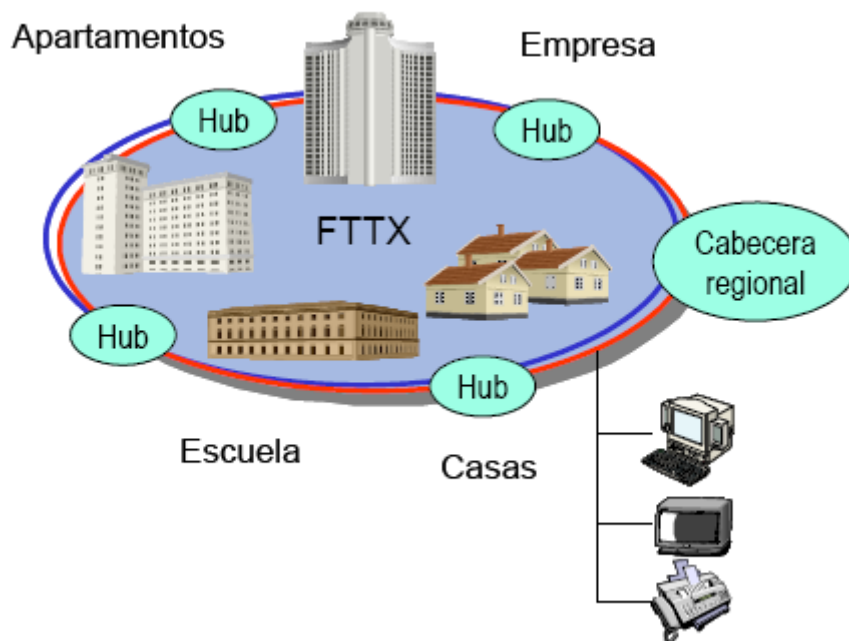


Figura 4-13 Tecnología de Fibra Óptica

Históricamente los operadores de telecomunicaciones han utilizado sistemas de distribución híbridos de fibra y coaxial (HFC, Hybrid Fiber Coaxial). En este tipo de redes, la fibra óptica queda confinada al núcleo de la red (*backbone*), recurriéndose al empleo de cable coaxial para llegar hasta los usuarios finales. La capacidad de este medio de transmisión es varios órdenes de magnitud inferior a la de la fibra óptica, por lo que se produce un efecto de “cuello de botella”. Para aliviar el problema, los operadores han comenzado a reemplazar porciones de cable coaxial por fibra óptica.

No obstante, se trata de un proceso muy caro, por lo que su implantación se ha visto ralentizada.

Las arquitecturas más habituales para el despliegue de redes FTTX son las Configuraciones punto a punto y las redes ópticas pasivas (PON, Passive Optical Networks). Normalmente, las primeras se utilizan para proporcionar acceso a abonados empresariales en entornos urbanos y metropolitanos. Este tipo de configuración requiere la existencia en la central o cabecera de un

transceptor óptico por abonado. Estos dispositivos tienen un coste considerable, por lo que este tipo de configuraciones se usa fundamentalmente para abonados empresariales de cierta envergadura.

Las redes PON (*Passive Optical Network*) redes ópticas pasivas, son de desarrollo reciente, pero ya están siendo aplicadas en muchos países para servicios de Fibra óptica hasta el edificio o el usuario.

Una red PON es un sistema de comunicaciones por fibra óptica en el que se establece una comunicación punto-multipunto entre un router central denominado en estos montajes OLT (optical line Terminal) Terminal óptico de línea y los equipos en campo ONT (optical Network Terminal) Terminal óptico de red.

La ventaja de este tipo de redes es que solo se necesitan equipos activos en los extremos. Para guiar el tráfico intermedio en la red se usan divisores ópticos pasivos, que reparten la señal por las fibras que se dirigen a cada punto de conexión. (Debugmodeon, 2009)

PON

En el caso de abonados residenciales y PYMEs, las PONs constituyen la opción más adecuada en términos económicos. Este tipo de configuraciones, permite el despliegue de una sola fibra desde la cabecera de red (un solo transceptor óptico), a partir de la cual se pueden derivar un cierto número de ramificaciones (típicamente hasta 32) para dar servicio a otros tantos abonados. Los elementos básicos de una PON son: el terminador óptico de línea (OLT, Optical Line Termination), ubicado en la cabecera de red; los terminadores ópticos de red (ONT, Optical Network Termination), situados en las instalaciones de abonado; y la red de distribución óptica (ODN, Optical Distribution Network), compuesta por cables de fibra, divisores pasivos y acopladores.

GEPON

La tecnología GEPON, es la evolución de la tecnología PON (por sus siglas en inglés: Passive Optical Network) con la integración de la tecnología Ethernet a velocidades de 1 Gbps, de ahí su nombre: Gigabit Ethernet Passive Optical Network.

La gran ventaja de esta solución es que finalmente permite hacer llegar directamente fibra óptica a cada uno de los subscriptores del servicio de banda ancha (o a nodos de la red en el caso de un campus o una MAN), por supuesto a un costo que hace factible su implementación y comercialización. Esto es posible gracias a los precios accesibles del equipo electrónico, al hecho de que se maneja directamente la tecnología Ethernet como medio de comunicación, así como a la gran optimización que se logra en la utilización de la fibra óptica, situación que se ilustra en la siguiente figura:

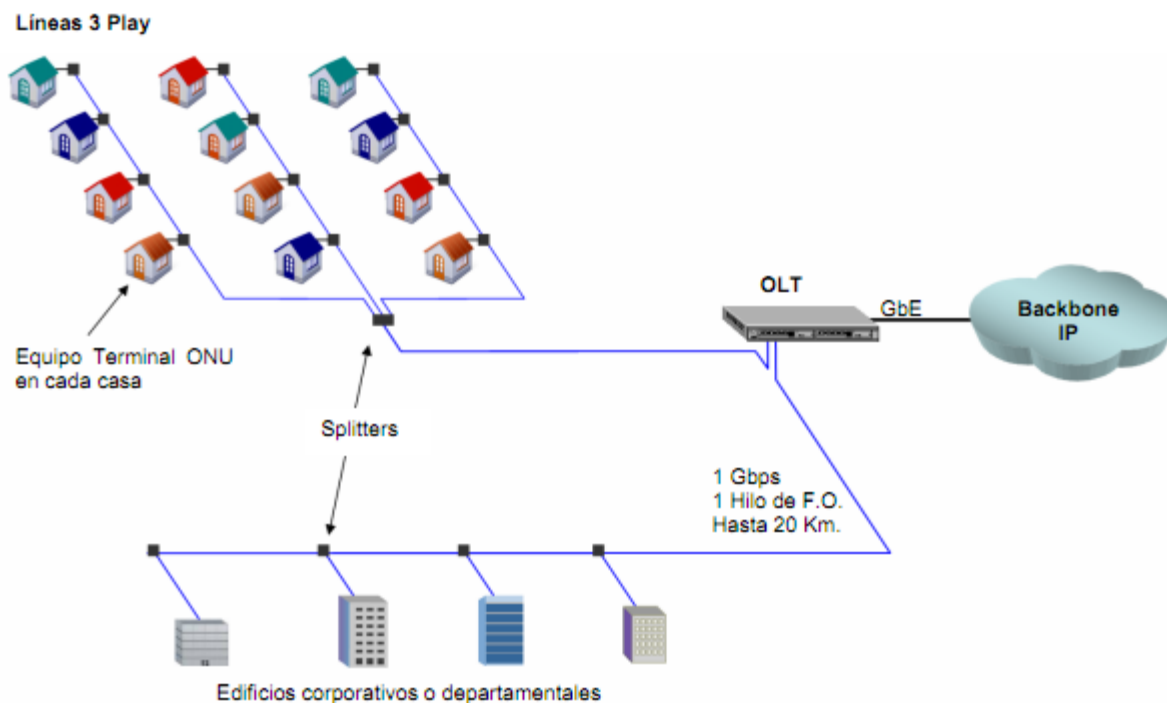


Figura 4-14 Red acceso de Fibra Optica

Como se aprecia en la figura anterior, existe un equipo distribuidor (OLT) el cual se conecta a la red principal; de éste equipo salen múltiples trayectorias, cada una de solamente 1 hilo de fibra óptica con capacidad de transportar 1 Gbps de información. Este ancho de banda se reparte entre las conexiones terminales de la trayectoria, que son rematadas en un equipo CPE (ONU), el cual se ubica en la instalación del suscriptor o nodo de red. Existen varios modelos de ONU, para proporcionar desde un puerto de Ethernet para la conexión del suscriptor, hasta 24 puertos de Ethernet en el caso de un edificio departamental; también existen modelos para instalarse en intemperie, así como ONUs que incluyen puertos para conectar directamente una TV en el caso de aplicaciones triple play. (INTERABS)

4.3.4 Power Line Communications Systems

La tecnología PLC, o comunicaciones mediante cable eléctrico, utiliza las líneas de energía eléctrica convencionales para transmitir señales de radio de manera que se brinde a los usuarios no sólo energía eléctrica sino también una gran variedad de servicios de comunicaciones.

La energía eléctrica se transmite a través de líneas de alta tensión, es distribuida en líneas de media tensión y llega a los usuarios finales a través de líneas de baja tensión. Los sistemas PLC pueden actuar en estos tres puntos de la red, llegando algunos incluso a transmitir la información entre cableado de distinto nivel, si bien en general los sistemas PLC se limitan a un único tipo de cable. (Escuela Tecnica Superior de Ingeniería, 2009)

La comunicación a través de la línea eléctrica viene desarrollándose desde la década de los 50, cuando se decidió utilizar la línea como un canal de transporte de datos, igual que años antes se

había logrado con tanto éxito con la línea telefónica a través de la tecnología xDSL. En sus comienzos, el uso del PLC se limitó al alumbrado de ciudades, aplicaciones de baja velocidad para el control de contadores y más recientemente en la lectura automática de los mismos.

A partir de la 1980, se comenzó a investigar el uso de la red como canal de transmisión de datos para frecuencias entre 5 y 500kHz en una única dirección, pero no fue hasta 1997 que se consiguió transmitir señales bidireccionales a través de la red.

Algunos de los servicios que ofrece esta tecnología son el establecimiento de sistemas domóticas o televisión, el acceso a internet, la telefonía por medio de VoIP, establecimiento de videoconferencias, e-commerce y teleworking, teleasistencia y telemedicina, servicios de seguridad y de control de consumo a distancia.

Una de las ventajas más importantes de este sistema de comunicación es su ubicuidad. Más de 3.000 millones de personas disponen de energía eléctrica en su hogar, frente a los 800 millones que disponen de conexión telefónica; prácticamente cualquier enchufe de nuestra casa sería una potencial conexión a Internet gracias a la tecnología de comunicaciones PLC.

Ya por último pero no por ello menos importante, aparece el problema del diseño de la red. Como es bien sabido, la red eléctrica no fue creada en un principio para la transmisión de datos, de manera que los transformadores impiden el paso de este tipo de señales. Para eliminar este inconveniente, se instalan equipos PLC en cada uno de los transformadores del abonado. El coste que ello supone es en numerosas ocasiones inasumible por los clientes, especialmente en aquellas regiones como Estados Unidos donde la concentración demográfica es escasa, de manera que el transformador proporciona energía a un único usuario que será el que tenga que correr con todos los gastos de instalación.

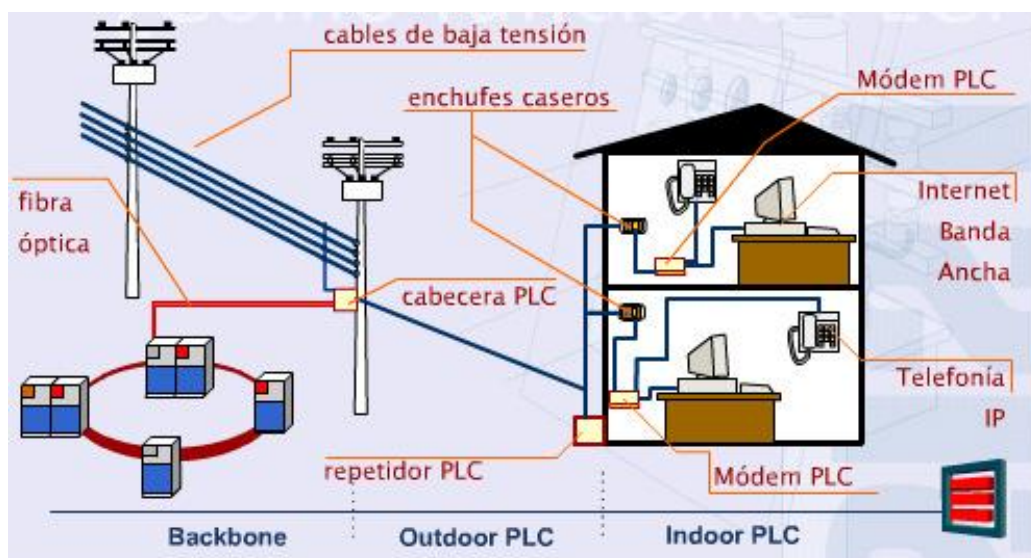


Figura 4-15 Diagrama de PLC

Características de PLC

- ✚ Permite la transmisión de datos hasta 45 Mbits por segundo a través de la red secundaria de alimentación eléctrica de 110 Voltios y 60 Hz.
- ✚ Ideal para la implementación a bajo costo de la última milla y el último metro.
- ✚ Utiliza modulación OFDM.
- ✚ Utiliza la banda de frecuencias altas, por encima de los 2 Mhz (2-30) para los datos de manera de no interferir con la señal de energía eléctrica.
- ✚ Utiliza 802.11q para separar las tramas.
- ✚ El área de cobertura de una estación Master varía entre 100 y 500m, dependiendo de las frecuencias de transmisión empleadas. (Cordoba)

Ventajas

- ✚ Utiliza la infraestructura ya existente, es decir el cableado eléctrico, por lo que no es necesario ningún tipo de obra adicional
- ✚ Cualquier enchufe en una casa es suficiente para estar conectado.
- ✚ Posibilidad de crear redes de datos domesticas utilizando el cableado existente.
- ✚ Su instalación es muy rápida por parte del cliente.
- ✚ Proporciona una conexión permanente 24h al día.
- ✚ Disponibilidad de múltiples servicios a través de una misma plataforma.
- ✚ Es posible combinarla con otras tecnologías.
- ✚ Por medio de microfiltros se evitan las posibles interferencias generadas por los electrodomésticos
- ✚ No sufre de los inconvenientes de ADSL o cable que no llega en muchos casos al usuario final. Al estar ya implantada la red eléctrica permite llegar a cualquier punto geográfico.
- ✚ El ancho de banda es de 45 Mbps aunque actualmente ya se alcanzan velocidades de 135 Mbps y en breve se llegará a 200 Mbps.
- ✚ Con un solo repetidor se provee de conexión hasta 256 hogares.
- ✚ Con el tiempo los costes se abaratarán.
- ✚ Las tarifas de conexión, aunque todavía no están fijadas, no superarán las cuotas de ADSL.

Desventajas

- ✚ Tiene escasa competencia tecnológica.
- ✚ La producción de los equipos necesarios es todavía escasa
- ✚ Ausencia de estándares tecnológicos para la interoperabilidad de equipos.
- ✚ La red eléctrica no fue diseñada para transmitir datos por lo que experimenta frecuentes caídas y la calidad de las llamadas telefónicas no es completamente satisfactoria.

- ✚ Interferencias durante la navegación a través de la Web.
 - ✚ Falta de seguridad.
 - ✚ Oposición de las compañías telefónicas.
- (Alvarez Valle & Carcia Gonzales)

Tecnología:	Emergente
Velocidades:	2-45 Mbps
Difusión:	Baja
Costo:	Medio/Alto
Complejidad:	Alta

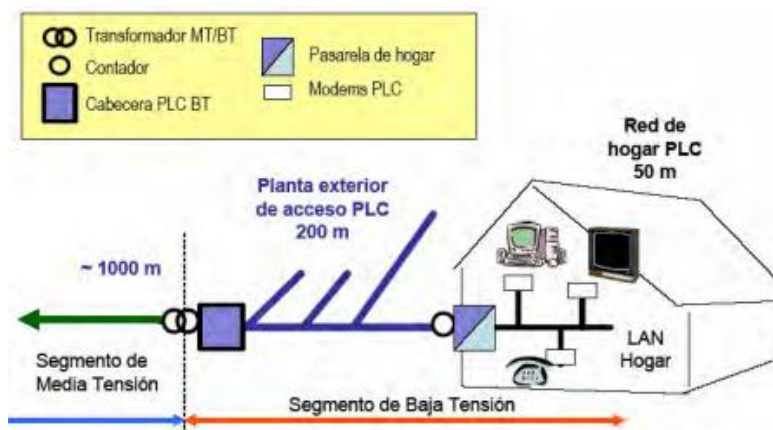


Figura 4-16 Ejemplo de Red PLC

4.4 Tecnologías de acceso Inalámbrica

Las redes de acceso inalámbricas se caracterizan por una estructura punto a multipunto: una estación base, ubicada en un lugar apropiado, ofrece conexión a un conjunto de estaciones de abonado que entran dentro de su zona de cobertura.

Desde este punto de vista, la estructura de una red de acceso inalámbrica coincide con la de cualquier red de tipo celular; pero añadiendo las ventajas derivadas del hecho de que los terminales a los que hay que proporcionar servicio no son móviles, sino fijos: pueden tener mayor tamaño y consumo, pueden funcionar a frecuencias más altas (ya que, aunque necesitan línea de visión directa entre la estación base y las diferentes estaciones de abonado a las que da servicio y apuntamiento de las antenas receptoras hacia la estación base, puede asegurarse que no existan obstáculos entre emisor y receptor eligiendo adecuadamente los emplazamientos de las antenas) y, por tanto, dispondrán de mayor anchura de banda.

4.4.1 WIMAX

Wimax son las siglas de **Worldwide Interoperability for Microwave Access** (interoperabilidad mundial para acceso por microondas). Es una norma de transmisión de datos usando ondas de radio.

Es una tecnología dentro de las conocidas como tecnologías de última milla, también conocidas como bucle local que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio. El protocolo que caracteriza esta tecnología es el IEEE 802.16. Una de sus ventajas es dar servicios de banda ancha en zonas donde el despliegue de cable o fibra por la baja densidad de población presenta unos costos por usuario muy elevados (zonas rurales).

El único organismo habilitado para certificar el cumplimiento del estándar y la interoperabilidad entre equipamiento de distintos fabricantes es el Wimax Forum: todo equipamiento que no cuente con esta certificación, no puede garantizar su interoperabilidad con otros productos.

Los perfiles del equipamiento que existen actualmente en el mercado; compatibles con WiMAX, son exclusivamente para las frecuencias de 2,5 y 3,5 Ghz como puede comprobarse en la base de datos de WiMax Forum.

Existe otro tipo de equipamiento (no estándar) que utiliza frecuencia libre de licencia de 5,4 Ghz, todos ellos para acceso fijo. Si bien en este caso se trata de equipamiento que no es ínter operativo, entre distintos fabricantes (Pre Wimax, incluso 802.11a).

Existen planes para desarrollar perfiles de certificación y de interoperabilidad para equipos que cumplan el estándar IEEE 802.16e (lo que posibilitará movilidad), así como una solución completa para la estructura de red que integre tanto el acceso fijo como el móvil. Se prevé el desarrollo de perfiles para entorno móvil en las frecuencias con licencia en 2,3 y 2,5 Ghz.

Actualmente se recogen dentro del estándar 802.16, existen dos variantes:

Uno de acceso fijo, (802.16d), en el que se establece un enlace radio entre la estación base y un equipo de usuario situado en el domicilio del usuario, Para el entorno fijo, las velocidades teóricas máximas que se pueden obtener son de 70 Mbps con un ancho de banda de 20 MHz. Sin embargo, en entornos reales se han conseguido velocidades de 20 Mbps con radios de célula de hasta 6 Km, ancho de banda que es compartido por todos los usuarios de la célula.

Otro de movilidad completa (802.16e), que permite el desplazamiento del usuario de un modo similar al que se puede dar en GSM/UMTS, el móvil, aun no se encuentra desarrollado y actualmente compite con las tecnologías LTE, (basadas en femtocélulas, conectadas mediante cable), por ser la alternativa para las operadoras de telecomunicaciones que apuestan por los servicios en movilidad, este estándar, en su variante "no licenciado", compite con el WiFi IEEE 802.11n, ya que la mayoría de los portátiles y dispositivos móviles, empiezan a estar dotados de este tipo de conectividad (principalmente de la firma Intel).

Ejemplo última milla con WIMAX 802.16-

Hasta 75 Mbps
Movilidad: fija y portátil
Rango: 3 to 5 millas (rango máx. 30 millas)

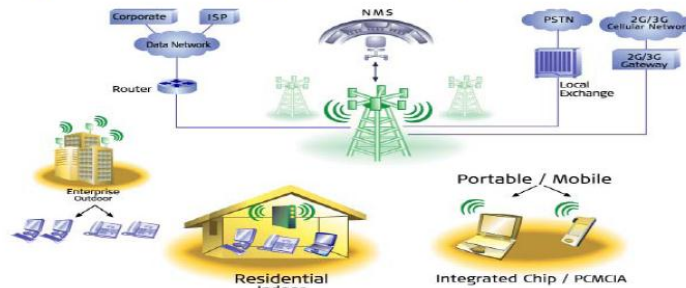
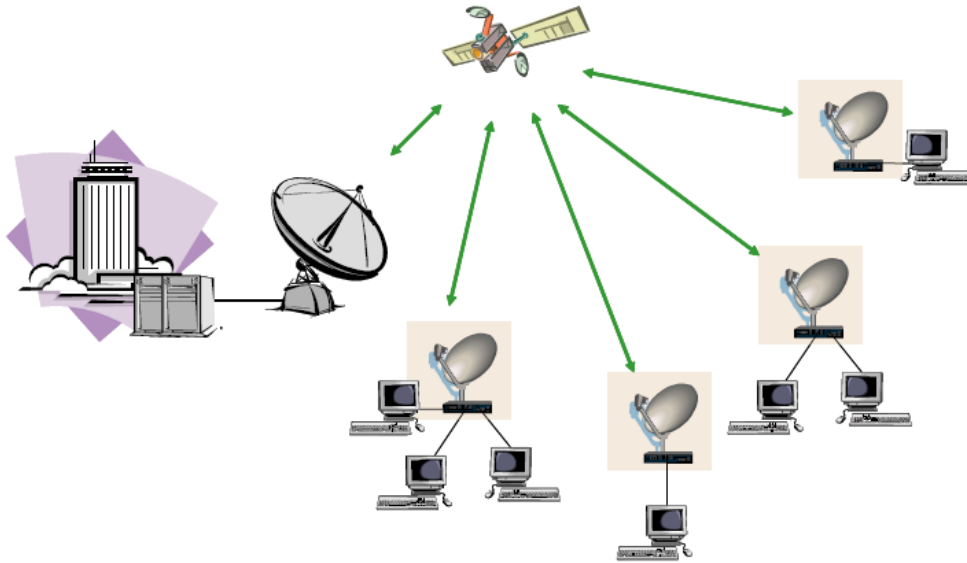


Figura 4-17 WIMAX

Principales características de WiMAX

- Gran ancho de banda: Una sola estación de base puede admitir de manera simultánea más de 60 enlaces con conectividad tipo T1/E1 o cientos de conexiones tipo DSL.
- Es independiente de protocolo. Es decir, puede transportar IP, Ethernet, ATM y otros. Eso hace que sea compatible con otros estándares como Wi-Fi, Ethernet, o Token Ring.
- Puede transmitir otros servicios agregados como VoIP, datos o vídeos.
- Soporta las llamadas antenas inteligentes (smart antennas), propias de las redes de telefonía de tercera generación (3G), lo cual mejora la eficiencia espectral. Estas antenas emiten un haz muy estrecho que se puede ir moviendo, electrónicamente, para enfocar siempre al receptor, con lo que se evitan las interferencias entre canales adyacentes y se consume menos potencia al ser un haz más concentrado.
- Velocidad: En circunstancias ideales y sin obstáculos que interfieran en los enlaces establecidos, la conexión puede alcanzar una distancia cercana a los 50 kilómetros y la velocidad de transferencia de los datos puede llegar a los 70 Mbps.
- Seguridad: incluye medidas para la autenticación de usuarios y la encriptación de los datos mediante los algoritmos Triple DES (128 bits) y RSA (1.024 bits).
- Como principales inconvenientes cabe mencionar la limitación de potencia para prever interferencias con otros sistemas, y el alto consumo de batería que se requiere. Sin embargo, los más recientes avances en los procesadores digitales de señal hacen que señales muy débiles puedan ser interpretadas sin errores, un hecho del que se aprovecha WiMAX.

4.4.2 Redes de acceso por satélite



Tradicionalmente los satélites de comunicaciones se han utilizado para establecer enlaces troncales que transportan circuitos telefónicos conmutados, circuitos alquilados y canales de televisión punto a punto.

Más recientemente, los avances tecnológicos y el uso de frecuencias más altas han permitido reducir el tamaño y el coste de los terminales, haciendo posible el acceso directo de los usuarios al satellite.

(Berrocal, et al., 2003)

4.4.3 GSM (Global System for Mobiles)

Sistema de telefonía móvil digital celular o segunda generación de móviles (2G).

La telefonía celular consiste en que cada área se divide en celdas hexagonales que juntas cubren todo el área deseada.

Esto permite reutilizar las frecuencias en celdas no contiguas, además, la forma hexagonal elimina los posibles huecos presentes si se trabajara con círculos.

Para el control de la vivienda domótica, el teléfono móvil ha resultado muy útil, tanto en la comunicación desde la pasarela (por cuestiones de seguridad para prevenir la inutilización de la línea de RTB) como por el usuario, que permite estar permanentemente disponible a recibir una llamada o un SMS desde el sistema de control de la vivienda.

En la evolución de GSM, desde su etapa inicial que sólo admitía la voz, hasta la actual que admite datos y a gran velocidad, se han sucedido varias tecnologías: GPRS, WAP, ..., precursoras UMTS (tercera generación o 3G).

4.4.4 GPRS (General Packet Radio Service)

Tecnología transitoria entre 2G y 3G, permitió la aparición de servicios multimedia móviles y la adaptación de los usuarios a dichos servicios.

Utiliza la conmutación de paquetes con el protocolo IP.

Aumenta la velocidad de acceso a Internet hasta los 50 kbps frente a los 14.4 kbps de GSM.

Se factura por cantidad de datos transmitidos y recibidos (en vez de por tiempo de conexión, como en GSM). Esto es muy interesante para telecontrol, pues puede estar permanentemente conectado, facturándose únicamente el tráfico de datos.

4.4.5 EDGE

EDGE es el acrónimo para Enhanced Data rates for GSM of Evolution (Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de GSM). También conocida como EGPRS (Enhanced GPRS).

Es una tecnología de la telefonía móvil celular, que actúa como puente entre las redes 2G y 3G. EDGE se considera una evolución del GPRS (General Packet Radio Service). Esta tecnología funciona con redes TDMA y su mejora, GSM. Aunque EDGE funciona con cualquier GSM que tenga implementado GPRS, el operador debe implementar las actualizaciones necesarias, además no todos los teléfonos móviles soportan esta tecnología.

EDGE, o EGPRS, puede ser usado en cualquier transferencia de datos basada en conmutación por paquetes (Packet Switched), como lo es la conexión a Internet. Los beneficios de EDGE sobre GPRS se pueden ver en las aplicaciones que requieren una velocidad de transferencia de datos, o ancho de banda alta, como video y otros servicios multimedia.

Características de EDGE

- EDGE ofrece a los operarios un servicio de 3G económico y espectralmente eficiente.
- EDGE es una solución 3G diseñada específicamente para integrarse al espectro existente, permitiendo así a que los operarios ofrezcan nuevos servicios de 3G con licencias de frecuencia existente al desarrollar la infraestructura inalámbrica actual.
- Los operarios de TDMA pueden escoger desplegar una combinación de GSM, GPRS, EDGE y UMTS (WCDMA) en varias bandas dependiendo de la segmentación específica de sus clientes y las estrategias del espectro.
- EDGE ofrece servicios de Internet Móvil con una velocidad en la transmisión de datos a tres veces superior a la de GPRS.
- EDGE y UMTS complementan las tecnologías de 3G; las decisiones de la red de UMTS no se verán afectadas por el cambio de GSM a EDGE y viceversa.
- El equipo de EDGE también opera automáticamente en modo de GSM.
- EDGE será una característica estándar en terminales y soluciones GSM y UMTS, con un costo similar al de GSM hoy en día.

- EDGE proporciona ahorros en los costos, cuando se requiere de una capacidad más alta, velocidades superiores en la transmisión de datos o mejor calidad de servicio en las frecuencias actuales.
- EDGE maximiza la cuota de comercialización de 3G y el margen de ganancia de 3G para los operarios de GSM, TDMA y UMTS.
- Con EDGE, todos los operarios tienen más potencial en sus ganancias y pueden construir redes con costos más bajos.
- EDGE está diseñada para integrarse a la red de GSM ya existente, lo que reducirá el costo cuando se implementen sistemas de 3G a nivel nacional; al desarrollar la infraestructura existente, se acorta el tiempo de comercialización con un lanzamiento rápido y fácil.
- EDGE será importante para los operarios con redes de GSM o GPRS que se desarrollarán en UMTS; mejorar la infraestructura de GSM con EDGE es una manera eficiente de lograr una cobertura de 3G complementaria en la red consistente al volver a emplear lo invertido en la tecnología de 2G.

4.4.6 Tecnologías UMTS

UMTS es el nombre dado a la normativa europea de tercera generación de telefonía celular, compatible con las exigencias del IMT-2000 (norma de telefonía móvil para 3G) de la UIT, funcionando en la banda de 1.9 Ghz utilizando W-CDMA como técnica de acceso y estandarizado por la ETSI.

W CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) es el código de CDMA de banda ancha y soporta a la telefonía celular en Europa, Japón y EEUU. Es una tecnología para comunicaciones de radio digital con ancho de banda suficiente para Internet, multimedia, video y otras aplicaciones de alta capacidad. Es un protocolo de origen norteamericano, el IS- 665, que data de junio de 1995. Su principal ventaja radica en el hecho de poseer casi la misma performance en la transmisión inalámbrica que en una comunicación a través de cables. Cada terminal trabajando con esta tecnología es capaz de acceder a varios servicios en forma simultánea.

Con UMTS se podrá bajar información a velocidades de hasta los 2 Mbps en el modo de baja movilidad, si bien inicialmente se podrá intercambiar información a 384 Kbps.

A través de esta tecnología será posible acceder a mucha más información, con la provisión de servicios Web, video e-mail, video conferencias, etc.

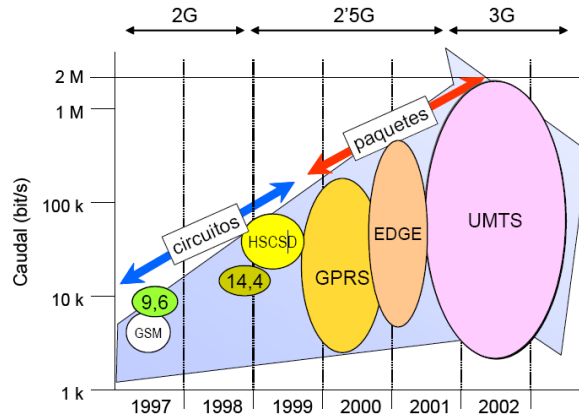


Figura 4-18 Evolución de los Sistemas Móviles Celulares

4.4.7 LTE (Long Term Evolution)

Evolución a Largo Plazo o LTE es una tecnología inalámbrica de banda ancha, diseñados para aumentar la capacidad de ancho de banda y velocidades de datos mejoradas para facilitar las aplicaciones móviles y un mejor rendimiento. Comercializado como 4G, se considera como el último paso de la tecnología anterior, con lo que la Evolución a Largo Plazo nombre. Las principales ventajas de LTE son los siguientes:

- De alto rendimiento
- Baja latencia
- Plug and play
- Mejora de experiencia del usuario final
- Bajos costos de operación

LTE opera en la frecuencia de radio y la red celular para transmitir voz y datos. El radio óptimo de una célula que una estación base compatible podría es de hasta 100 km. Utiliza la versión pre-codificado de OFDM para el enlace ascendente y OFDM normal para el enlace descendente. OFDM o Multiplex por División de Frecuencia Ortogonal transmite los datos de las compañías muy juntos para transmitir datos, aumentando la flexibilidad del espectro y la rentabilidad. Además, las redes LTE tiene compatibilidad hacia atrás con las tecnologías anteriores, como GSM y UMTS que permite bajos costos operativos y una cobertura más amplia posible, ya que podría funcionar sin discontinuidad, donde la cobertura LTE no puede llegar. Que permite pasar sin problemas desde una estación base LTE de las redes existentes desplegadas reflejas sustancialmente en un mejor servicio y la eficiencia de costes.

La especificación indica que LTE inalámbrica a internet LTE podría ofrecer una tasa de descarga de al menos 100 Mbps y velocidades de envío de al menos 50Mbps. Por otra parte, las demostraciones de tecnología mostraron que el LTE fue capaz de mantener 100 Mbps con una tasa máxima de 17 Mbps.

A medida que la industria se mueve hacia la expansión de los dispositivos compatibles con 4G, se espera que LTE dispositivos móviles no se limitaría a LTE teléfonos móviles u ordenadores portátiles. Proveedores de LTE están publicando las especificaciones que permite diferentes tipos de dispositivos y maquinaria pesada, incluso para incorporar LTE como la banda ancha método de comunicación. Por lo tanto, se puede esperar cualquier dispositivo que podría incorporar LTE chips integrados para ser capaz de acceder a las redes LTE. Los siguientes son algunos de los dispositivos previstos para utilizar 4G.

- LTE Celulares
- PDA / portátil
- Cámara de video
- Dispositivos de juego
- Máquinas expendedoras
- Maquinaria para la construcción
- Maquinaria Industrial

4.4.8 Bucle inalámbrico (LMDS)

El servicio de distribución multipunto local o LMDS (Local Multipoint Distribution Service), cuyo origen se sitúa en 1986, es una prometedora tecnología de acceso inalámbrico de banda ancha, también conocida como bucle de abonado sin cable. Los sistemas LMDS trabajan en la banda de 28-31 GHz, ofreciendo servicios multimedia y de difusión a los usuarios finales en un rango de 2-7 km.

Las razones de la importancia de la tecnología LMDS son:

- La rápida instalación en comparación con tecnologías de cable.
- La posibilidad de integrar diversos tipos de tráfico, como voz digital, vídeo y datos.
- La alta velocidad de acceso a Internet, tanto en el sector residencial como en el empresarial.
- La posibilidad de instalar una red de acceso de bajo coste, flexible, modular, y fiable.

Los sistemas LMDS utilizan estaciones base distribuidas a lo largo de la región que se pretende cubrir, de forma que en torno a cada una de ellas se agrupa un cierto número de emplazamiento de usuario (hogares y oficinas), generando de esta manera una estructura de áreas de servicio basadas en células. Cada célula tiene un radio de alrededor de 4 Km, pudiendo variar dentro de un entorno de 2-7 Km, es decir, la transmisión tiene lugar en distancias relativamente cortas. Las distintas estaciones base (también conocidas como hubs) están interconectadas entre sí, teniendo cada una de ellas capacidad para proporcionar servicios telefónicos y de datos a más de 80.000 clientes.

La comunicación inalámbrica entre los emplazamientos de usuario y la correspondiente estación base, tiene lugar en los dos sentidos, a través de señales de alta frecuencia. En LMDS, cuando se establece una transmisión, esa comunicación no puede transferirse de una célula a otra como ocurre en la telefónica celular convencional. La distancia entre la estación base y el

emplazamiento de usuario viene limitada precisamente por la elevada frecuencia de la señal, y por la estructura punto-multipunto. (Berrocal, et al., 2003)

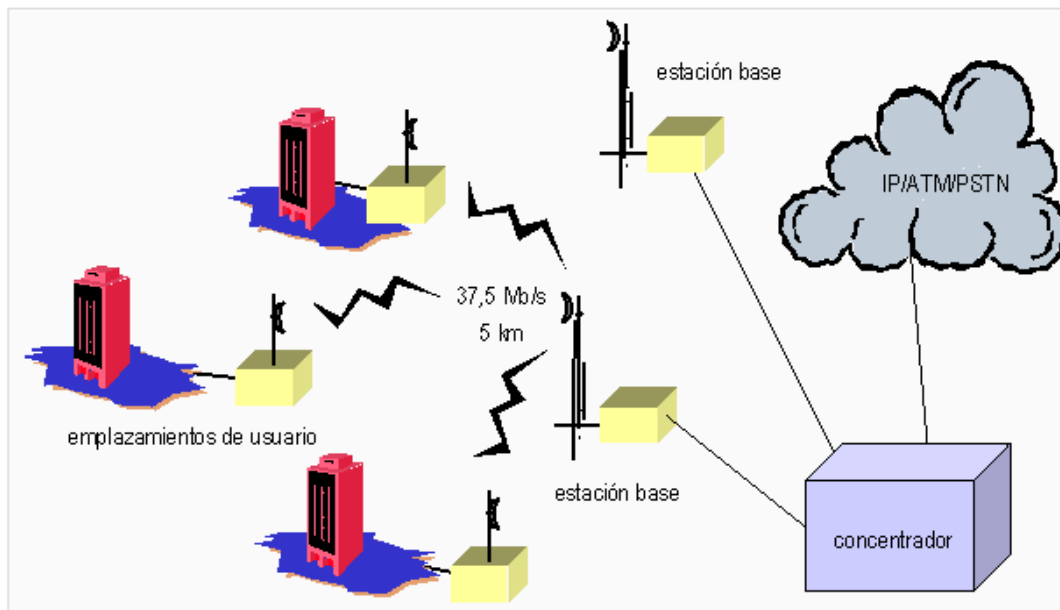


Figura 4-19 Red LMDS

4.5 Preguntas de control

1. Defina el concepto de red de acceso.
2. ¿Cuál es la función de la planta exterior red la red de acceso?
3. Mencione las condiciones que tiene que cumplir la red de acceso para que garantice el buen funcionamiento y utilización de la red.
4. ¿Cómo está estructurada la red de usuario?
5. Haga un diagrama donde se muestren las diferentes secciones de una red telefónica. Agregue las características de cada sección.
6. ¿Cuáles son los diferentes cables y líneas que se utilizan o implementan en la red telefónica?
7. Enumere y explique los tipos de redes de usuarios.
8. ¿Qué es la tecnología xDSL?
9. Mencione y explique brevemente las distintas tecnologías xDSL.
10. ¿Qué son las redes híbridas de fibra y cable?
11. Defina el concepto de DOCSIS.
12. ¿Cuál es la principal ventaja que ofrece la red de acceso por fibra óptica?
13. ¿Qué es la tecnología GEAPON?
14. ¿Qué es Power Line Systems? Mencione sus principales características.
15. ¿Qué características posee la tecnología de acceso Inalámbrico?
16. ¿En que consiste el estándar 802.16e? Menciones sus principales características.
17. ¿Qué es una red de acceso satelital?

18. Realice un cuadro sinóptico de las tecnologías GSM, GPRS, EDGE y UMTS.
19. ¿Qué es la tecnología LTE?
20. Mencione las características de la tecnología LMDS.

Unidad V

Señalización Telefónica.

Objetivos General:

- Desarrollar los conceptos sobre señalización de las redes telefónicas

Objetivos Específicos:

- Mencionar los tipos de señalización.
 - Describir los procesos de señalización para abonados y entre centrales.
 - Ejemplificar el proceso de señalización a través del estudio del protocolo SS7.
-

Unidad 5. Señalización Telefónica

5.1 Introducción a la Señalización

Se entiende por señalización al conjunto de información intercambiada entre dos puntos de la red (usuario-central o central-central) que permiten la supervisión, direccionamiento, gestión y mantenimiento de la red. (Ospina Montoya, Entre Pares, 2008)

En las redes de conmutación de circuitos la señalización juega un papel muy importante, ya que este es el medio por el cual se gestiona la red, se establecen, mantienen y finalizan las llamadas. Tanto la gestión de las llamadas como la gestión de las redes necesitan el intercambio de información entre el abonado y los conmutadores, entre los mismos conmutadores, y entre los conmutadores y el centro de gestión de red. (Stallings, 2000)

Tradicionalmente, la señalización telefónica se divide en dos tipos: *La Señalización de Abonado* y *La Señalización intercentrales*.

La señalización Intercentrales se refiere a la señalización que es transmitida entre dos centrales, por eso también es conocida como señalización Central –Central. Dicho tipo de señalización a su vez es dividida en *Señalización Asociado al canal (CAS³²_{xxxii})* y *Señalización por Canal Común (CCS³³_{xxxiii})*. (Zuluaga A. & Agudelo V)

5.2 Jerarquía de La señalización Telefónica

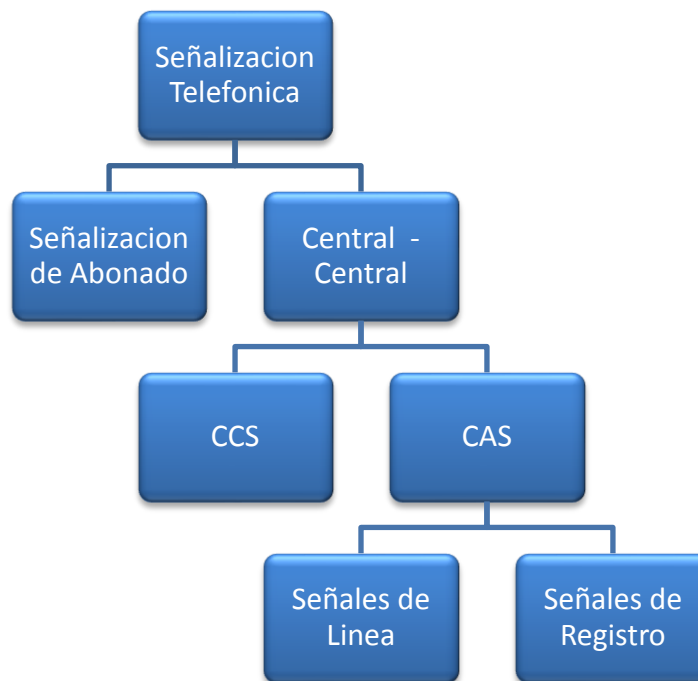


Figura 5-1 Diagrama de bloques de la Jerarquía de la señalización Telefónica

³² CAS - Channel Associated Signaling (Señalización por canal común)

³³ CCS - common channel signal (señalización de canal común)

5.3 Señalización de Abonado

Es decir, señalización entre un terminal de suscriptor (teléfono) y la central local. (Zuluaga A. & Agudelo V)

La señalización de abonado está conformada por los distintos tonos audibles que se transmiten en el proceso de realización de una llamada telefónica.

La información se transmite sobre la línea del suscriptor (conexión física de dos hilos).

Es la señalización que se lleva a cabo entre el abonado y la central local y se realiza teniendo en cuenta:

- ✚ Señales de cuelgue / descuelgue
- ✚ Dígitos marcados
- ✚ Tonos de información (marcación, ocupado, etc.)
- ✚ Anuncios grabados
- ✚ Señales de timbre

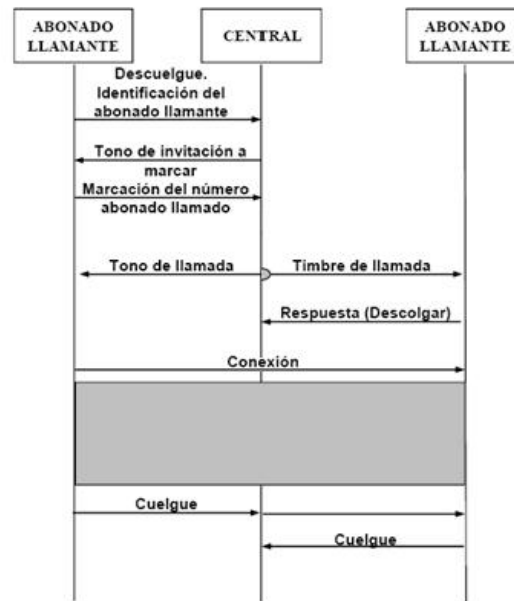


Figura 5-2 Señalización de abonado ejecutada en una llamada telefónica

5.4 Señalización entre Centrales

La unidad de control de la central local recibe la señalización del abonado, como los dígitos marcados, desde el lazo local y realiza acciones de acuerdo a su programación. Generalmente, la llamada es enrutada a través de varias centrales y la información de señalización necesita ser transmitida de una central a otra.

Esto puede ser llevado a cabo según dos métodos

- Señalización asociada al canal (CAS)
- Señalización por canal común (CCS)

O sea, la señalización se transporta mediante vías especiales a sus destinos, ya sea en forma asociada o, separada al canal.

5.4.1 Señalización de Canal Asociado

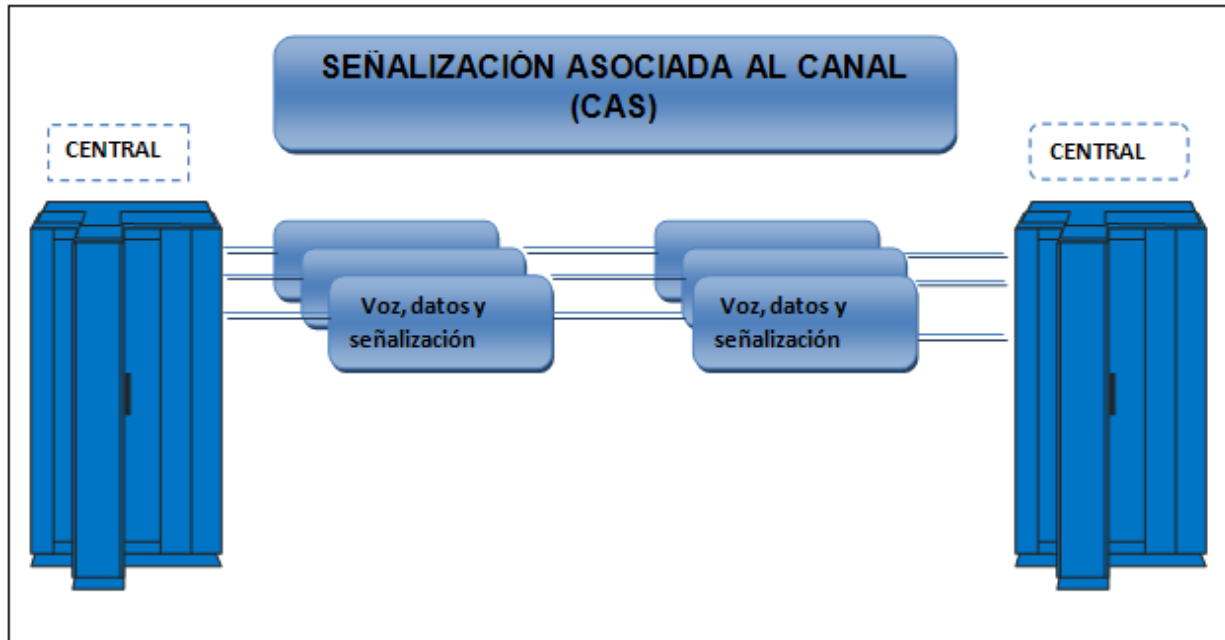


Figura 5-3 Representación de la Señalización de Canal Asociado

La señalización de canal asociado se da cuando la señalización de la llamada se transmite dentro del canal de voz (en banda) o en un canal estrechamente relacionado con el canal de voz. (Zuluaga A. & Agudelo V) Ver Figura 5-3

Este tipo de señalización está directamente asociada al canal que transporta la información. La voz viaja por los mismos circuitos y conjuntamente con las señales de control.

Este término indica que la transferencia de señales está asociada de forma muy cercana con el canal de comunicación de voz. En otras palabras, la señalización y el tráfico de voz viajan a través de la misma ruta a través de la red. Una característica típica de estos sistemas es que la señalización de troncal se envía sobre un enlace PCM con 32 intervalos de tiempo, en el cual en el intervalo 16 va la información de señalización. La información enviada en el IT 16 (intervalo de tiempo 16) es llamada "señal de línea" y las señales enviadas en los canales de tráfico de voz se llaman "señales de registro", cuya información es numérica es decir se refiere a las cifras del # B, del #A, categoría de los abonados, etc. Información que se encuentra almacenada en los registros de los equipos de control, de allí su nombre.

5.4.1.1 Señalización de Línea

Es usada para monitorear la línea, antes, durante y después del establecimiento de la llamada. (Zuluaga A. & Agudelo V)

Para un mayor entendimiento de cada una de las señales que conforman la señalización de línea crearemos el escenario de referencia mostrado a continuación. Ver Figura 5-4

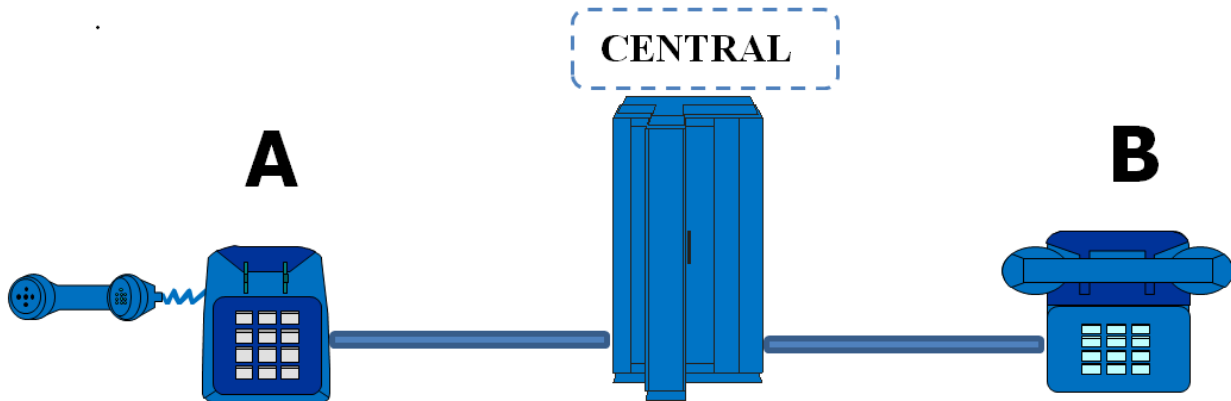


Figura 5-4 Dos abonados conectados a una central Telefónica

La señalización de línea está constituida por un conjunto de señales que poseen distintas funciones entre sí, a continuación definiremos cada una de ellas:

Señal de Toma: Causa la ocupación del circuito de habla entrante y hace la conexión con un registro que recibirá la información de los dígitos del número B. Sólo se presenta durante el inicio del establecimiento de una llamada.

Señal de Acuse de llamada: Se envía para informarle a A que B recibió correctamente la llamada.

Señal de respuesta de B: Se envía desde B cuando se responde la llamada

Empezar tasación de la llamada

Recibir la señal de los aparatos monederos

Desconectar equipo de supervisión de t.

Señal de liberación hacia atrás: Se presenta cuando B cuelga el auricular.

Señal de liberación hacia delante: Tiene como función principal iniciar los procesos de desconexión de la llamada.

Señal de liberación forzada: En sí misma no realiza ningún proceso de desconexión de la llamada. Su principal causa es iniciar una supervisión de tiempo, para que en caso de que B vuelva a descolgar, se genere una señal de “recontestación”, la cual elimina la supervisión.

Señal de tasación: Su principal función es incrementar el contador de cobro de la llamada del abonado A.

Señal de liberación de guardia: Se envía de un circuito entrante a uno saliente para informar que se ha recibido correctamente la señal de liberación hacia atrás.

Señal de bloqueo: La envía un circuito entrante para impedir que el circuito remoto saliente en la otra central utilice el canal para tráfico saliente. Se utiliza para mantenimiento. (Zuluaga A. & Agudelo V)

Estas señales pueden ser enviadas o recibidas durante toda la duración de la llamada. Aun cuando una línea este desocupada, una señal “línea disponible” se envía continuamente a través de ese canal

5.4.1.2 Señalización de registro

Señales para transmitir la información numérica, que sólo se transfiere una vez, la información numérica se almacena en Registros, por lo tanto, involucra los registros de varias centrales. (Zuluaga A. & Agudelo V)

Son señales de información únicas para cada llamada, las cuales dirigen y controlan el establecimiento de la llamada a través de todas las centrales conectadas.

Los siguientes son informaciones típicas de las señales registro:

- Numero B
- Categoría de abonado A
- Estado de B
- Numero A (en algunos casos)
- etc.

5.4.2 Señalización de Canal Común

La señalización de canal común es un tipo de señalización entre centrales telefónicas en la cual la señalización es transmitida en un canal separado totalmente de los canales de habla donde el canal de señalización es común para un gran número de estos. (Zuluaga A. & Agudelo V) Ver Figura 5-5

Transmite las señales de control sobre canales de señalización que están dedicados en exclusiva a esta función y que son compartidos por un número determinado de usuarios.

Este término indica la utilización de un canal de datos común (enlace de señalización) el cual exclusivamente sirve como portador de toda la señalización requerida por un gran número de canales de voz.

Este sistema fue normalizado por el CCITT en 1980 y le fue dado el nombre de sistema de señalización # 7 y estaba enfocado para redes de telecomunicaciones digitales nacionales e internacionales. La primera versión fue diseñada para datos y telefonía. Hoy en día SS7 es usada en muchos tipos de redes, sobre todo en PSTN, RDSI, PLMN e IN (redes inteligentes) en todo el mundo

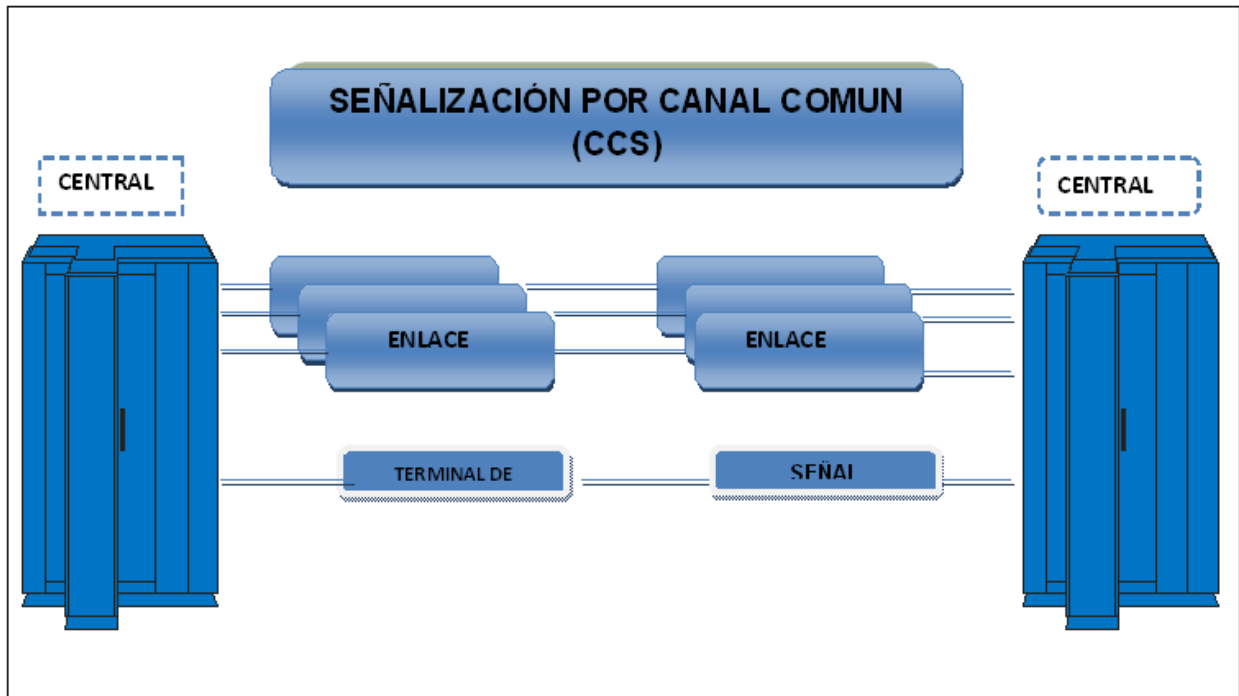


Figura 5-5 Representación de la Señalización por Canal Común

Ventajas

- ✚ Se puede compartir un dispositivo de señalización común con capacidad de atender miles de llamadas, ahorrando en equipo y transmitiendo mucha más información y más rápidamente.
- ✚ Reduce el tiempo de establecimiento con respecto a los métodos de canal asociado.
- ✚ Permite la señalización durante todo el tiempo que dura la comunicación.
- ✚ Es más adaptable a las necesidades cambiantes futuras. (Universidad de Zaragoza)

5.5 Sistema de Señalización No 7, SS7

La señalización es un proceso muy complejo y demasiado útil que ha dado excelentes resultados en la utilización de la PSTN. El protocolo que se usa en la PSTN es el SS7³⁴_{xxxiv} del inglés Signalling System 7. Este protocolo actualmente trabaja fuera de banda, es decir, antes las señales de control eran pulsos que se mandaban en el mismo canal de voz (CAS) y esto no proporcionaba seguridad, así pues, ahora las señales de control son enviadas por un canal distinto (CCS).

El sistema de señalización SS7 es un tipo de señalización entre centrales que utiliza señalización por canal común. A demás es considerada una de las redes de datos más grandes del mundo, ya que vincula las empresas de telecomunicaciones, celulares y redes de larga distancia nacional e internacional. SS7 interconecta miles de proveedores de compañías telefónicas en una red de

³⁴ SS7- Signalling System 7 (Sistema de señalización numero7)

señalización común. SS7 seguirá evolucionando a medida que se añadan nuevas funciones a la red.

5.5.1 Introducción a SS7

Anteriormente la señalización efectuada entre las centrales telefónicas era de canal asociado (señal de voz y datos en un mismo canal), produciendo algunas desventajas, entre ellas la más destacada es la que explicaremos a continuación con ejemplos de llamadas efectuadas entre dos abonados que llamaremos A y B.

Si observamos el proceso de una llamada telefónica normal vemos que cuando una persona intenta hacer una llamada (abonado A) levanta el auricular del teléfono con lo cual cierra el circuito de dos hilos. En la central local a la cual está conectado este abonado se detecta este cierre de circuito mediante la interfaz de línea de abonado o ILA³⁵_{xxxv}. Para la central esta es la indicación de que se quiere realizar una llamada; esta señal se conoce como descuelgue (off hook). La central responde a esta señal enviando un sonido conocido como tono de invitación a marcar (TIM³⁶_{xxxvi}). Para el abonado A esto indica que la línea está en perfectas condiciones y que la central está lista para recibir las instrucciones que el abonado envíe de acuerdo a la marcación.

Cuando el circuito se conecta hasta la central telefónica donde está ubicado el abonado llamado (abonado B), esa central una vez más tiene que verificar el estado de la línea del abonado B mediante el ILA correspondiente. Si ese abonado no está utilizando el teléfono, el auricular estará colgado (on hook) y el circuito que permite la transmisión de voz no estará completo. En este caso la central telefónica a la cual pertenece el abonado B le envía un voltaje a través de la línea con el propósito de hacer timbrar el teléfono. Al hacer esto, esta misma central genera y retorna un tono interrumpido que se devuelve a través del circuito establecido hasta el teléfono del abonado que está efectuando la llamada (abonado A) para que este escuche esta señal y sepa que el teléfono al cual él está llamando está timbrando.

Por supuesto que si el teléfono del abonado B está siendo utilizado (o simplemente que el auricular no esté en su lugar correcto) la central telefónica que sirve a ese abonado no intentará conectar la llamada. En vez de esto devolverá un tono conocido como señal de ocupado. El abonado A sabrá entonces que la llamada no puede ser establecida y colgara. A su vez la central local detecta la interrupción del circuito como una señal de colgado (on hook). Pero esta central todavía no puede dismantelar la conexión al tandem. Esto se debe a que el tandem necesita recibir la señalización que indique que el abonado A colgó. El tandem a su vez necesita señalizar a la central regional de esa condición. Solo cuando la señalización de liberación se complete hasta la última central involucrada se puede liberar la conexión.

Las compañías telefónicas se dieron cuenta de los problemas creados por este tipo de señalización, ya que esta es enviada a través de los mismos circuitos que transportan la voz

³⁵ ILA- Interfaz de Línea de Abonado

³⁶ TIM- Tono de Invitación a Marcar

durante la conversación. Consideremos lo que sucede cuando el resultado de una llamada es una señal de ocupado. El abonado A cuelga rápidamente (si contamos con suerte), o tal vez se quede escuchando la señal de ocupado por algunos segundos... o más. Durante todo ese tiempo ninguna conversación se lleva a cabo en ese circuito en particular. Sin embargo el circuito debe mantenerse con el solo propósito de retornar la señal de ocupado. Y si este se está haciendo en una llamada de larga distancia entonces cientos o miles de hilos telefónicos están manteniendo ese circuito.

Después de utilizar un circuito por algunos segundos el abonado A quizás quiera colgar e intentar de nuevo la llamada. Si el resultado es el mismo más circuitos estarán siendo ocupados por más tiempo. Y no sabemos cuantos intentos de llamada hará hasta que pueda hablar con alguien. Si se multiplica esto por los millones de llamadas realizadas cada hora se puede tener una idea del tamaño del problema de utilizar las vías de habla como medios de señalización.

Hacia mediados del siglo XX la única manera en que una compañía telefónica podía compensar tal perdida en su capacidad de conversación era incrementando el tamaño de la infraestructura telefónica. Eso significo más líneas, más cableado, más conmutadores y más de todo lo que se necesita para suministrar conexiones telefónicas. Los circuitos definitivamente no estaban siendo utilizados eficientemente, pero era la única manera de hacerlo.

Fue entonces que se vio la necesidad de aislar de alguna manera las vías de señalización de las de voz o datos para no emplear recursos de forma innecesaria. Con el advenimiento de las primeras redes digitales se vio la posibilidad de que una maquina pudiera hablar con otra a través de las líneas de transmisión dedicadas. Como es usual los avances en este sentido fueron de naturaleza propietaria, es decir esfuerzos individuales de diversas compañías por interconectar sus propios equipos. Este hecho creo tal diversidad de equipos y de protocolos que fue clara la necesidad de establecer ciertas reglas para manejar las comunicaciones de forma consistente, es decir se empezaron a estudiar estándares para otorgarle un orden a la forma en la cual los equipos se iban a comunicar entre sí.

Esta tarea le fue encomendada al CCITT o Comité Consultivo Internacional para la Telefonía y Telegrafía (ahora la UIT), el cual era una rama de Naciones Unidas. El resultado de sus deliberaciones fue El Sistema # 6 de Señalización Intercentrales por Canal Común (SS6), introducido en los años 60s. Por supuesto hubo 5 versiones anteriores pero solamente SS6 sobrevivió y fue acogido en el mercado.

Recientemente el nombre del grupo CCITT se cambió al de Sector de Estandarización de las telecomunicaciones (TS ³⁷ _{xxxvii}) y se añadieron los grupos responsables de las radiocomunicaciones (RS) y de desarrollo de las telecomunicaciones (D). Ya que el grupo TS es el responsable por el desarrollo de los estándares SS7, el uso del término CCITT se ha reemplazado rápidamente por el de UTI-TS.

³⁷ TS- Telecommunication Standard (Estándar de telecomunicaciones)

En la actualidad existen varios estándares para SS7, por ejemplo UTI, ANSI, el sistema japonés, etc., los cuales en realidad no son estándares diferentes. Es simplemente que varias naciones decidieron modificar la versión UTI-TS en algunos detalles para acomodarse a sus propias necesidades. Actualmente existen más de 30 variantes nacionales del estándar UTI-TS.

Para finalizar esta introducción debemos resaltar el hecho de que las tecnologías modernas se han vuelto disponibles universalmente de forma tan rápida solamente debido a la existencia de la PSTN. Sin esta, no habría Internet. Sin la PSTN no habría telefonía móvil y tampoco existiría el Sistema de Señalización # 7.

5.5.2 Características SS7

- ✚ Alta flexibilidad: puede ser empleado en diferentes servicios de telecomunicaciones
- ✚ Alta capacidad: Un solo enlace de señalización soporta cientos de troncales
- ✚ Alta velocidad: establecer una llamada a través de varias centrales toma menos de 1 segundo.
- ✚ Alta confiabilidad: contienen poderosas funciones para eliminar problemas de la red de señalización. Un ejemplo es la posibilidad de escoger enlaces alternos para la señalización.
- ✚ Economía: puede ser usado por un amplio rango de servicios de telecomunicaciones. Requiere menos hardware que los sistemas anteriores.
- ✚ Planes para aumentar la velocidad de conexión a velocidades de T1 y E1 a ser capaz de manejar el aumento de la demanda requerida de la red SS7.

5.5.3 Ventajas de SS7

- ✚ Mejora la flexibilidad y velocidad en el establecimiento de llamada.
- ✚ Reduce el tiempo de uso del circuito de voz.
- ✚ Mejora el control de las llamadas y la gestión (tasación)
- ✚ Señalización bidireccional.
- ✚ Permite cambios de información de señalización en tiempo real, entre redes de conmutación.
- ✚ Económica utilización de los circuitos de conversación
- ✚ Admite procedimientos de transmisión de datos tales como: métodos de detección de errores y corrección de errores. (Rincon del vago)

5.5.4 Arquitectura de la Red SS7

Antes de empezar a hablar de la arquitectura de la red de señalización daremos un vistazo general a los conceptos más importantes utilizados en el tema de la red de señalización No 7.

Existen dos componentes básicos que son el Punto de señalización SP^{38} _{xxxviii} (Signalling Point) y el Enlace de Señalización SL^{39} _{xxxix} (Signalling Link).

Una central digital que use SS7 se conoce como SP y dentro del sistema SS7 se le asigna un número de identificación único conocido como Código del Punto de Señalización SPC^{40} _{xl}. Esta numeración se basa en el estándar UTI o en el ANSI (en USA).

El camino digital para transferir señales SS7 entre SP's se llama Enlace de Señalización o SL. En la red física esto corresponde a un intervalo de tiempo de la trama PCM (IT16) dedicado, uno en cada dirección de un enlace PCM. La configuración del enlace SS7 lo completa un Terminal de Señalización ST^{41} _{xli} en cada extremo del enlace.

Los mensajes de señalización están empaquetados en un formato llamado Unidad de Señalización de Mensajes o MSU^{42} _{xlii} (Message Signal Unit).

Por razones de confiabilidad y capacidad es necesario tener más de un enlace de señalización o SL entre dos puntos de señalización (SP's) adyacentes. Cuando hay varios SL's en paralelo se denominan Set de Enlaces o LS^{43} _{xliii}.

A nivel mundial la red de señalización está estructurada en 2 niveles funcionales independientes: el *nivel nacional* y el *nivel internacional*.




Esto facilita una clara distribución de la responsabilidad respecto a la señalización en los aspectos de la gestión de red. También permite que los planes de numeración para los SP's en la red internacional y en las diferentes redes nacionales sean independientes entre sí.

Antes de pasar a tratar en más profundidad los diferentes elementos de la estructura de la red SS7, veamos alguna de la terminología adicional usada al hablar del sistema No 7.

Puntos de señalización adyacentes: Son dos puntos de señalización que están directamente interconectados mediante un enlace de señalización.

Relación de señalización: Son dos puntos de señalización que intercambian mensajes de señalización.

Diferentes tipos de puntos de señalización:

-  Punto origen: Donde se origina el mensaje.
-  Punto destino: Donde finaliza el mensaje.
-  STP (Punto de Transferencia de Señalización): Punto de señalización en donde ni se origina ni termina el mensaje. Recibe un mensaje y lo dirige en forma transparente a otro enlace.

³⁸ SP- Signalling Point (Punto de señalización)

³⁹ SL- Signalling Link (Enlace de señalización)

⁴⁰ SPC- Signalling Point Code (Código del Punto de Señalización)


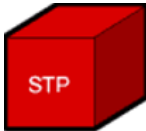

⁴¹ ST- Signalling Terminal (Terminal de Señalización)

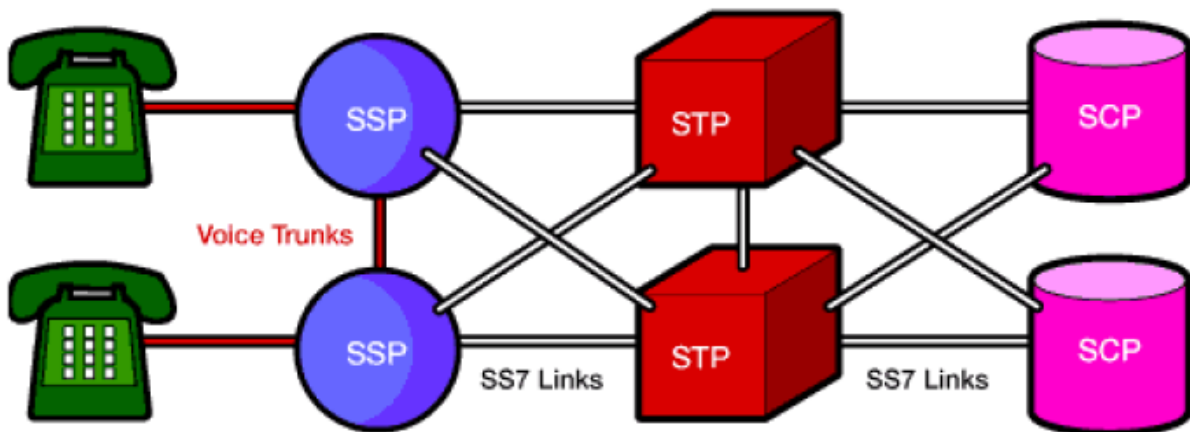
⁴² MSU – Message Signal Unit (Unidad de señalización de Mensajes)

⁴³ LS – Link set (Set de enlaces)

Rutas de señalización: Es el itinerario de SP's, STP's y enlaces de señalización interconectados, que toma el mensaje para llegar desde el punto de origen al punto de destino.

La arquitectura de señalización SS7 consta de tres componentes esenciales, interconectados a través de enlaces de señalización.

Abreviatura	Nombre	Símbolo
SSP ⁴⁴ _{xliv}	Signal Switching Point - or - Service Switching Point (Punto de conmutación de la señal)	
STP ⁴⁵ _{xlv}	Signal Transfer Point (Punto de transferencia de señal)	
SCP ⁴⁶ _{xlvi}	Signal Control Point - or - Service Control Point (Punto de control de la señal)	



⁴⁴ SSP- Signal Switching Point (Punto de conmutación de la señal)

⁴⁵ STP- Signal Transfer Point (Punto de transferencia de señal)

⁴⁶ SCP- Signal Control Point (Punto de control de la señal)

5.5.4.1 Punto de conmutación de la señal - SSP

Son el hardware y software asociado en las centrales digitales que convierten el protocolo de señalización externo como ISDN (red digital de servicios integrados) y DTMF (tonos de multifrecuencia) en mensajes con formato SS7 de forma que puedan ser entendidos por los STP.

La SSP utiliza la información de quien llama (los dígitos marcados) para determinar la ruta de la llamada. Luego compara los dígitos marcados, con la tabla de enrutamiento del SSP para encontrar el circuito correspondiente a la troncal que se debe utilizar.

La SSP a continuación, envía un mensaje de SS7 de intercambio adyacente solicitando una conexión de circuito en la troncal que se especifica en la tabla de enrutamiento. El intercambio adyacente envía un acuse de recibo de vuelta, dando permiso para usar esa troncal.

Usando la información del número marcado y la tabla de enrutamiento, el intercambio adyacente determina cómo conectarse a su destino final. Esto podría requerir el uso de varias troncales que se conectan entre varias centrales distintas. SSP maneja todas estas conexiones, hasta alcanzar el destino.

5.5.4.2 Punto de transferencia de señal - STP

STP son conmutadores de paquetes, que actúan como routers en la red SS7. Los mensajes no suelen ser originado por un STP. . Simplemente el STP transfiere los mensajes a la ruta seleccionada o al destino de estos. Las Centrales de transito conectan enlaces, en cambio los STP dirigen los mensajes.

Un STP puede actuar como un cortafuego, además realiza la detección de mensajes con otras redes. STPs ubica la ruta del mensaje SS7 (basado en la información contenida en el formato del mensaje) y es dirigida a los vínculos salientes de la red de señalización SS7.

Los STP's siempre deben aparecer por pares. El propósito de esto es otorgar redundancia y robustez a la red de señalización. Si uno de los STP's del par falla, el otro debe estar en capacidad de asumir la carga de su STP "compañero". Por esto cada STP debe estar diseñado para operar a un 40% de la capacidad del par de STP's. Si un STP falla, el otro STP se encarga de manejar todo el tráfico y debe operar a un 80% de su capacidad (2 veces el 40%). La fórmula para determinar la capacidad de tráfico requerido por un STP es la siguiente:

$$\text{Capacidad requerida por STP} = \frac{0.50 \times \text{Trafico total dirigido al par}}{0.40}$$

Por ejemplo, si el tráfico total es de 1000 mensajes por segundo, cada STP debe poseer recursos para manejar 1250 mensajes por segundo. La razón de este exceso de capacidad es para asegurar que los mensajes puedan ser manejados aun durante los picos de tráfico que excedan los 1000 mensajes/ seg.

Este mismo porcentaje del 40% se recomienda al establecer los recursos requeridos por un enlace que esté operando en la red haciendo par con otro.

Hay tres niveles de STP:

- ✚ Punto de transferencia Nacional de la señal
- ✚ Punto de transferencia Internacional de la señal
- ✚ Punto de transferencia de señal de la Puerta de enlace Ver Figura 5-6.

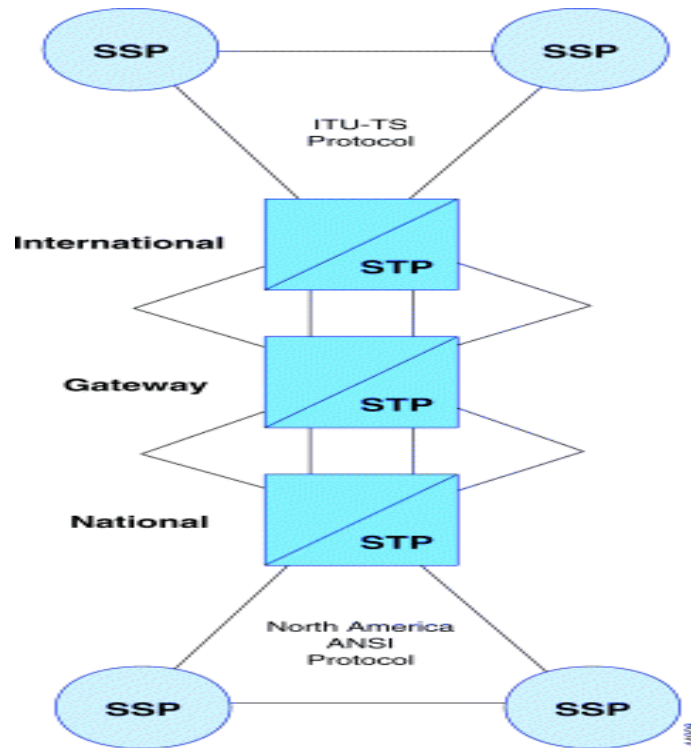


Figura 5-6 Tipos de STP

STP Nacional: Un STP Nacional existe dentro de la red nacional (varía según el país). Se puede transferir los mensajes que utilizan el mismo estándar nacional de protocolo. Los mensajes se pueden transmitir a un STP Internacional, pero no puede ser convertida por la STP Nacional. El proceso de conversión es realizada por la Puerta de enlace del STP.

STP Internacional: La función del STP Internacional es realizar la conexión dentro de una red internacional. SS7 realiza interconexión de todos los países utilizando el protocolo estándar de la UTI-TS Todos los nodos de conexión a un STP Internacional debe utilizar el protocolo estándar UTI-TS.

Puerta de enlace STP: Un STP Gateway convierte la señalización de datos de un protocolo a otro. STP Gateway se utilizan a menudo como un punto de acceso a la red internacional. Los protocolos nacionales se convierten en el protocolo estándar de UTI-TS. Dependiendo de su localización, la STP de puerta de enlace debe ser capaz de utilizar tanto las normas de los protocolos internacionales y nacionales.

5.5.4.3 Punto de Control de la Señal – SCP

En las redes de hoy se encuentran bases de datos dondequiera que haya que efectuar una traducción de número telefónico (Ej. Numero 800), realizar verificaciones o simplemente donde se requiera información. La puerta de acceso a esas bases de datos es el SCP. Este es el nodo que provee los mecanismos para que los datos puedan ser obtenidos desde una base de datos de una manera que se adapte a los propósitos del nodo que inició la petición.

Ya que los tipos de servicios que pueden ser ofrecidos solo están limitados por la imaginación y los datos disponibles, lo más probable es que el SCP continúe jugando un papel significativo dentro del crecimiento y la evolución de la red SS7.

Con ello se accede a la base de datos de la compañía telefónica. Esta base de datos contiene número del suscriptor, servicios, datos de autenticación, etc.

Invoca la adición y/o nuevos servicios como desvío de llamadas, etc.

5.5.5 Enlaces SS7

El enlace SS7 es una línea de transmisión física (de serie 56/64 Kbps o canal DS0) que conecta los nodos individuales en una red SS7. Las redes SS7 se construyen para ser altamente fiable y redundante. Vincular la diversidad está integrado en el diseño de la red, ofreciendo varias rutas de señalización, de modo que no hay ningún punto único de fallo. Esta práctica asegura que los enlaces redundantes tengan la capacidad de manejar todo el tráfico desviado.

Los enlaces en una red SS7 no hacen referencia al tipo de líneas de transmisión empleadas. En realidad se usa una amplia variedad de líneas de transmisión. Cuando se habla de enlaces nos referiremos a los tipos de conexión que existe entre dos o más STPs.

- ✚ Enlaces de acceso A (A = Access): Son los enlaces que establece un SP con el par de STP's. Ver Figura 5-7.
- ✚ Enlaces C (C = Cross): Son los enlaces que conectan un par de STP's "compañeros".
- ✚ Enlaces B (B = Bridge): Establecen enlaces entre dos redes locales diferentes específicamente entre cada par de STP's (locales o regionales). Ver Figura 5-7.
- ✚ Enlaces D (D = Diagonal): Establecen enlaces entre STP's de diferente jerarquía, por ejemplo entre STP's locales y regionales o regionales y nacionales. Ver Figura 5-7.
- ✚ Enlaces E (E = Extended): Conectan un SP a un par remoto de STP's para tratar de mejorar su flexibilidad mediante la extensión de su conexión con dos STPs distantes. Este tipo de enlace se podría confundirse con el tipo A, pero realmente se hacen para extender su capacidad de enrutamiento de mensajes. Ver Figura 5-7.
- ✚ Enlaces F (F = Fully Associated Links): Conectan dos (2) SP's casi desconectados de la red de señalización que necesitan intercambiar datos de forma aislada de la red. Por ejemplo pueden ser dos nodos pertenecientes a una misma compañía como el caso de la central con la plataforma de Red Inteligente. Ver Figura 5-7.

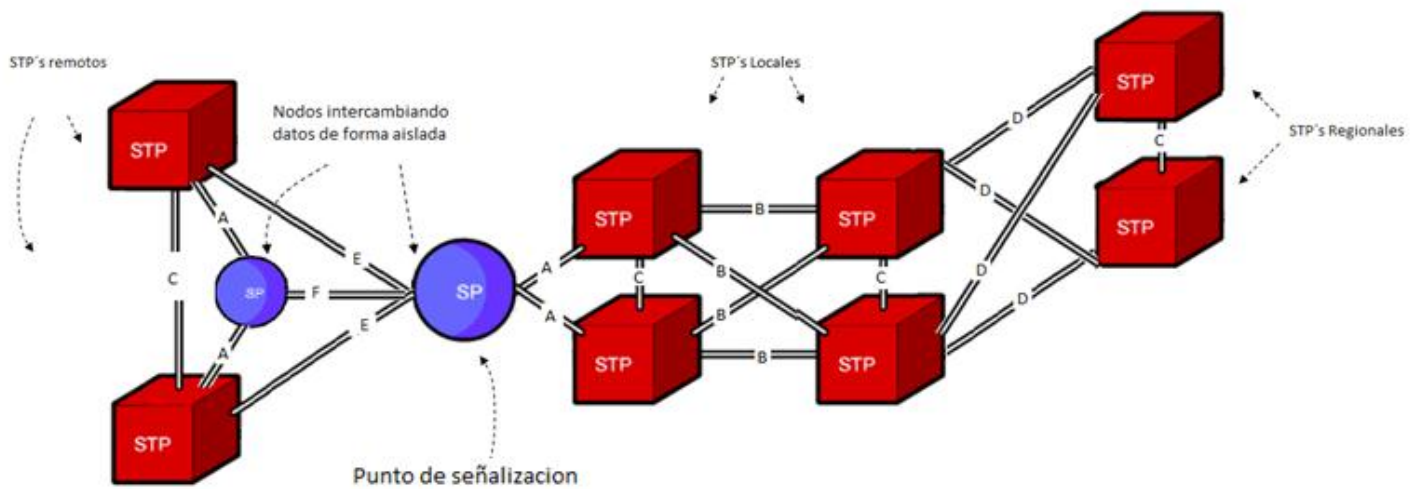


Figura 5-7 Enlaces de SS7

5.5.6 Estructura del Protocolo SS7

5.5.6.1 Pila del Protocolo SS7

A continuación describiremos los componentes de la pila de protocolo SS7. Una pila es un conjunto de lugares de almacenamiento de datos al cual se tiene acceso en una secuencia fija. La pila de SS7 se compara con el modelo de referencia OSI⁴⁷ (Interconexión de Sistemas Abiertos), el cual es un modelo de referencia para la comunicación entre los diferentes sistemas realizados por diferentes proveedores.

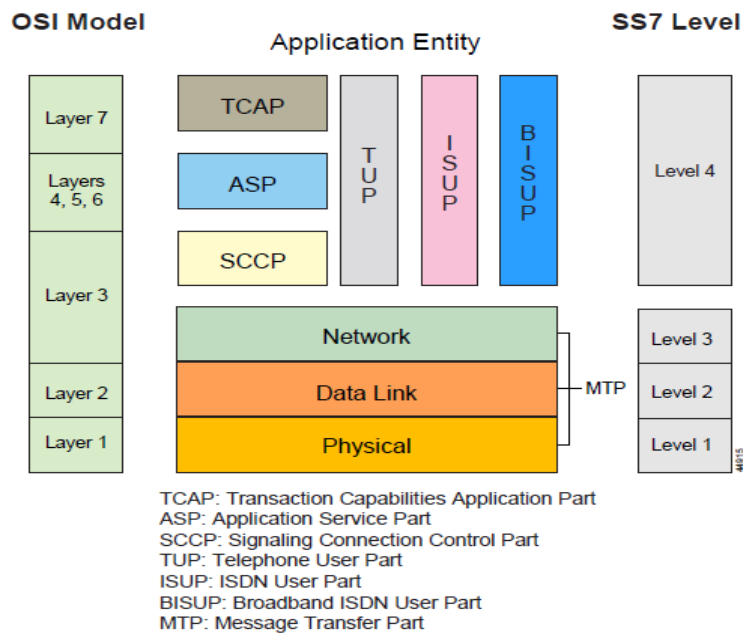


Figura 5-8 Comparación de la Pila del protocolo SS7 con el modelo OSI

⁴⁷ OSI- Open System Interconnection (Interconexión de Sistemas Abiertos)

5.5.6.2 NIVELES FUNCIONALES DE MTP

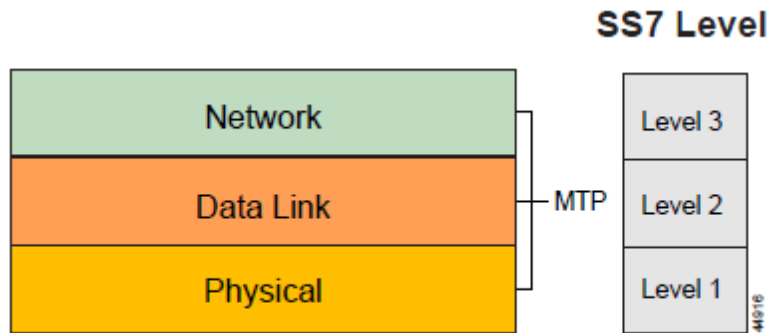


Figura 5-9 Niveles MTP del Protocolo SS7

Como se mencionó anteriormente, el sistema SS7 está descrito de acuerdo al modelo de referencia SS7. En este modelo de 4 niveles, cada nivel corresponde a una función y el MTP⁴⁸_{xlvi} corresponde a los tres primeros niveles. Las funciones de cada uno de ellos son:

✚ **NIVEL 1: Funciones de enlace de datos;**

Define las funciones de la interfaz física entre el enlace de señalización con la central y con la red.

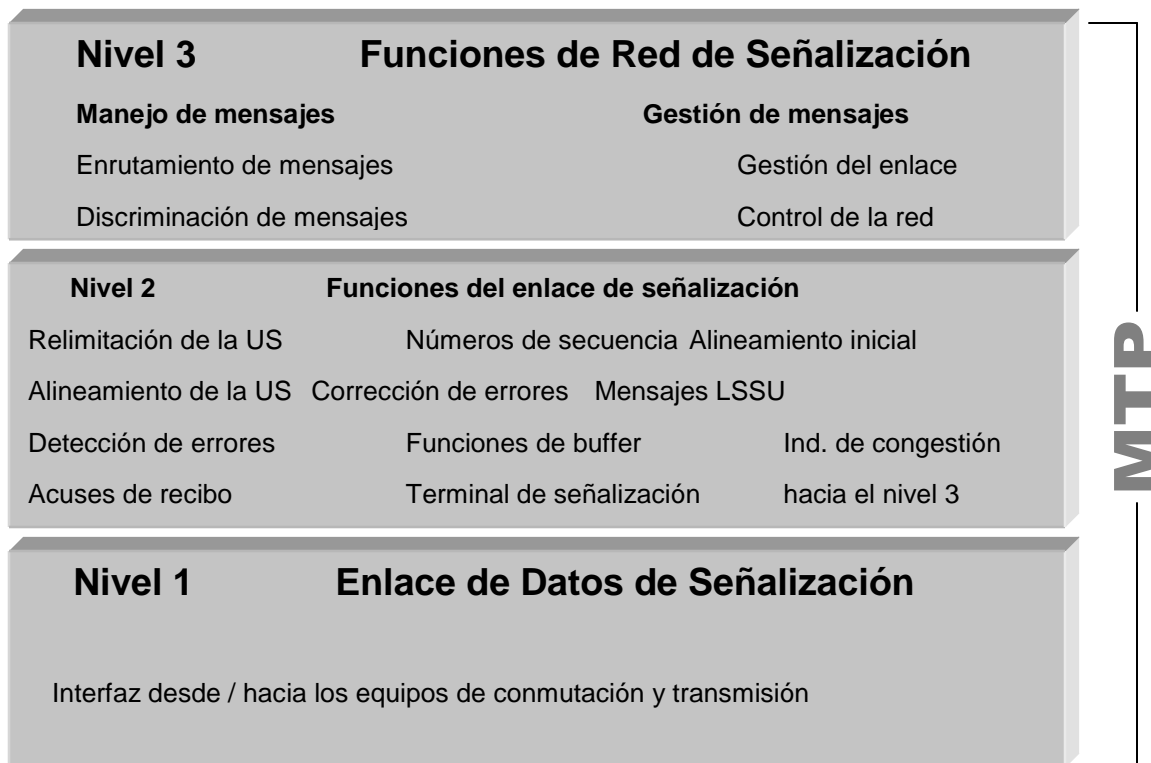
✚ **NIVEL 2: Funciones de enlace;**

Incluye todas las funciones requeridas para asegurar una transferencia confiable de los mensajes de señalización en cada enlace individual.

✚ **NIVEL 3: Funciones de red;**

Controla el flujo de los mensajes y realiza funciones de gestión requeridas para el control de la red de señalización. Este nivel se divide en dos funciones: “manejo” de mensajes y “gestión” de red. (Universidad de CAUCA)

⁴⁸ MTP - Message transfer part (Parte de transferencia de mensaje)



US: Unidad de Señalización

5.5.6.3 MTP Nivel 1 – Enlace de datos de señalización

Conexión física, este es el nivel físico de conectividad, prácticamente la misma que la capa 1 del modelo OSI. SS7 especifica qué interfaces se utilizan. Es el encargado de negociar con el hardware y la configuración eléctrica.

Es decir que el MTP nivel 1 es una parte de usuario que maneja lo concerniente a los aspectos físicos sobre los enlaces, tarjetas de interfaz, multiplexores, etc.

Define las características físicas, eléctricas y funcionales de un enlace de señalización y los medios para acceder al mismo. El enlace de datos de señalización puede ser digital o analógico.

La UTI recomienda que para enlaces digitales la velocidad deba ser 64 Kbps. Para sistemas de modulación de impulsos codificado de 2 Mbps (primer orden) se transmite por el intervalo de tiempo 16 y para sistemas de 8Mbps (segundo orden) para un intervalo de tiempo de 67 y el intervalo de tiempo 70 inclusive. Para enlaces analógicos la velocidad mínima debe ser 4.8 Kbps.

En un ambiente digital para enlaces de datos de señalización se utilizan normalmente trayectos digitales a 64 Kbps. Los demás niveles funcionales podrán tener acceso a un enlace de datos de señalización a través de una función de conmutación, que ofrecerá la posibilidad de reconfigurar automáticamente los enlaces de señalización, asignado en forma flexible en un nuevo enlace de

datos de señalización a tales niveles funcionales, en caso de avería del primero. Pueden utilizarse también otros tipos de enlaces de datos, por ejemplo analógicos con módems.

Algunos interfaces utilizados son los siguientes:

- ✚ E-1: 32 canales de 64 Kbps
- ✚ DS-1: 24 canales de 64 Kbps
- ✚ V.35: 1 canal de 64 Kbps
- ✚ DS-0: 1 canal de 64 Kbps
- ✚ DS-0A: 1 canal de 56 Kbps

(Freeman, 1999)

5.5.6.4 MTP Nivel 2 – Enlace de Datos

El nivel de enlace de datos proporciona a la red la entrega secuenciada de todos los paquetes de mensajes SS7. Al igual que la capa de enlace de datos OSI, que sólo se refiere a la transmisión de datos de un nodo a otro, no a su destino final en la red. Numeración secuencial se utiliza para determinar si los mensajes se han perdido durante la transmisión. Cada enlace usa su propio mensaje series de numeración independiente de otros enlaces.

SS7 utiliza comprobación de errores de datos y solicitudes de retransmisión de los mensajes perdidos o dañados. Indicadores de longitud permiten al Nivel 2 determinar qué tipo de unidad de la señal se está recibiendo, y la forma de procesarlo.

De esta parte del MTP podríamos decir que en realidad se mantiene muy “ocupada”. Es la última que maneja los mensajes que van a ser transmitidos y la primera en manejar los mensajes recibidos. También monitorea los enlaces y hace reportes de sus respectivos estados. Además descarta los mensajes con errores y pide la retransmisión de copias de los mensajes descartados. Por otro lado transmite acuses de recibo (ACK's) cuando recibe mensajes en buen estado para que el extremo que está transmitiendo pueda borrar las copias de mensajes que ya no son necesarias. Es la encargada de poner los enlaces en servicio y vuelve a poner en funcionamiento los enlaces que han sido sacados de servicio. Realiza pruebas de los enlaces antes de permitir que sean usados. Provee la numeración en secuencia para los mensajes salientes. Y finalmente reporta gran cantidad de la información que recolecta al nivel 3.

Antes de seguir describiendo el nivel 2 veamos brevemente los tipos de unidades de señalización empleados en SS7, ya que son conceptos que iremos utilizando en las páginas siguientes.

Unidades de señalización (SU's)

Hay 3 tipos de unidades de señalización las cuales son:

- ✚ **Unidad de Señalización de mensajes (MSU⁴⁹_{xlix}):** es la unidad más frecuentemente utilizada, transfiere la información de las partes de usuario.

⁴⁹ MSU – Message signaling unit (Unidad de señalización de mensajes)

- ✚ **Unidad de Señalización del estado del enlace (LSSU⁵⁰)**: se usa para intercambiar mensajes acerca del estado del enlace, por ejemplo se usan cuando un enlace va a ser reiniciado después de haber sido puesto fuera de servicio por una falla.
- ✚ **Unidad de señalización de Relleno (FISU⁵¹)**: se envía en el canal de señalización cuando no hay otras SU's (MSU's o LSSU's) para enviar. También se puede utilizar como acuse de recibo (ACK) de los MSU's recibidos.

Hay que hacer notar que los SU's siempre son múltiplos de 8. Por ejemplo el campo "spare" solo sirve para- completar el número de bits que le faltan a LI para completar un octeto.

En la Figura 5-11 se muestra un esquema bastante general de los campos que contiene cada unidad de señalización, para que nos hagamos una idea de la longitud y el formato de cada SU.

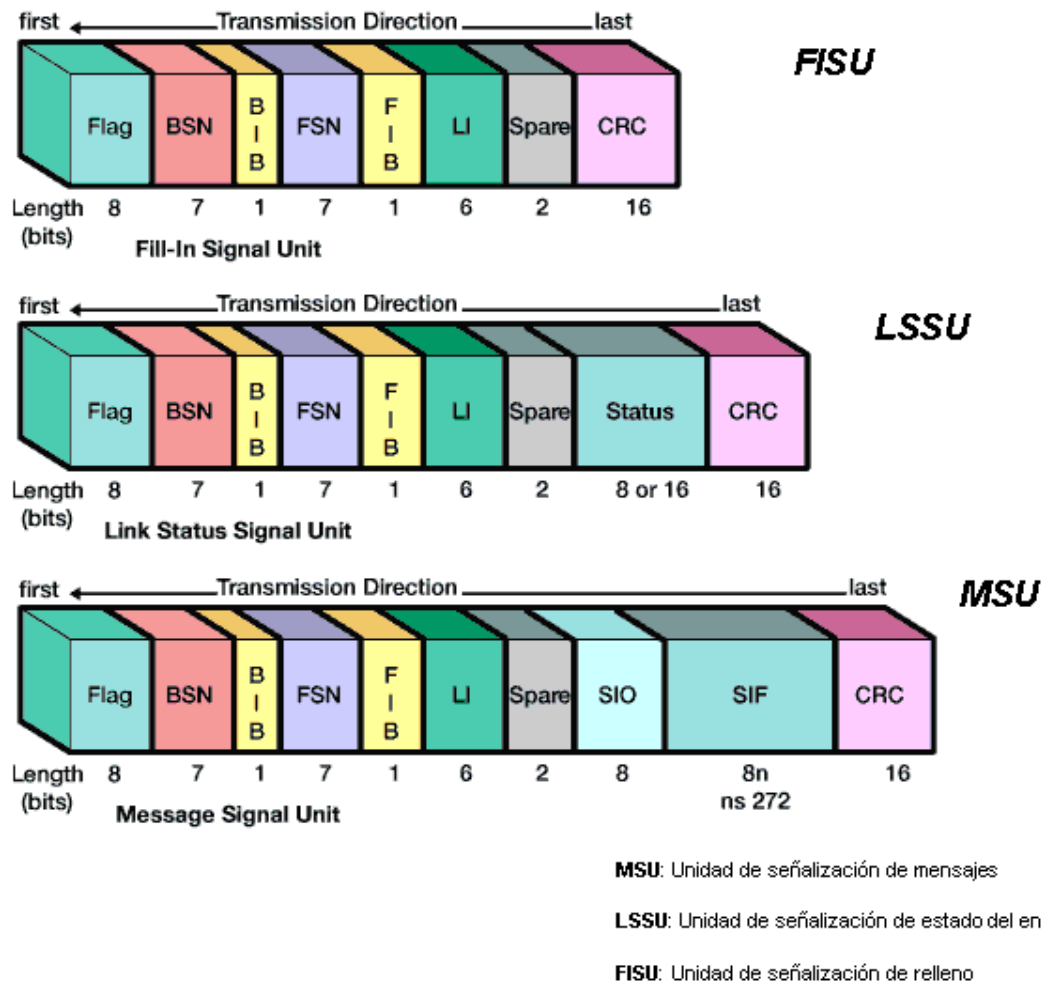


Figura 5-11 Unidades de señalización (SU's) empleadas en SS7

⁵⁰ LSSU – Link Status Signal Unit (Unidad de señalización de estado de enlace)

⁵¹ FISU – Fill In Signal Unit (Unidad de señalización de relleno)

SIF: Campo de Información de Señalización
SIO: Octeto de información del servicio
LI: Indicador de longitud del mensaje
FIB: (Forward Indicator Bit) Bit indicador directo
FSN: (Forward Sequence Number) número de secuencia directa
BIB: (Backward Indicator Bit) Bit indicador inverso
BSN: (Backward Sequence Number) número de secuencia inversa
F: Bandera (Flag) Inicio fin de SU.
CRC: Para detectar y corregir errores

A continuación describiremos cada uno de los campos que se encuentran en la unidad de señalización:

Bandera (Flag): Indica el comienzo o fin de una unidad de señalización. Las SU's son de longitud variable pero contienen un número entero de octetos. La delimitación de las Unidades de señalización se realizan por medio de banderas con una configuración especial al principio y al final de cada SU. Esta configuración es 01111110 (7EH). Con el fin de asegurar que el código de bandera no sea reproducido o "imitado" en ninguna otra parte de la SU, el terminal emisor inserta un cero después de cada secuencia de cinco unos consecutivos, antes de asociar las banderas y transmitirse la SU, tras la detección y eliminación de las banderas, se suprime cada cero que siga a una secuencia de cinco unos consecutivos. Normalmente, la bandera de apertura de una SU es la bandera de cierre de la SU presente.

Indicador de Longitud (LI⁵²_{iii}): Se utiliza para indicar el número de octetos que siguen al octeto indicador de longitud y que preceden a los Bits de control de errores y es un número binario comprendido entre 0 y 63. No se toman en cuenta los bits de reserva que siguen al indicador de longitud. El LI identifica el tipo de unidad de señalización de la siguiente forma:

LI = 0: Unidad de señalización de relleno

LI = 1 o 2: Unidad de señalización de estado del enlace

LI > 2: Unidad de señalización de mensaje.

Cuando una unidad de señalización de mensaje incluye un campo de información de señalización que contenga más de 62 octetos, el LI fijará 63.

Octeto de información de servicio (SIO⁵³_{iiii}): Está dividido en indicador de servicio y subcampo de servicio, y se emplea solamente con unidades de señalización de mensaje. El indicador de servicio asocia la información de señalización a una determinada parte de usuario.

⁵² LI - long indicator (Indicador de longitud)

⁵³ SIO – Service Information Octet (Octeto de información de servicio)

Numero secuencial directo (FSN⁵⁴_{liv}): Es el número de la unidad de señalización en la que está contenido.

Numero de secuencia Inversa (BSN⁵⁵_{lv}): Es el número secuencial de una unidad de señalización de la que se está acusando recibo (Ultima SU que se recibió bien).

Bits indicadores. El bit indicador directo (FIB⁵⁶_{lvi}) y el bit indicador Inverso (BIB⁵⁷_{lvii}) junto con el FSN y el BSN se emplean para efectuar funciones de control de la secuencia de unidades de señalización y acuse de recibo de estas.

Bits de control de errores (CRC): Cada SU tiene 16 de ellos para detección de errores.

Campo de información de señalización (SIF⁵⁸_{lviii}): Está formado por un número entero de octetos, comprendido entre 2 y 272.

El valor 272 permite a una sola MSU alojar bloques de información de hasta 256 octetos junto con una etiqueta y posible información de servicio adicional, que puede ser empleada, por ejemplo, por el nivel 4 para enlazar nuevos bloques de información.

Campo de estado del enlace (Spare): Es un campo de 1 o 2 octetos (Usualmente se usa solo un octeto para información del enlace).

Las funciones del enlace de señalización MTP-Nivel 2 incluyen:

- ✚ Delimitación de señalización mediante banderas
- ✚ Prevención de la imitación de banderas mediante relleno de bits.
- ✚ Detección de errores por medio de bits de comprobación incluidos en cada unidad de señalización.
- ✚ Corrección de errores mediante retransmisión y el control de la secuencia de las unidades de señalización mediante números explícitos de secuencias en cada unidad de señalización y acuses de recibidos continuos explícitos.
- ✚ Detección de fallo del enlace de señalización mediante supervisión de la tasa de errores en las unidades de señalización y restablecimiento del enlace de señalización por medio de procedimientos especiales.

Los errores que ocurren durante la transmisión de una unidad de señalización se detectan mediante el empleo de CRC⁵⁹_{lix} (Chequeo de Redundancia Cíclica). Es un código de 16 bits que resulta de la aplicación de un algoritmo basado en la representación en forma polinomial de la

⁵⁴ FSN - Forward Sequence Number (número de secuencia de ida)

⁵⁵ BSN - Backward Sequence Number (número de secuencia inversa)

⁵⁶ FIB - Forward Indicator Bit (Bit indicador directo)

⁵⁷ BIB - Backward Indicator Bit (Bit indicador inverso)

⁵⁸ SIF – Signal Information Field (Campo de Información de Señalización)

⁵⁹ CRC – chequeo de redundancia ciclica

secuencia de unos y ceros de un bloque de caracteres, cuyo procedimiento lo podemos resumir así:

Se tiene un dato de entrada P el cual se modifica a P' al multiplicarlo por el orden máximo del polinomio G . P' se divide entre G de donde se obtiene un residuo que viene a ser el CRC. Esta fracción (CRC) se adiciona a P' y se transmite, conformando un bloque de bits denominado bits de control de errores. En el receptor se divide lo recibido entre el mismo polinomio G y si el residuo de tal operación es cero, el dato es correcto, de lo contrario la SU presenta error.

Este método es uno de los más seguros y más usados, obteniéndose una confiabilidad muy alta. El bit de control de errores constituye los últimos 16 bits de la trama.

Alineación y delimitación de la unidad de señalización

El proceso de alineación sirve para la inicialización al comenzar la operación (por ejemplo, después de conectar el sistema) como para la alineación subsiguiente a un restablecimiento después del fallo de un enlace. El procedimiento se basa en el intercambio, en secuencia obligada, de información sobre el estado entre los dos puntos de señalización en cuestión y en el establecimiento de un periodo de prueba. El intercambio tendrá lugar solamente en el enlace que se va a alinear. Las unidades de señalización que se intercambian en este procedimiento son Unidades de señalización del estado del Enlace (LSSU).

La pérdida de alineación tiene lugar cuando se recibe una configuración de bits no permitida (seis o más unos consecutivos), o cuando se sobrepasa una determinada longitud máxima de la SU. La pérdida de alineación provocará un cambio en el modo de funcionamiento del monitor de la tasa de errores de las unidades de señalización.

Detección de errores

Cuando se envía un mensaje, el MTP va contando el número de bits que están siendo transmitidos en la MSU. Ese número se codifica y se envía usando los 16 bits del campo "CRC".

En el extremo receptor se cuenta el número de bits que llegaron seguida de la bandera de inicio y además se decodifica el valor que se envió en el campo CRC, el cual indica cual fue el número de bits transmitido. Si estos dos valores no son iguales el mensaje se descarta y se pide la retransmisión de la copia de este que permanece en el extremo transmisor.

Control de flujo

El control de flujo se inicia cuando se detecta una congestión en el extremo receptor del enlace de señalización. El extremo receptor del enlace notifica al extremo transmisor de la condición de congestión por medio de una señal de estado de enlace que retendrá el envío de mensajes. Cuando la congestión disminuya, el envío de mensajes se reanuda. Cuando existe congestión, el extremo transmisor indicará que el enlace ha fracasado si la congestión continúa por mucho tiempo.

5.5.6.5 MTP Nivel 3 – Red de señalización

El nivel de la red depende de los servicios de Nivel 2 para proporcionar un encaminamiento, la discriminación de mensajes y funciones de distribución de mensajes.

- ✚ La discriminación del mensaje determina a quien se dirige el mensaje.
- ✚ La distribución de mensaje se da si el mensaje es local.
- ✚ Si el mensaje no es local se realiza el enrutamiento del mensaje.

Discriminación del Mensaje: Esta función determina si el mensaje es local o remoto utilizando el código de punto y los datos contenidos en una tabla de búsqueda. Los Mensajes a destinos remotos se pasan a la función de enrutamiento de mensajes para un procesamiento adicional.

Distribución de mensajes: La distribución de mensajes ofrece enlaces, la ruta y las funciones de gestión del tráfico. Vincula la gestión del mensaje. Esta función utiliza la señal de unidad de enlace de estado (LSSU) para notificar a los nodos adyacentes de los problemas de enlace. El Nivel 3 enviará la LSSUs a través del Nivel 2 hacia el nodo adyacente, para notificarle de los problemas con el enlace y su estado.

El diagnóstico del enlace consiste en reestructurar y volver a sincronizar el enlace.

- ✚ Realineación- Todo el tráfico se quita del enlace, los contadores se ponen a cero, los temporizadores se restablecen y relleno de las Unidades de Señal (FISUs) se envían en el ínterin (llamado el período de prueba).
- ✚ Período de prueba - Cantidad de FISUs son enviados durante la realineación enlace. La duración del período de prueba depende del tipo de vínculo utilizado. Generalmente el período de prueba para un enlace de 56 Kbps DS0 es de 2,3 segundos para la prueba normal y 0,6 segundos para la prueba de emergencia.

Gestión de la ruta: Esta función proporciona un medio para el desvío del tráfico alrededor de los nodos no congestionados. La gestión de Ruta es una función de nivel 3 y trabaja junto con la administración de enlaces. La gestión de la Ruta informa a otros nodos de la situación de los nodos afectados. Utiliza la unidad de señalización de mensajes (MSU) generados por los nodos adyacentes y generalmente no es generado por los nodos afectados. (La ruta de Gestión sólo informa a los nodos adyacentes.)

Gestión del tráfico: Esta función proporciona un control de flujo si un nodo se ha convertido en congestionado.

Por ejemplo, si ISUP⁶⁰ no está disponible en un nodo en particular, un mensaje de gestión del tráfico pueden ser enviados a los nodos adyacentes para informarles que ISUP no está disponible, sin afectar mensajes TCAP⁶¹ en el mismo nodo.

Enrutamiento de mensajes: En la discriminación de mensajes se pasan mensajes de enrutamiento de mensajes que determinan si el mensaje no es local. El mensaje de enrutamiento lee la llamada y llama a las direcciones de las partes para determinar la dirección física en la forma de un código de punto.

Cada nodo SS7 debe tener su propio punto de código único. El mensaje de enrutamiento determina el punto de código desde una dirección que figura en la tabla de enrutamiento.

5.5.6.6 SS7 Nivel 4

Protocolos de usuario y aplicación de piezas Nivel 4 consta de varios protocolos, partes y piezas de usuario de aplicaciones.

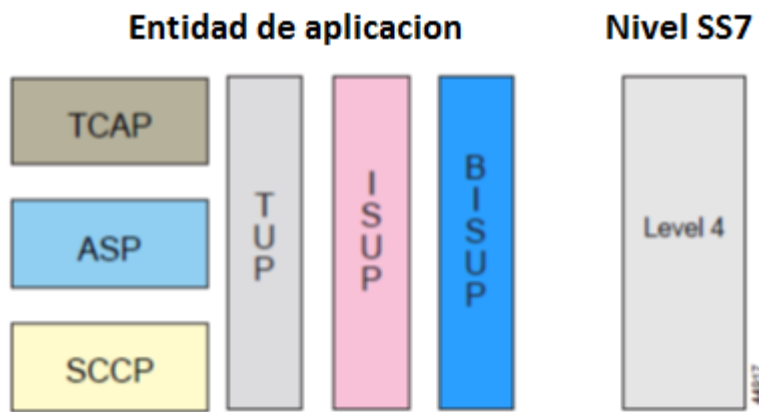


Figura 5-12 Aplicaciones del nivel 4 SS7

TCAP: Transaccionales capacidades de aplicación de la Parte (TCAP) facilita la conexión a una base de datos externa. Información / datos recibidos son enviados de vuelta en la forma de un mensaje de TCAP.

PACT también soporta el control remoto de capacidad de invocar las funciones de otro conmutador de red remoto.

OMAP: (Operaciones, Mantenimiento y Administración de pieza) es una entidad que utiliza las aplicaciones TCAP servicios de comunicaciones y las funciones de control a través de la red a través de un terminal remoto.

MAP: (Mobile Application Part) se utiliza para compartir información sobre los abonados celulares entre distintas redes. Se incluye información como el número de identificación móvil

⁶⁰ ISUP – Integrate Service User Parte (Parte de usuario de servicios integrados)

⁶¹ TCAP – Transaction Capabilities Application Part (parte de aplicaciones de capacidad de transacción)

(MIN), y el número de serie del teléfono celular. Esta información es utilizada por la SE-41 durante el protocolo de la itinerancia móvil.

ASP: Aplicación de servicios de la Parte (ASP) proporciona las funciones de las capas 4 a 6 del modelo OSI. Estas funciones no se exigen actualmente en la red SS7, y están bajo estudio. Sin embargo, el UIT-T y las normas ANSI hacen referencia ASP como viables.

SCCP: Señalización de control de conexión de pieza (CCPC) es un protocolo de nivel superior al plan de mediano plazo de que dispone de extremo a extremo de enrutamiento. SCCP es necesaria para el enrutamiento de mensajes TCAP a su base de datos adecuada.

TUP: Teléfono usuario pieza (TUP) es un protocolo analógico que realiza llamadas telefónicas de base de conexión y desconexión. Ha sido sustituido por ISUP, pero todavía se usa en algunas partes del mundo.

ISUP: La parte usuario RDSI (ISUP), apoya el llamamiento de telefonía básica de conexión / desconexión entre las oficinas de final. Utilizado principalmente en América del Norte, ISUP se deriva de TUP, pero es compatible con funciones de red RDSI e inteligente. ISUP también vincula la red celular y PCS a la PSTN. BISUP (banda ancha ISUP) reemplazará gradualmente a ISUP como ATM se implementa.

BISUP: De banda ancha de la parte usuario RDSI (BISUP) es un protocolo ATM destinados a servicios de apoyo tales como televisión de alta definición (HDTV), TV en varios idiomas, la voz y el almacenamiento de imágenes y recuperación, videoconferencia, redes LAN de alta velocidad y multimedia.

5.5.6.7 Aplicaciones protocolo ISUP

En el modelo de capas la **Parte de Usuario** ocupa una parte de las capas 4-7. Se disponen de distintas partes de usuario de acuerdo con el tipo de servicio:

- para usuario de telefonía (**TUP**),
- para usuario de red digital ISDN (**ISUP**) y
- para usuario de red de datos (**DUP**).

Otros usuarios de capa 4-7 son: telefonía móvil **MAP**, y el control de conexión **SCCP-TCAP**.

USUARIO ISDN. En la Figura 5-14 se muestra un ejemplo reducido de una comunicación entre usuarios de una red ISDN a través de centros locales distintos. Obsérvese que cada usuario dispone de las capas de señalización y que éstas se comunican entre sí con el punto adyacente. El Terminal de Red **NT** (*Network Terminal*) de ISDN cumple funciones de capa 1 transfiriendo la unidad de mensaje de señalización (Ver Figura 5-13) en forma transparente. El centro de conmutación local tiene comunicación mediante el SS7 tanto con el usuario como con el otro centro ISDN. En el medio se encuentran las funciones de gestión hacia ambos lados.

IAM	(Initial Address Message). Contiene la información inicial de llamada para el encaminamiento.
SAM	(Subsequent Address Message). Transporta las cifras no enviadas en el mensaje IAM.
ACM	(Address Complete Message). Indica que se ha obtenido en acceso al destino.
ANM	(Answer Message). Indica que el usuario llamado ha respondido.
BLO	(Blocking Message). Permite el bloqueo del canal útil.
UBL	(Unblocking Message). Desbloquea el canal útil.
REL	(Release Message). Permite iniciar la liberación del canal.
RLC	(Release Complete Message). Informa que la liberación ha sido completada.

Figura 5-13 Mensajes intercambiados en una conexión SS7

En la misma Figura 5-14 se muestra un ejemplo para el protocolo de conexión y desconexión en la ISDN donde, entre otros mensajes de **ISUP**, se intercambian los mensajes de la

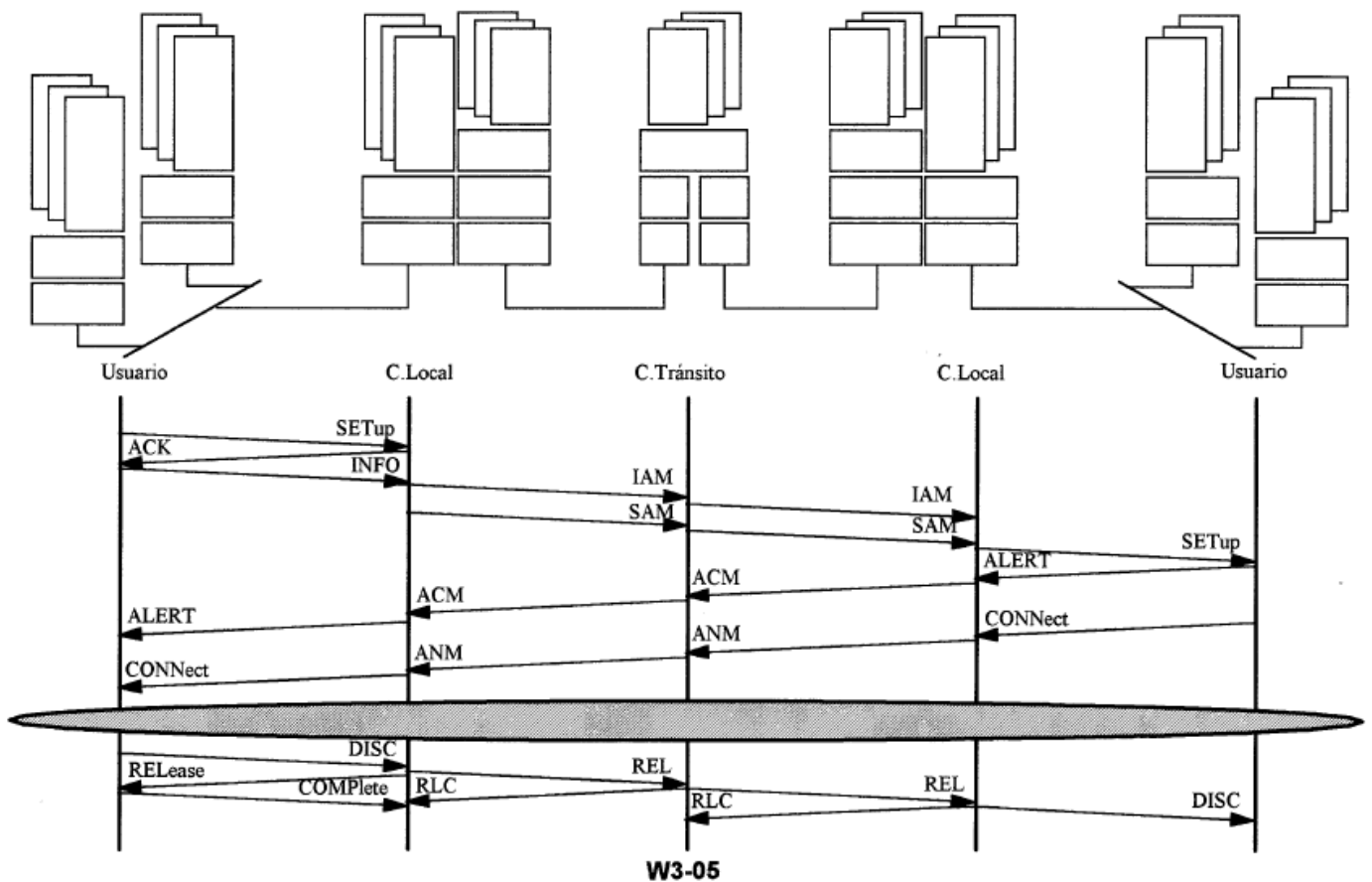


Figura 5-14 Ejemplo de envío de mensajes usando ISUP

5.5.6.8 Aplicaciones protocolo MAP

La Figura 5-15 ilustra una llamada entrante de la red de conmutación de circuitos se responde por un sistema de mensajería SMS de voz, correo habilitado. Después de procesamiento de llamadas normales (es decir, la grabación del mensaje dejado por la persona que llama), el sistema de correo de voz notifica al usuario que llama él / ella tiene un mensaje pendiente de la entrega de un mensaje corto (SM) a su / teléfono celular.

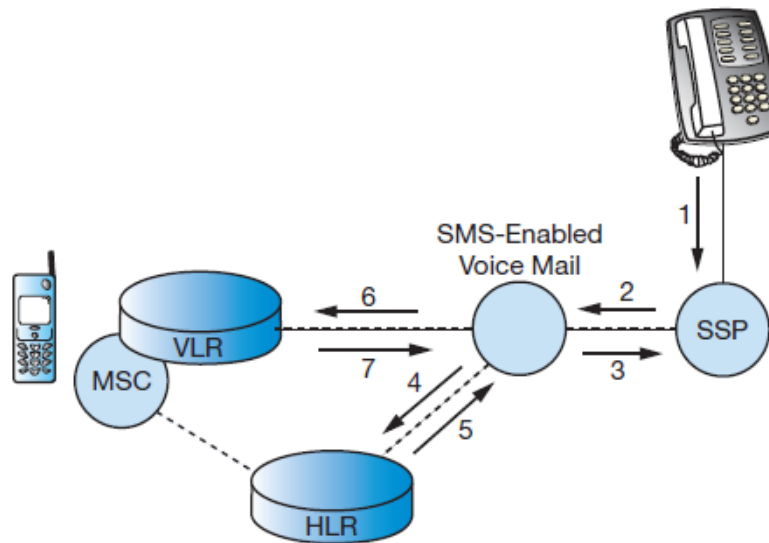


Figura 5-15 Proceso de envío de SMS de voz usando el protocolo MAP

En condiciones normales, estos pasos se producen.

1. El usuario A llama a B de usuario que no es capaz de tomar la llamada (por ejemplo, ya en una llamada).
2. A cambio de usuario local o de conmutación del servicio Punto (SSP) enruta la llamada a Correo del usuario B de servicios de voz nodo.
3. El mensaje del correo de voz del sistema registra un usuario y libera la llamada. Todo esto es normalmente se realiza bajo la ISUP (o TUP) protocolo 4.
4. Inicio de la consulta de correo de voz del usuario B Location Register (HLR) para el usuario B ubicación actual dentro de la red inalámbrica. Número de abonado móvil del usuario B se utiliza para recuperar el código de punto HLR para enviar un MAP_SEND_ROUTING_INFO_FOR_SM mensaje.
5. El HLR envía la información solicitada al nodo de servicios de voz por correo en un MAP_SEND_ROUTING_INFO_FOR_SM_ACK mensaje.
6. Los formatos de correo de voz y envía el mensaje corto al MSC / VLR actualmente visitada por el usuario B con un mensaje MAP_FORWARD_SHORT_MESSAGE.

7. Una vez que el mensaje corto se ha entregado al teléfono celular del usuario B, el MSC / VLR envía un SHORT_MESSAGE_ACK MAP_FORWARD_ de vuelta al sistema de correo de voz.

5.6 Preguntas de control

1. ¿Qué es señalización? y ¿cuál es su función?
2. Realice un diagrama donde se muestre la jerarquía de la la señalización de la red telefónica.
3. Explique cómo se realiza:
 - Señalización de abonado
 - Señalización entre centrales
 - Señalización de canal asociado
4. ¿Qué es la señalización por canal común?
5. ¿En qué se diferencian la señalización CAS de la CCS?
6. ¿Cuál es la función de la señalización de línea?
7. Explique la función de la señalización de registro.
8. ¿Qué es sistema de señalización ss7?
9. Mencione las características y ventajas de señalización SS7
10. Realice un cuadro sinóptico de los componentes esenciales de la arquitectura de SS7.
11. ¿Qué es un enlace SS7? Y mencione los tipos de enlace.
12. Menciones y explique con brevedad las partes de la red inalámbrica de telefonía móvil.
13. Describa brevemente la pila del protocolo de señalización SS7.
14. ¿Cuál es la función principal de del enlace de datos de señalización?
15. Mencione algunas de las interfaces utilizadas en el enlace de datos de señalización.
16. ¿Mencione y describa las unidades de señalización del nivel 2 de MTP?
17. Realice un cuadro sinóptico de las funciones de señalización del Nivel 2 de MTP
18. ¿Cuál es la función de la red de señalización del nivel 3 de MTP?
19. Explique en qué consiste:
 - La discriminación de Mensaje
 - La distribución de mensaje
 - Gestión de la ruta
 - Enrutamiento de Mensaje
20. Realice un cuadro sinóptico de los distintos protocolos con los que consta el nivel 4 de SS7.

Unidad VI

Redes Inteligentes y NGN.

Objetivos General:

- Explicar los conceptos sobre redes inteligentes y NGN

Objetivos Específicos:

- Definir los conceptos de redes inteligentes y NGN
 - Describir las arquitecturas de redes inteligentes y NGN
 - Mencionar los elementos de una red inteligente.
-

Unidad 6. Redes Inteligentes y NGN

6.1 Redes inteligentes

6.1.1 Concepto

El concepto de Red inteligente junto con su arquitectura y protocolos fue originalmente desarrollado como un estándar por el comité de estandarización de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. El objetivo principal de las redes inteligentes era mejorar el servicio básico de telefonía que ofrecen las redes de telecomunicaciones tradicionales. El núcleo de la red inteligente servirá como una base para que los operadores puedan crear servicios adicionales a los que ya se implementan en las centrales estándares.

La necesidad surge con la implementación de nuevos servicios, pues si se desea proporcionar un nuevo servicio en una red convencional, es necesario que este servicio haya sido desarrollado por todos los proveedores de centrales de conmutación, luego se debe probar el servicio con el objetivo de eliminar posibles errores, para finalmente introducir dicho servicio central por central.

Este proceso puede tomar desde su introducción, es decir concepción del servicio, hasta su implementación varios años. Para lograr que el proceso definición, desarrollo, prueba en la red de nuevos servicios se haga en forma mucho más eficiente en cuanto a duración de tiempo, es necesaria la creación de una nueva arquitectura de red. Por lo tanto, las redes inteligentes surgen como una solución ante la necesidad de nuevos y modernos servicios por parte de los usuarios de las redes de telecomunicaciones. (Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Ciencias Exactas y Agrimensura, Ingeniería Electrónica)

Servicios Red tradicional	Servicios Red inteligente
<ul style="list-style-type: none">• Acceso digital: Acceso Básico 2 B + D	<ul style="list-style-type: none">• Llamada Gratuita: Llamada a cargo del abonado.
Acceso Primario 30 B + D	
<ul style="list-style-type: none">• Acceso en modo paquete	<ul style="list-style-type: none">• Numero personal: Asignación de un número único al abonado.
<ul style="list-style-type: none">• Identificación del número llamante	<ul style="list-style-type: none">• Tasación Adicional; El proveedor podrá ofrecer distintos tipos de información.
Servicios suplementarios	Servicios suplementarios
<ul style="list-style-type: none">• Identificación de llamada en espera.	
<ul style="list-style-type: none">• Transferencia de llamada.	<ul style="list-style-type: none">• Identificación de llamada en espera.

- Identificación de llamadas maliciosas.
- Tasación detallada.
- Marcación abreviada.
- Conferencia entre tres
- Transferencia de llamada.
- Identificación de llamadas maliciosas.
- Tasación detallada.
- Marcación abreviada.
- Conferencia entre tres

6.1.2 Arquitectura de la red inteligente

Las redes de comunicación tradicionales poseen cierto grado de inteligencia, pues implementan programas y datos relacionados con el control de enrutamiento de llamadas y control los servicios telefónicos básicos. En la actualidad las redes inteligentes están equipadas con una gran cantidad de información de referencia y programas con capacidades de controlar servicios más complejos.

La inteligencia puede ser agregada a las redes existentes de forma centralizada o distribuida, esto dependerá de la red que se desea implementar, el equipo a utilizar y servicios que se desean brindar en la nueva red.

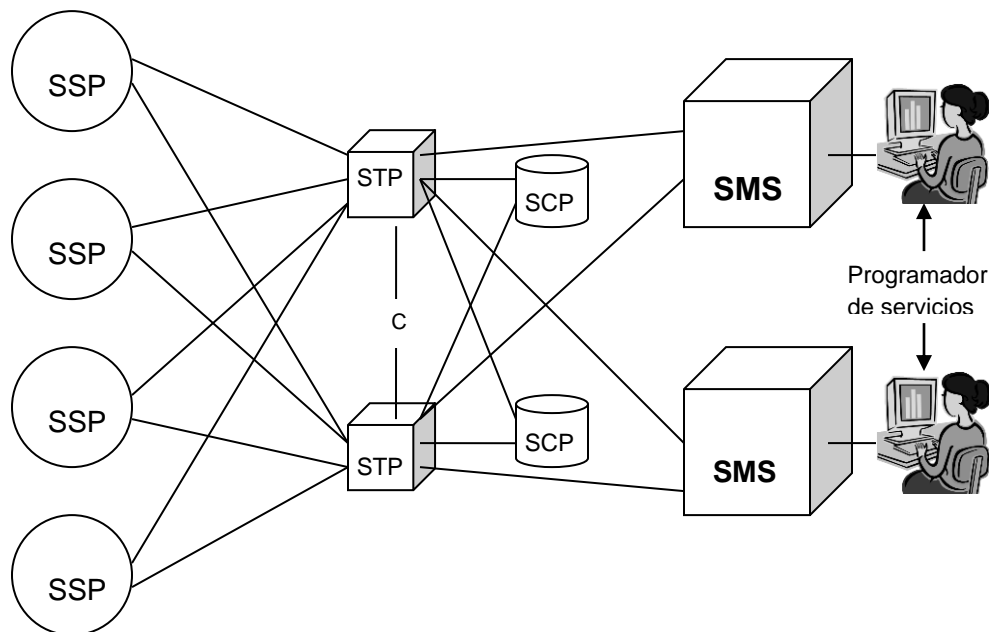


Figura. Arquitectura de la Red Inteligente Avanzada

En una red inteligente distribuida el enrutamiento de llamadas y control de servicios es desplegado sobre muchos sitios o conmutadores. Cada conmutador almacena grandes cantidades de datos las cuales son necesarias para configurar y controlar el gran rango de servicios ofrecidos. Este suministro de inteligencia puede ser creado a través del mejoramiento continuo de los conmutadores existentes, y agregando de manera progresiva programas y equipos compatibles con el nuevo servicio a brindar.

Algunos de los elementos de una red inteligente son:

SSP (Service switching point – Punto de conmutación de servicio): Esta sección facilita el acceso de los usuarios de los servicios de red inteligente desde cualquier lugar de la **RTCP** (red telefónica conmutada).

SCP (Service control point – punto de control de servicio): Alberga todos los datos y programas necesarios para la prestación de servicios de red inteligente.

SMS (Service management system – sistema de servicio de administración): encargado de todas las funciones de administración y gestión de los servicios.

6.1.2.1 Elementos de una red inteligente

6.1.2.1.1 SSP

El punto de conmutación de servicio (SSP) o función de servicio de conmutación (SSF) es una modificación de la conmutación de telefonía convencional. Este elemento mantiene las funcionalidades de una central telefónica normal e incluye nuevas funciones propias de una red inteligente. Como mejora cada SSP tiene posee una tabla de consulta para que este realice la transferencia o conmutación de llamadas a los destinos correctos. Para el poder realizar una llamada no basta con solo la información contenida en la tabla, pues dicha información es importante en el proceso. Sin embargo necesita de trigger (iniciador de proceso) el cual es activado por el número llamando para comenzar la transacción con el SCP. El SCP reúne la información de llamada necesaria como el número del llamante, clase de servicio, número discado, etc. Luego esta información es enviada para solicitar los datos de control adicional.

A continuación se presenta parte de una tabla contenida dentro de un SSP. La dirección principal es entonces una combinación de la dirección del SSP master y los secundario. Las direcciones se establecen de forma manual a través de los botones en el panel central del SSP. El bit más significativo en la tabla está ubicado a la derecha. (Santander Olivero)

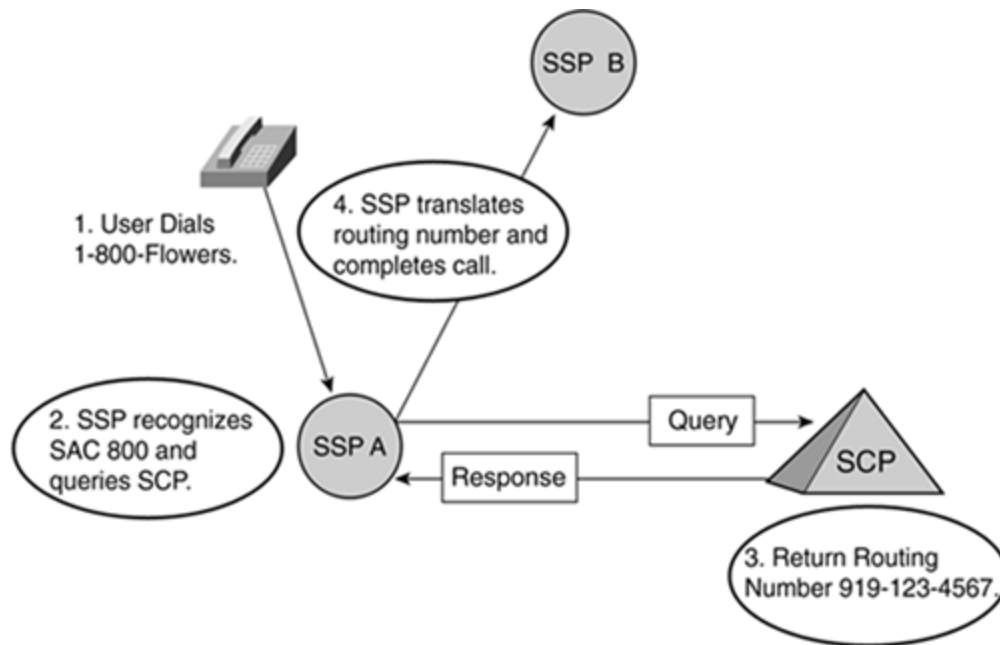
SSP	Primary Address
Master	8
Slave Master	b
Trigger	801
FERA	802
ADC 1	803
ADC 2	804
TDC 1 (DC)	807
TDC 2	808
TDC 3	809
CCD 1	80A
CCD 2	80B
CCD 3	803
TD 1 (right top)	810
TD 2 (right middle)	811
TD 3 (right bottom)	812
TD 4 (middle top)	813
TD 5 (middle middle)	814
TD 6 (middle bottom)	815
TD 7 (left top)	816
TD 8 (left middle)	817
TD 9 (left bottom)	818

El dialogo para el intercambio de datos entre SSP y SCP se denomina transacción. Estos dos se conectan mediante señalización SS7 TACP. Durante el dialogo, el SCP devuelve un numero de comandos de control a la SSP para el control de sus funciones de conmutación y de carga, y también es necesaria la activación de periféricos inteligente. Un periférico inteligente podría ser cualquier número de diferentes tipos de dispositivos proveyendo servicios avanzados. En el más simple, una dirección IP podría ser un mensaje grabado de la máquina y, en el plano complejo, podría ser una unidad de interacción de la voz.

6.1.2.1.2 SCP

El punto de control de servicios es una computadora especializada, la cual esta usualmente retirada de los conmutadores. Está conectada por el sistema de señalización número 7 (SS7). El SSP requiere conocer el como un servicio se aplica a un cliente específico. En respuesta a la solicitud de un servicio avanzado para realizar llamadas, el SCP envía una secuencia de comandos primitivos para realizar una secuencia de conmutaciones.

El control de llamadas es realizado por el SCP. Durante el establecimiento de llamadas, el procesamiento se detiene de tal manera que el SSP se pueda referenciar en el SCP para determinar cuándo una llamada está permitida para conectarse a un número dado. O cuando alguna otra acción “inteligente” debe llevarse a cabo.



El SSP envía un mensaje SS7 al SCP con el número marcado y alguna otra información sobre el llamante. El SCP interpreta la llamada y luego regresa la secuencia de comandos al SSP. Esto se realiza a través de la conexión de señal y el puerto de control (SCCP), la capacidad de transacción de parte de la aplicación (TCAP), y parte de la aplicación de red inteligente (INAP). SSCP, TCAP, INAP forman parte del sistema de señalización.

El número de SCPs en una red inteligente depende de la complejidad de la lógica de servicios requeridos para apoyar los servicios avanzados y la demanda de tráfico. Las SCP avanzadas son capaces de manejar una gran variedad de servicios. Así que el número de SCP en una red inteligente puede reducirse al mínimo requerido. (Sidhu & Sidhu, 2000)

Funciones del SCP

El SCP, que alberga las bases de datos y la inteligencia necesaria para tratar las llamadas del servicio, pertenece al nivel de red inteligente. Sus principales funciones son:

- Tomar el control de las llamadas que requieren servicios de red inteligente.
- Ejecutar los programas específicos de cada servicio.
- Manejar grandes volúmenes de datos relativos al servicio.
- Procesar todas las funciones en tiempo real necesarias durante la ejecución del servicio.
- Recibir actualizaciones de los servicios.
- Ser capaz de atender varios servicios.
- Interconectarse con el SSP por medio de señalización CCITT N° 7 y con el SMS mediante X.25.

6.1.2.1.3 SMS

El sistema de gestión de servicios o también conocido como punto de servicios de gestión (SMP) se ubica sobre el SCP, y se utiliza para controlar el SCP en una red. SMS es un sistema informático en línea para preparar la tabla de base de datos y la configuración de red y los datos específicos del cliente antes de descargarla a utilizar en el SCP (Sidhu & Sidhu, 2000). El SMS es una sola máquina de actualización y se asegura que los datos contenidos en todos los SCP sean completos y coherentes.



La disponibilidad del servicio depende principalmente por la fiabilidad de los SCP y los SSP. El entorno de creación de servicios (SCE) es la herramienta con la que los nuevos servicios inteligentes se pueden desarrollar. Las herramientas de software de depuración son capaces de pasar a través de los comandos programados con un nuevo software de servicios script.

Existe otro componente importante en el desarrollo de servicios nuevos conocido como el entorno de creación de servicios o SCE. Este permite ensamblar los servicios a partir de Bloques independientes del Servicio. Es aquí donde surge la ventaja de la red inteligente pues posee la capacidad de desarrollar y desplegar servicios de manera rápida. Los servicios se ensamblan y se prueban en el SCE, y una vez probados son almacenados en el SCP para su provisión.

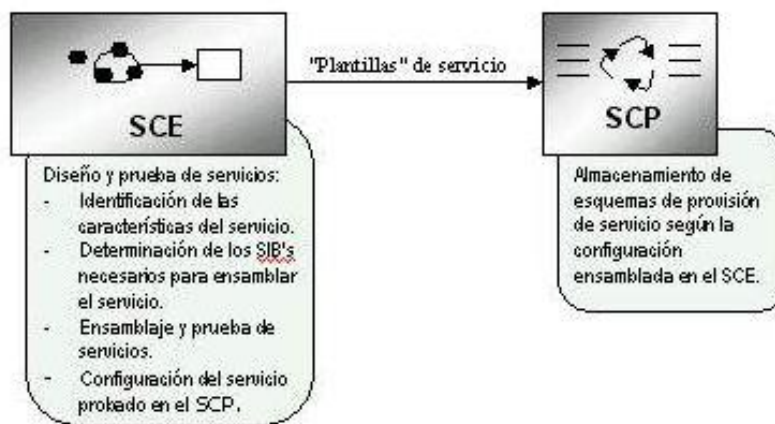


Figura 6-1 scp

(Santander Olivero)

6.1.3 Ventajas

Una red inteligente puede manejar fácilmente servicios complejos, en comparación las redes telefónicas públicas. Un mayor nivel de consistencia de los datos en la red asegura la fiabilidad del servicio. El servicio a implementar tiene un impacto mínimo sobre la red existente y el equipo de conmutación durante la introducción de nuevos servicios. El costo de la introducción y mejora de los servicios es reducido. Para satisfacer las necesidades cambiantes del mercado, un servicio de alta calidad se proporciona con la capacidad para la reconfiguración rápida de los servicios. Las redes inteligentes ofrecen un control de cliente reducido y facilidades de administración, si es necesario, provee terminales especiales para conectar usuarios al SMS. (Sidhu & Sidhu, 2000)

6.1.4 Servicios brindados

Los servicios que se mencionaran a continuación funcionan mejor si se realizan o ejecutan en una red inteligente. (Sidhu & Sidhu, 2000)

Red privada virtual: Es una red específica para una compañía la cual es creada para clientes corporativos individuales de una red pública. La red pública es percibida por el usuario corporativo como una red privada con un plan de marcación de la compañía.

Teléfono libre (freephone): La red inteligente convierte al número libre de teléfono a un número de teléfono estándar, permitiendo al SSP completar el proceso de llamada, mientras crea un cargo de llamada en la cuenta del receptor de la llamada.

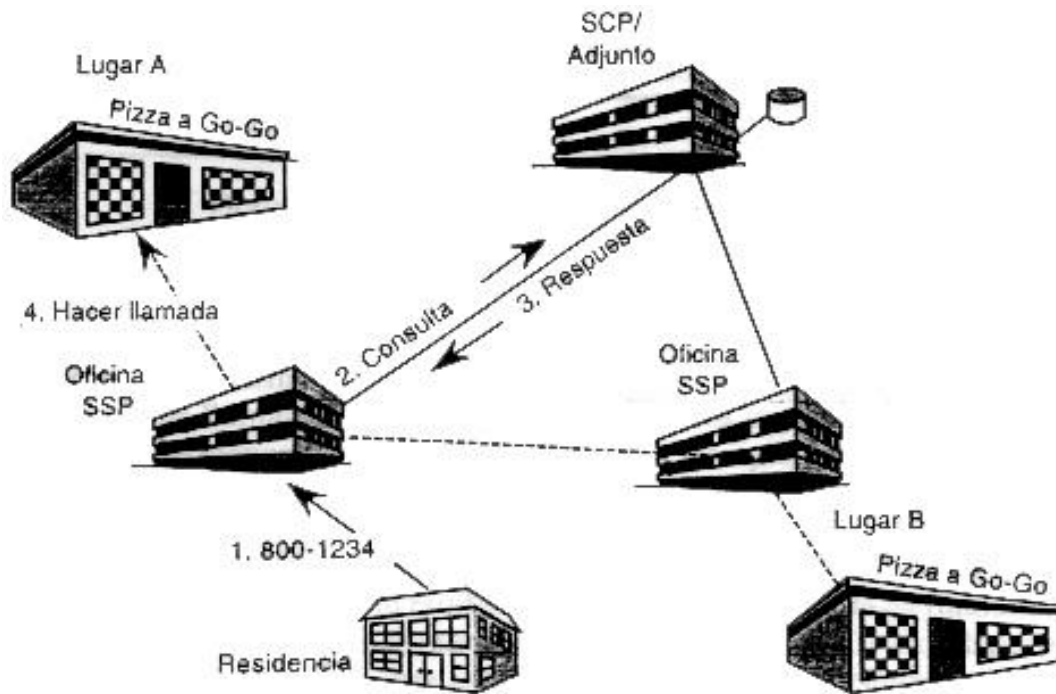
Servicio de tarifación adicional: La capacidad de agregar un cargo adicional para llamadas además del cobro normal por llamada, permite agregar cargos a servicios como información meteorológica, información de tráfico, etc. Los cargos extras son recolectados y enviados al proveedor de servicios de información.

Servicio de llamadas con tarjetas: Este servicio permite a los poseedores de tarjetas el realizar llamadas desde cualquier teléfono en la red pública, gastos de facturación de llamadas a su cuenta personal de tarjeta de llamada.

Televoting: Este servicio es concebido para complementar los programas de juegos en televisión en los cuales los observadores son invitados a llamar a distintos números de teléfono para registrar sus votos por el participante de su preferencia.

Servicio de número universal: Este servicio permite a los clientes de la red pública el realizar llamadas desde cualquier lugar del país utilizando el mismo número de teléfono. Cuando el usuario se mueve a una nueva ubicación, que se registra en el SCP. Las llamadas a su número se remiten a este. La capacidad de un cliente para cambiar su proveedor de red telefónica sin ser forzado a cambiar su número de teléfono es la base del servicio de portabilidad numérica.

A continuación presentamos un ejemplo breve de cómo funciona el proceso de comunicación dentro de una red inteligente



6.2 Next Generation Network o NGN

NGN Red de siguiente generación (Next Generation Network o NGN) es una arquitectura de red orientada a reemplazar las redes telefónicas conmutadas de telefonía, para brindar servicios de voz y multimedia.

NGN tramita sobre una sola red basada en el protocolo de Internet paquetes de información que pueden ser voz, video o datos. Permite la entrega de múltiples servicios tales como telefonía, video, banda ancha, transmisión de datos, entre otros; estos servicios son útiles para aplicaciones en las áreas de entrenamiento, educación, telemedicina, etc.

Esta tecnología brinda el servicio de VIDEO TELEFONÍA, un sistema que acerca a sus seres queridos dentro y fuera del país. La tendencia actual de integrar todo tipo de servicios en una única infraestructura de red IP (Internet Protocol), conocida como modelo "Todo IP" (All-IP), ha puesto de manifiesto las carencias que tienen las soluciones IP clásicas en temas como la capacidad, la calidad de servicio, la seguridad, la fiabilidad y la capilaridad. Para solucionar estos problemas han aparecido en el mercado multitud de equipos, técnicas, tecnologías y protocolos, que combinados de una manera adecuada pueden permitir la realización de modelos de red que proporcionen, tanto al cliente corporativo como al cliente residencial, todo tipo de servicios

multimedia. Estos modelos son llamados, en el mundo de las telecomunicaciones, modelos de Red de Nueva Generación o Next Generation Network (NGN).

La realización de forma adecuada del concepto NGN por parte del operador de red, permite el despliegue de una amplia cartera de servicios, tanto los ya existentes como los de nueva factura, de forma tal que pueden ser ofrecidos a un gran número de clientes a un coste inferior a las soluciones clásicas. Como consecuencia de lo anterior, es posible mejorar el nivel de cumplimiento de los planes de negocio y de esta manera aumentar los ingresos del operador.

6.2.1 Introducción al concepto de NGN

Tradicionalmente las redes IP han sido la base del negocio de la transmisión de datos, manteniendo un aislamiento completo respecto a las redes de voz.

Esta situación ha provocado una natural segmentación del mercado de las telecomunicaciones que, en determinados casos, ha llegado al extremo de que sean operadores distintos los que dan soporte a cada red. Además, se da la circunstancia de que históricamente eran mercados monopolistas que favorecían por tanto el que se mantuvieran dichas barreras.

No obstante, al final de la década de los noventa aparecieron de manera progresiva una serie de elementos discordantes que fueron modelando un cambio en todo el sector de las telecomunicaciones. Se produjo, en primer lugar, la progresiva desaparición del modelo monopolista en favor de uno basado en la libre competencia.

A continuación aparecieron nuevas soluciones tecnológicas que permitieron dar respuesta a aquellos problemas que tradicionalmente mermaban el atractivo de las redes IP. Por último, se produjo el desarrollo imparable del concepto Internet y su apertura a grandes mercados de consumidores que comprobaron en primera persona la flexibilidad y posibilidades que dicho concepto ofrecía.

6.2.2 Tendencias en IP

El proceso evolutivo del sector de las telecomunicaciones ha provocado cambios en el modelo de negocio de muchos operadores y ha modificado de manera radical el modelo de provisión de servicios. Se ha pasado de un modelo vertical, en el cual la red y los servicios aparecen estrechamente ligados, a un modelo vertical-intermedio, que se inició con la aparición de la competencia, en el que se mezclan redes y servicios de una forma no siempre óptima, para terminar en un modelo horizontal en el que se propone una independencia absoluta entre ambos y una única solución de red común a todos ellos. Dicha transición se refleja en la Figura 11-1.

El proceso de evolución en las redes tradicionales hacia lo que se ha dado en llamar arquitectura All-IP se ha producido de una forma más o menos sincronizada en todos los sectores de las telecomunicaciones, motivado fundamentalmente por una serie de factores como son:

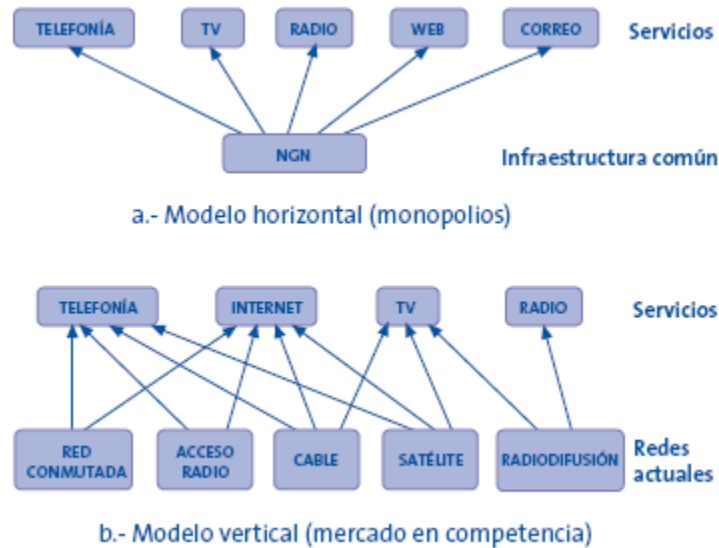


Figura 6-2 Modelos de Provisión de servicios

- ✚ La necesidad de reducir los costes respecto a los modelos tradicionales.
- ✚ La necesidad de compartir infraestructuras entre distintas unidades de negocio,
- ✚ La preponderancia cada vez mayor del modelo Internet.
- ✚ La necesidad de establecer la convergencia y compatibilidad entre las distintas redes.
- ✚ La necesidad de acelerar el proceso de creación y puesta en funcionamiento de las aplicaciones y servicios.
- ✚ La necesidad de simplificar y unificar la gestión, la operación y el mantenimiento de los servicios.

Pretender aglutinar en una única infraestructura de red las distintas alternativas, existentes o por venir, implica que dicha infraestructura debe responder a unos criterios de diseño estrictos que aseguren su funcionamiento con los niveles de calidad, capacidad, fiabilidad y disponibilidad requeridos por los servicios que soportará dicha red. Además se debe tener en cuenta que los niveles actuales de calidad, fiabilidad y disponibilidad de determinados servicios, como es el caso de los servicios de voz, son muy altos. La consecuencia de ello es que los clientes han desarrollado una percepción subjetiva de la calidad muy elevada, a la cual se han habituado a lo largo de años de uso, lo que supondrá un importante reto para cualquier solución de voz basada en la NGN.

Queda expuesta por tanto la tendencia observada en los últimos años de la década anterior y primeros de la actual hacia soluciones basadas en redes IP, dentro del denominado modelo “Todo IP” (All-IP), y que son comunes para todo tipo de servicios y entornos. Sin embargo, es vital reconocer que el éxito de esta transición al modelo All-IP vendrá condicionado, en gran medida, por una necesaria evolución en el modelo de red IP hacia lo que se ha dado en llamar la *Next Generation Network* (NGN).

6.2.3 El mundo IP en la red móvil

Si el sistema UMTS de la *Release 99* presentaba cambios radicales frente a GSM/GPRS en la red de acceso radio, al emplear la tecnología WCDMA en la interfaz aire, a partir de las siguientes versiones (*Releases 4, 5 y 6*) los cambios fundamentales se presentan en el núcleo de red y en las capacidades de servicios. En estas versiones o *releases* de UMTS [11.3], 3GPP introduce opciones en la configuración de red, y especifica la arquitectura y protocolos para poder desplegar una red móvil 3G basada totalmente en el protocolo IP de Internet. Ver Figura 6-3

Los servicios de conmutación de paquetes de UMTS ya emplean IP para el transporte de datos de usuario extremo a extremo, así como en el *backbone*.

A partir de la *Release 4* se especifica la separación funcional del tradicional MSC en dos elementos funcionales: el *MSC Server* y el *Media Gateway*. Esto permite la introducción de un *backbone IP* en el dominio de conmutación de circuitos del núcleo de red móvil. Los *MSC Servers* emplearían SS7 sobre IP utilizando soluciones SIGTRAN de IETF, mientras que los *Media Gateways* transportarían la voz paquetizada empleando tecnología de Voz sobre IP.

Por otro lado, 3GPP especifica una red de acceso radio UTRAN que permite a los operadores emplear ATM o IP para el nivel de transmisión. Adicionalmente, a partir de *Release 5* se introduce el IMS (*IP Multimedia Subsystem*) en la red móvil.

IMS es un núcleo de control de sesiones multimedia completamente basado en tecnología IP y se considera el posible potenciador de la introducción de All-IP en la red móvil. Adicionalmente, el acceso WLAN al núcleo de red móvil se estandariza como alternativa de acceso a partir de la *Release 6*.

En lo que respecta a las *releases* de UMTS desarrolladas (*release 99 a 6*), 3GPP no contempla una red All-IP como tal. Sin embargo, las opciones de arquitectura enumeradas anteriormente proporcionan en su conjunto la posibilidad de desplegar todos los dominios de red sobre un *backbone IP* único, como muestra la Figura 6-3. Es de reseñar, por tanto, que el fenómeno de la NGN es aplicable en su totalidad a los entornos móviles.

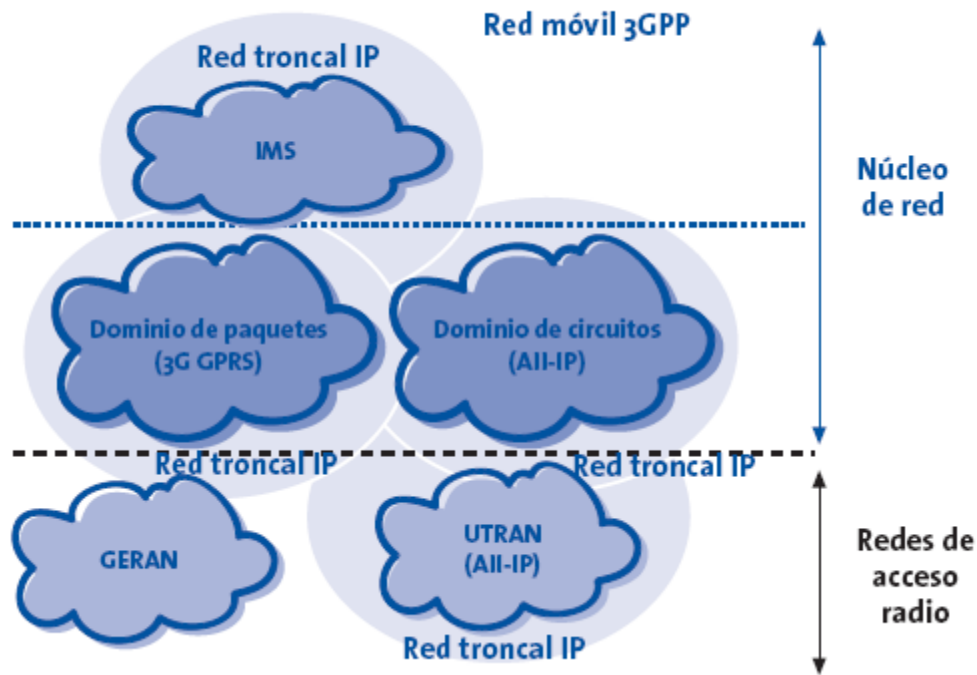


Figura 6-3 La Opción ALL-IP en dominios de la red móvil 3GPP

Las distintas visiones del concepto NGN

A la hora de buscar una definición para el concepto de NGN se da la paradoja de que no existe una única que sea válida para cualquier entorno y situación. Es más, según los distintos actores involucrados en el proceso así cambian las definiciones, por lo cual es muy difícil llegar a un consenso sobre una definición que abarque todos los escenarios posibles.

Dentro del mundo de las telecomunicaciones ha existido hasta fechas recientes, tal y como ya se ha apuntado anteriormente, una clara separación entre los mundos de la voz y los datos, lo cual ha motivado que los organismos de estandarización hayan sido también diferentes en la mayoría de los casos. Incluso los métodos de trabajo en estos grupos han sido distintos. Por otro lado, mientras que en el mundo de la voz las normas, en su mayor parte, son de obligado cumplimiento, en el mundo de los datos éstas se desarrollaban por consenso entre los propios fabricantes y operadores, más como recomendaciones que como normas de obligado cumplimiento.

Esta situación ha provocado la existencia de dos claros enfoques, según se considere uno u otro mundo, hacia el concepto NGN:

1. *El relacionado con los datos e Internet.* En este enfoque:

- La red dará soporte de conectividad a un conjunto de elementos terminales inteligentes. El control y establecimiento de las sesiones será responsabilidad de los propios terminales.
- Los servicios son absolutamente independientes de la red. Todo servicio estará basado en la interacción entre terminales inteligentes.
- Los servicios tradicionales, también conocidos como legacy, verán disminuir de forma paulatina su importancia a favor de nuevos servicios, muchos de ellos aún desconocidos y, por tanto, de difícil caracterización en el momento de diseñar una red.

La Figura 6-4 representa la visión del mundo Internet y algunos de los posibles servicios a tener en cuenta.

2. *El relacionado con la voz.* En este segundo enfoque:

- Los servicios serán provistos a través de redes interconectadas sobre un conjunto combinado de terminales inteligentes y no inteligentes.

La red tendrá la inteligencia y el control sobre los servicios y se adaptará a éstos en función de las necesidades que los usuarios finales demanden.

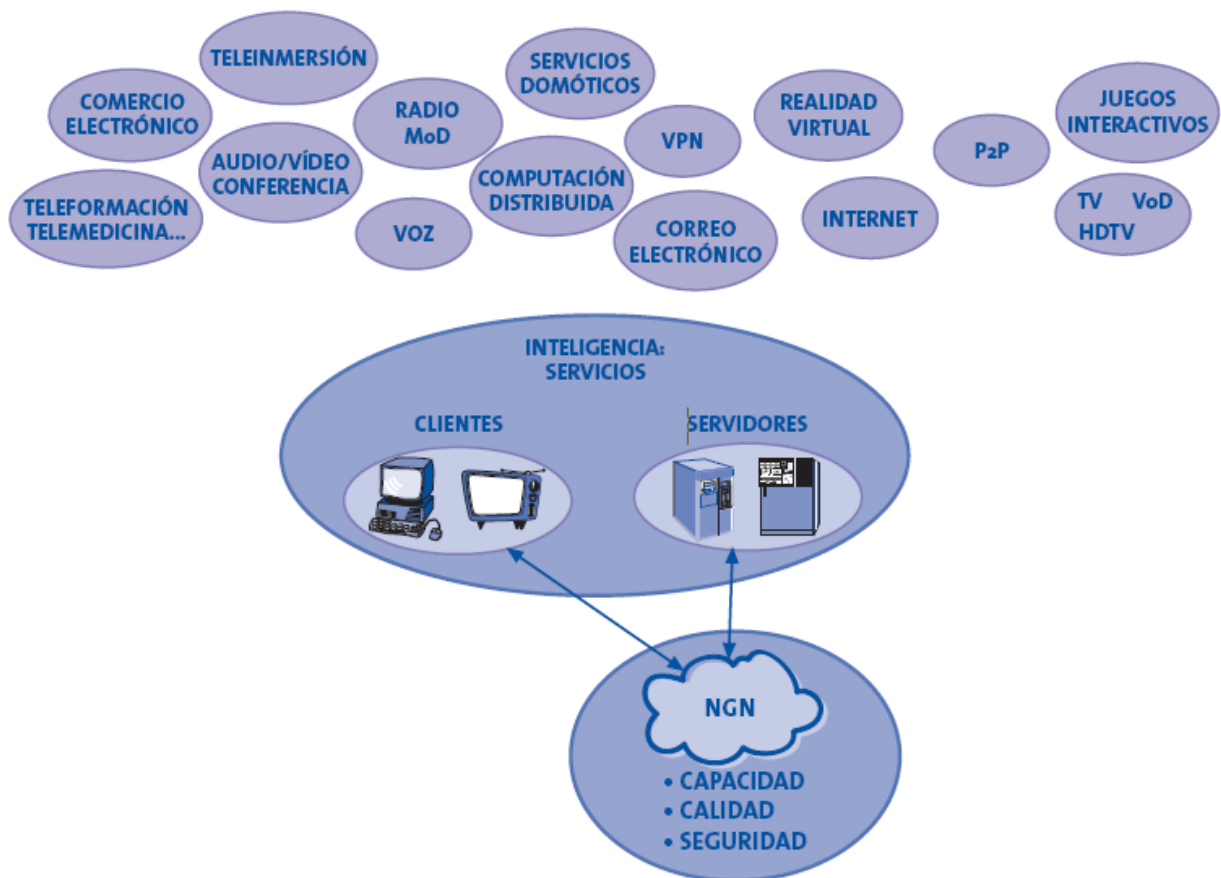


Figura 6-4 El concepto de NGN para el mundo de internet

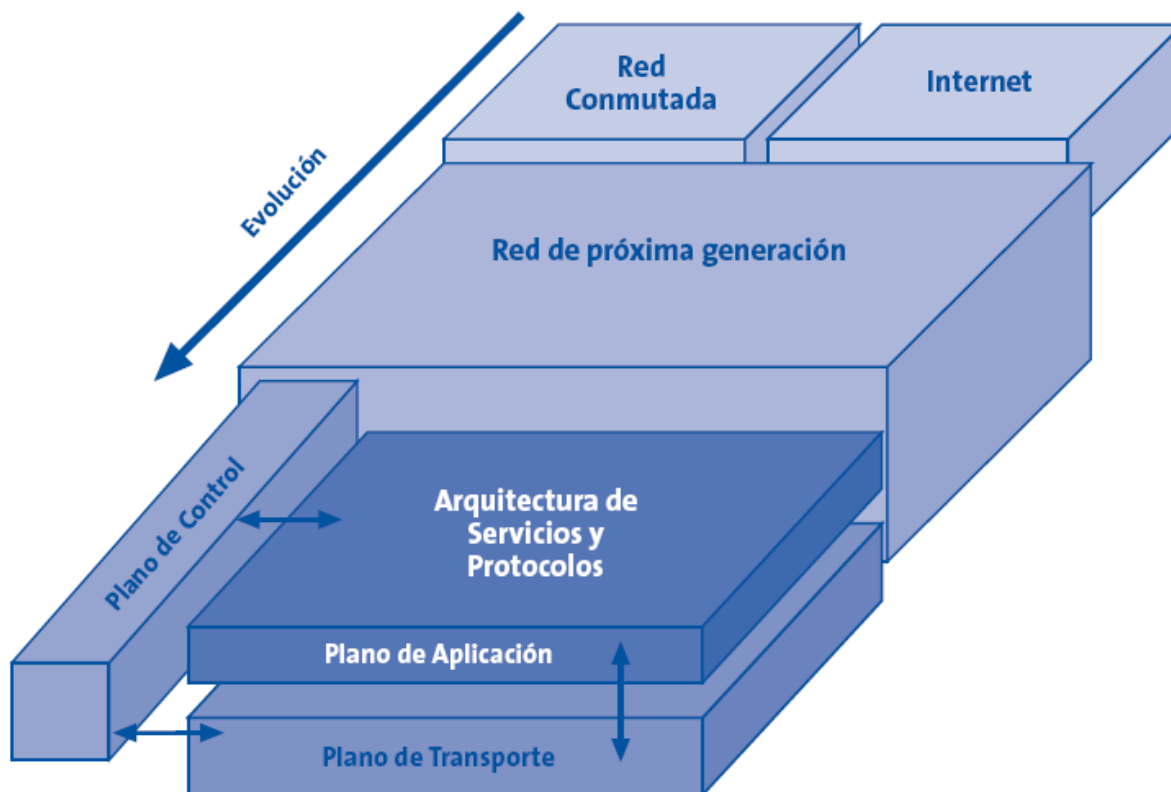


Figura 6-5 Visión del concepto de NGN para el mundo de la voz

La actual red telefónica evolucionará para adaptarse a los servicios multimedia, constituyendo la base de la futura NGN.

- Gran parte del desarrollo y provisión de los servicios finales partirá de los Operadores Públicos de Red, soportados por servicios básicos desarrollados sobre interfaces abiertas.

La Figura 6-5 representa la visión del proceso de evolución hacia el modelo NGN para el mundo de la voz.

Frente a estas dos posturas, no del todo coincidentes como ha quedado patente, se puede situar la visión que tienen los clientes de los servicios finales que serán soportados por las NGN. En un primer nivel se debe establecer una clara separación entre clientes empresariales y residenciales, ya que sus objetivos y motivaciones son distintos. Mientras que para el grupo de clientes empresariales el principal atractivo de las NGN puede ser los servicios tradicionales (como los servicios de voz, las redes privadas virtuales, etc.) a costes moderados, para el sector residencial, por el contrario, el principal atractivo será mejorar los actuales servicios, manteniendo una estructura de costes bajos, y ampliar la oferta de servicios de entretenimiento.

6.2.4 Evolución de la Red hacia el Concepto de NGN

Se describe en este apartado el proceso que ha desembocado en lo que se ha dado en llamar NGN, partiendo de las redes clásicas y de las razones históricas que justificaron esta evolución, sin olvidar en todo momento el papel vital que el desarrollo del fenómeno Internet ha tenido en este proceso.

El punto de partida: La estructura de red clásica. Históricamente, el desarrollo de las redes clásicas se realizó de acuerdo a una serie de premisas consideradas como elementos inmutables, pues:

- El ancho de banda es un bien escaso y, por tanto, caro.

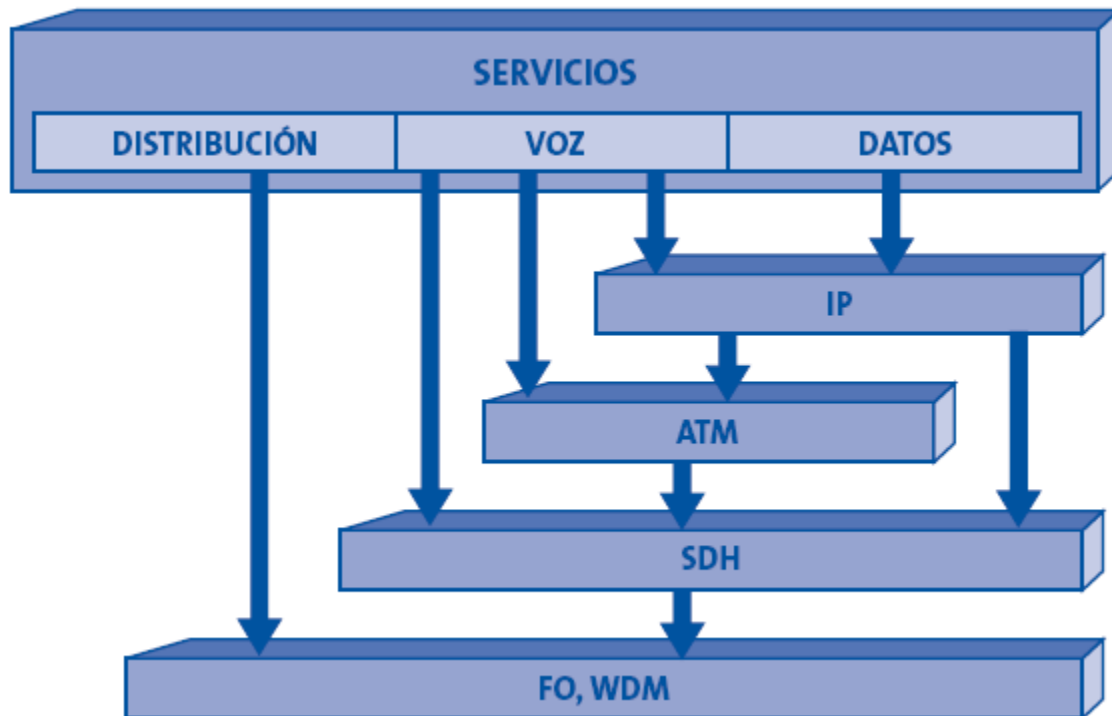


Figura 6-6 estructura de red clásica

Los servicios estaban estrechamente ligados a la infraestructura de red, de hecho, se consideraban partes indivisibles.

- Los servicios se integraban de forma vertical. Como ya se ha expuesto esto es consecuencia del punto anterior y de la estructura monopolística de los negocios de telecomunicaciones.

Debido a ello el desarrollo de la infraestructura de red se adaptó muy bien a los servicios para los que fue diseñada, pero tenía un alto grado de ineficiencia y complejidad que la hacía poco flexible al desarrollo y despliegue de nuevos servicios.

En la Figura 6-6 se muestra la compleja estructura de red clásica.

Las características relevantes de la estructura de red resultante son las siguientes:

- El equipamiento es complejo, de elevado coste y de difícil y costosa explotación.
- La calidad de servicio se resuelve mediante la asignación y reserva de recursos específicos de red.
- No soporta de forma nativa las técnicas de distribución basadas en la tecnología *multicast*, lo cual redundaba en un incremento de la complejidad y coste del despliegue de servicios masivos de distribución de contenidos.

Factores para el cambio

El cambio producido en la mayoría de los mercados de telecomunicaciones durante los últimos años de la década de los años 90 dio como resultado que comenzara a entretenerse la liberalización del sector. La aparición de un nuevo factor, desconocido hasta ese momento, en forma de libre competencia, motivó el que se intentara ampliar el abanico de servicios que cada operador podía ofrecer a sus clientes sobre las infraestructuras existentes en cada caso.

De esta forma, las redes se vieron en la necesidad de dar soporte a servicios para los que inicialmente no habían sido diseñadas, apareciendo los primeros síntomas de un problema de fondo: la incapacidad de las redes existentes para dar soporte de forma óptima a toda esta serie de nuevos servicios. Comenzó de esta forma la búsqueda de soluciones mejor adaptadas al nuevo escenario.

En paralelo a lo anterior, se producía una evolución tecnológica muy acusada en el mundo de las redes de datos, motivada, en gran medida, por una creciente necesidad de comunicaciones en entornos empresariales. Las primeras soluciones se desarrollaron en torno al entonces emergente estándar de comunicaciones ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), aunque fue rápidamente absorbido, al menos en los entornos empresariales, por las soluciones nativas IP/Ethernet, una vez que éstas alcanzaron los niveles de velocidad y funcionalidad que habían hecho atractivas las soluciones basadas en ATM en un pasado reciente.

A todo lo anterior se unía un nuevo factor que, con gran fuerza, provocó una verdadera revolución en el sector de las telecomunicaciones, convirtiéndose a la postre en el definitivo detonante del cambio: la aparición y desarrollo del fenómeno Internet a escala global.

El fenómeno Internet

El rápido desarrollo de Internet durante los últimos años de la década de los 90 provocó un vuelco en el enfoque de los operadores hacia las redes de voz y datos. En los momentos iniciales se buscaron soluciones que eran soportadas sobre las redes existentes, realizando las mínimas adaptaciones imprescindibles que permitían un funcionamiento adecuado. Sin embargo, conforme las tasas de crecimiento del tráfico de Internet se disparaban, comenzaron a detectarse los primeros cuellos de botella en los diseños existentes, que obligaban a una profunda reconsideración de todo el entorno.

En paralelo a la explosión del tráfico de datos en Internet, se produjo un fenómeno de “educación” de los clientes. Los usuarios habituales de Internet podían experimentar de primera mano las ventajas que el modelo les proporcionaba: por primera vez no estaban sujetos a lo que el operador de red les ofrecía.

La situación era incluso mas extrema, disponían de la libertad de decidir qué servicios usar tras un proceso de simple localización y descarga de las aplicaciones software necesarias desde los servidores disponibles. La red era siempre la misma, pero los servicios variaban en función de su disponibilidad y de los deseos de cada cliente en un momento dado.

Los operadores tradicionales asistían a este fenómeno con una mezcla de esperanza y recelo ante los nuevos retos y posibilidades que el entorno de Internet les ofrecía. Eran conscientes de las posibilidades de negocio que aparecían y las intentaron aprovechar desde un primer momento, pero al mismo tiempo veían con recelo la posible canibalización que supondría para los servicios ya existentes, los cuales habían sido de su exclusiva propiedad, y la base fundamental de su negocio durante años.

Conforme Internet se ampliaba y su uso se normalizaba en gran parte de los entornos tanto empresariales como residenciales, aparecieron corrientes de opinión que apostaban por una solución común basada en las redes IP, que como ya se ha dicho es conocida como All-IP. Sin embargo, las soluciones IP tradicionales presentaban carencias importantes que las hacían poco adecuadas: estaban aún basadas en equipos con serias limitaciones en su capacidad, no existía una solución adecuada de calidad de servicio y los aspectos de seguridad estaban deficientemente tratados.

En este contexto es donde aparece y se desarrolla el concepto NGN, planteándose como la solución que permitirá llevar a cabo las propuestas del modelo All-IP de forma adecuada. Se presenta, por tanto, como una solución para la convergencia de las redes con interfaces de alta velocidad, con seguridad y calidad garantizadas y que facilita el despliegue de los servicios, tanto actuales como futuros. El objetivo fundamental para los operadores será optimizar las inversiones y asegurar unos rápidos retornos de las inversiones. La Figura 6-7 presenta de forma esquemática la relación existente entre el desarrollo de Internet y el concepto de NGN.



Figura 6-7 Influencia de internet en el desarrollo de concepto de NGN

El proceso de evolución

Tal y como se ha detallado anteriormente, el proceso de evolución ha sido largo y no siempre claro en sus objetivos finales. No obstante, aparece en la actualidad una tendencia clara hacia entornos convergentes basados en el modelo NGN. Conviene en este punto establecer una comparación entre los modelos de red clásica y NGN que ayude a entender las ventajas que el modelo NGN aporta. La Figura 6-8 presenta una descripción del proceso de evolución y simplificación del modelo de red resultante.

Previsiblemente el proceso de evolución se planteará en varias fases: comenzará por una evolución del núcleo de la red e irá extendiéndose de forma progresiva hacia el acceso. Este proceso responde a la conveniencia de mantener las soluciones existentes mientras se produce la evolución, asegurando de esta manera un proceso poco traumático. Este escenario de evolución se detalla en la Figura 6-9.

Conforme se extienda la implantación de la NGN hacia el acceso se podrá absorber la funcionalidad de las redes de acceso existentes, estando siempre sujeta a la discreción de cada operador de red y siguiendo las pautas particulares que hayan sido establecidas en cada caso. El

objetivo final dependerá de múltiples factores, como puede ser el tipo de operador (tradicional o nuevo entrante), la existencia de competencia real en el entorno, la necesidad de dar soluciones convergentes para distintas unidades de negocio, etc.

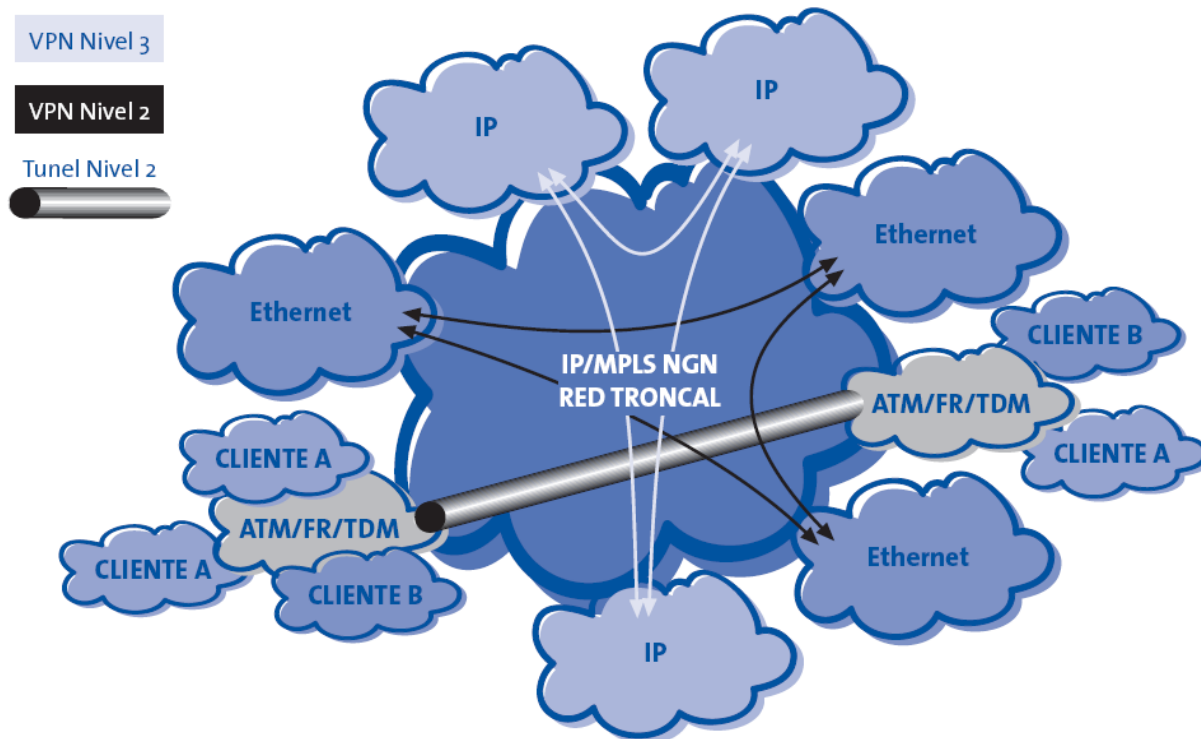


Figura 6-8 escenario de evolución

No se abundará más en este particular por ser prácticamente ilimitados los escenarios de evolución posibles.

6.2.5 Arquitectura de la Red NGN

A continuación estudiaremos la arquitectura de una red NGN. Se describirán las diferentes definiciones, pasando a continuación a enumerar los requisitos considerados como indispensables de la arquitectura y las piedras angulares del concepto. Termina con una ligera descripción de las tecnologías que reciben la denominación de habilitadoras dentro del concepto NGN.

Definición de NGN

- Para Telcordia, NGN es una red de transporte y conmutación a alta velocidad para servicios de voz, fax, datos y vídeo, realizados de forma integrada y usando una red basada en paquetes.
- Para ETSI y “NGN Starter Group”, NGN es un concepto para la definición y despliegue de redes, con una separación formal entre diferentes capas y planos con interfaces abiertos, que

ofrece a los proveedores de servicios una plataforma sobre la que sea posible evolucionar paso a paso para crear, desplegar y gestionar servicios innovadores.

- Para Vint Cerf, participante en el proyecto original ARPANET (*Advanced Research Projects Agency Network*) que devendría en la actual red IP, NGN es, como cualquier otra idea sobre arquitectura de redes, un proceso evolutivo, que tal vez estará salpicado de alguna sorpresa.

- Las NGNs se caracterizan por un número de capacidades y propiedades consideradas necesarias y deseables para las redes de banda ancha, multimedia y multiservicio.

- NGN es una red funcional multiservicio, basada en tecnología IP, producto de la evolución de las actuales redes IP, con la posibilidad de ofrecer servicios diferenciados y acordes a la calidad de servicio demandada por las aplicaciones de cliente.

- Algunos fabricantes de equipos definen a NGN como una red única y abierta, de paquetes, basada en estándares, capaz de soportar un gran número de aplicaciones y servicios, con la escalabilidad necesaria para afrontar las futuras demandas de tráfico IP y con la flexibilidad adecuada para responder rápidamente a las exigencias del mercado.

A pesar de todas las definiciones vistas hasta ahora, es posible establecer, al menos conceptualmente, una definición única del modelo de red NGN que aglutine todas ellas y que pueda asemejarse a una caja negra transparente a los servicios, tal y como se refleja en la Figura 6-9

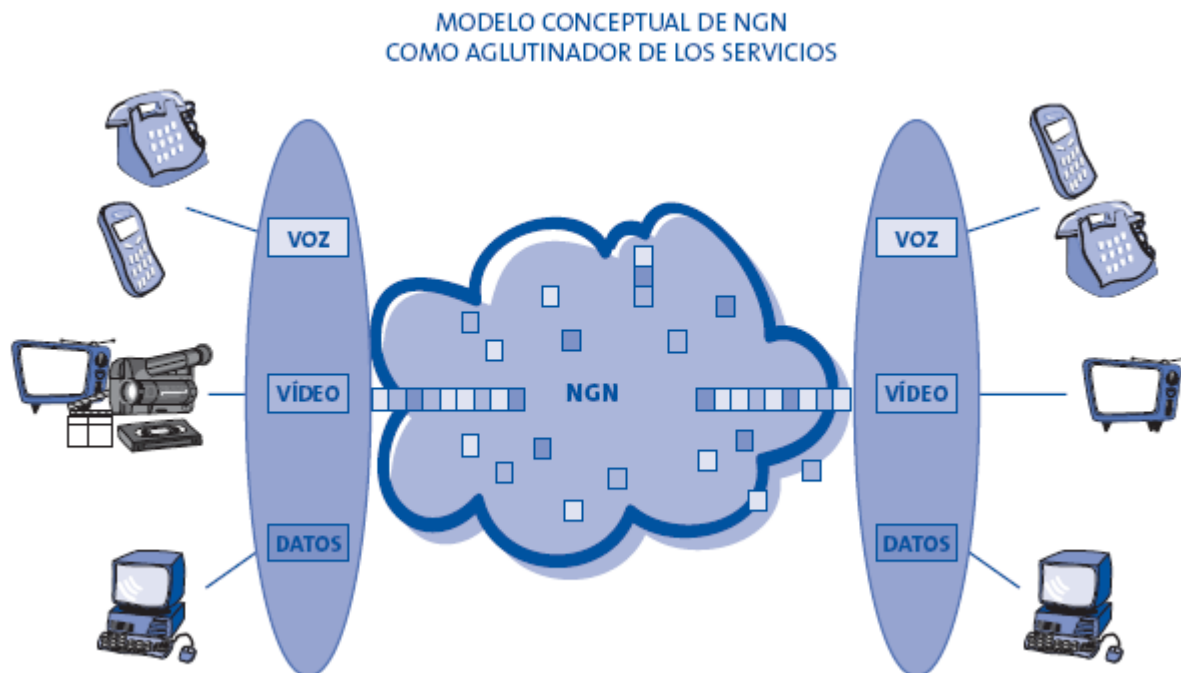


Figura 6-9 Modelo conceptual de NGN

Partiendo del enfoque de caja negra que se ha dado al concepto de NGN, es importante definir claramente los requisitos de diseño para esta red de forma que se asegure un soporte adecuado de los servicios, tanto para los actualmente disponibles como para los que puedan aparecer en un futuro.

Las características fundamentales a tener en cuenta en una red NGN son las siguientes:

- La convergencia de los servicios de voz (suministrados en red fija y móvil), vídeo y datos se hará sobre la misma infraestructura de red.
- La infraestructura de transporte y comunicación debe ser de datos.
- La red de conmutación de paquetes (datagramas) debe ser IPv4/IPv6.

Tendrá soporte de MPLS (*MultiProtocol Label Switch*) para servicios de ingeniería de tráfico (TE), redes privadas (VPN), etc.

- Dispondrá de soporte de políticas de Calidad de Servicio (QoS). Para el caso de los servicios de voz, el nivel de calidad deberá ser al menos como la existente en la red clásica.
- Dispondrá de soporte nativo de *Multicast*.
- Dispondrá de alta escalabilidad, disponibilidad, fiabilidad, seguridad y capilaridad.

Las piedras angulares del concepto NGN

Los elementos indispensables con que debe contar toda implementación de red que pretenda ser considerada como una NGN son los siguientes:

- Los sistemas de transmisión serán de última generación y basados en tecnologías ópticas WDM (*Wavelength Division Multiplexing*).
- Los elementos de conmutación serán de tipo *Gigabit Switch-Router* (GSR) o *Terabit Switch-Router* (TSR), conformando una red IPv4/IPv6 con soporte de MPLS.
- Se dispondrá de una política de calidad de servicio (QoS) efectiva y totalmente operativa.
- Se dispondrá de una política de seguridad tanto a nivel de red como de cliente.
- Se desarrollará una estructura de red escalable que permita evoluciones futuras de forma gradual.
- Se incorporarán técnicas eficaces, en el entorno de equipo y sistema, que aseguren unas medidas de fiabilidad y disponibilidad adecuadas.

Tecnologías habilitadoras

En este apartado se describen de una forma mas detallada aquellos aspectos y tecnologías que han sido considerados como imprescindibles en el modelo NGN, como son la calidad de

servicio, el estándar MPLS, el *multicast*, la fiabilidad y disponibilidad, y, para entornos móviles, el protocolo IPv6.

Calidad de servicio

La disponibilidad de una política de calidad de servicio para un Operador de Red es una necesidad inexcusable que debe ser abordada con un enfoque global para el conjunto de los recursos de red de dicho operador. Sólo así podrá asegurarse un modelo de negocio basado en la diferenciación de niveles de servicio y clientes, que permita dar respuesta a las demandas de los potenciales clientes y que trate, finalmente, de forma adecuada las siempre previsibles e inevitables situaciones de congestión de los recursos de red.

La realización práctica de la política de calidad dependerá de la estrategia de cada operador en particular (soluciones basadas en redes independientes, reserva de recursos a nivel físico, compartición de recursos con tratamiento diferencial, etc.). No obstante, en entornos NGN, en los que la convergencia es en sí misma un fin, la disponibilidad de soluciones que aseguren la calidad de servicio en la red es, a todas luces, un requisito básico del diseño. La Figura 6-10 muestra de forma gráfica el efecto que produce el tratamiento diferenciado del tráfico en una red con soporte de mecanismos de calidad de servicio (QoS).

En la actualidad existen varias alternativas que intentan abordar el problema de la calidad de servicio en redes IP. De entre todas las posibles alternativas, parecen tomar fuerza las soluciones basadas en el estándar del IETF DiffServ (*Differentiated Services* –RFC2474, RFC2475 y otros). De cualquier forma, cualquier solución deberá incluir, como mínimo, las siguientes funciones básicas:

- Dispondrá de jerarquización del tráfico. Se integrarán las funciones de agregación y clasificación de flujos en distintas clases de tráfico y la marcación de prioridades.
- Dispondrá de un control del tráfico inyectado en la red. Se incluirán las funciones de monitorización y control del tráfico en la interfaz de cliente. Además, tanto el conformado del tráfico que aparece en ráfagas como la limitación efectiva de la tasa de entrada a la red se realizarán de acuerdo al contrato del cliente.
- Existirá un acuerdo de nivel de servicio entre cliente y operador.

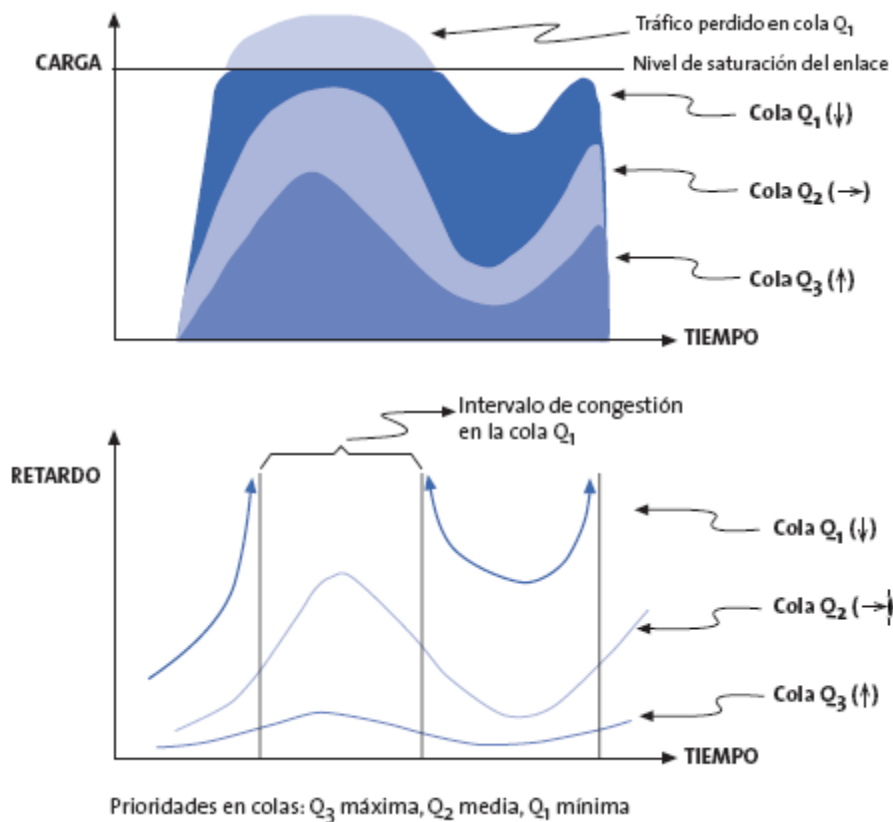


Figura 6-10 Efectos de trafico en un modelo de red con QoS

El estándar MPLS

MPLS (MultiProtocol Label Switch) tiene sus orígenes en el entorno de las redes ATM, aunque con posterioridad evolucionó tratando de dar respuesta a los problemas inherentes a las redes IP que estaban presentes en esos momentos, como, por ejemplo, la velocidad de conmutación de los equipos de red. La evolución tecnológica ha hecho que algunas de las soluciones que se pretendían dar con MPLS no resulten necesarias actualmente. Tal es el caso de los equipos de última generación de conmutación nativa IP, que son capaces de conmutar cualquier trama IP a velocidad de línea (inicialmente uno de los argumentos de mayor peso en el desarrollo de MPLS fue permitir mayores velocidades de conmutación).

No obstante, han aparecido nuevas aplicaciones para las que MPLS aporta soluciones adecuadas, tanto desde el punto de vista técnico como económico.

Las principales aplicaciones que tiene MPLS actualmente son:

- Los servicios de Red Privada Virtual (VPN), tanto de nivel 2 como de nivel 3.
- Los servicios de transporte transparente para redes tradicionales como TDM (*Time Division Multiplexing*), FR (Frame Relay) y ATM.
- El soporte a ingeniería de tráfico para las redes IP.

- El soporte de fiabilidad para los servicios de cliente final.

Multicast

Ya se ha adelantado la gran importancia que, para los entornos NGN, tiene el disponer de soporte nativo de técnicas *multicast*.

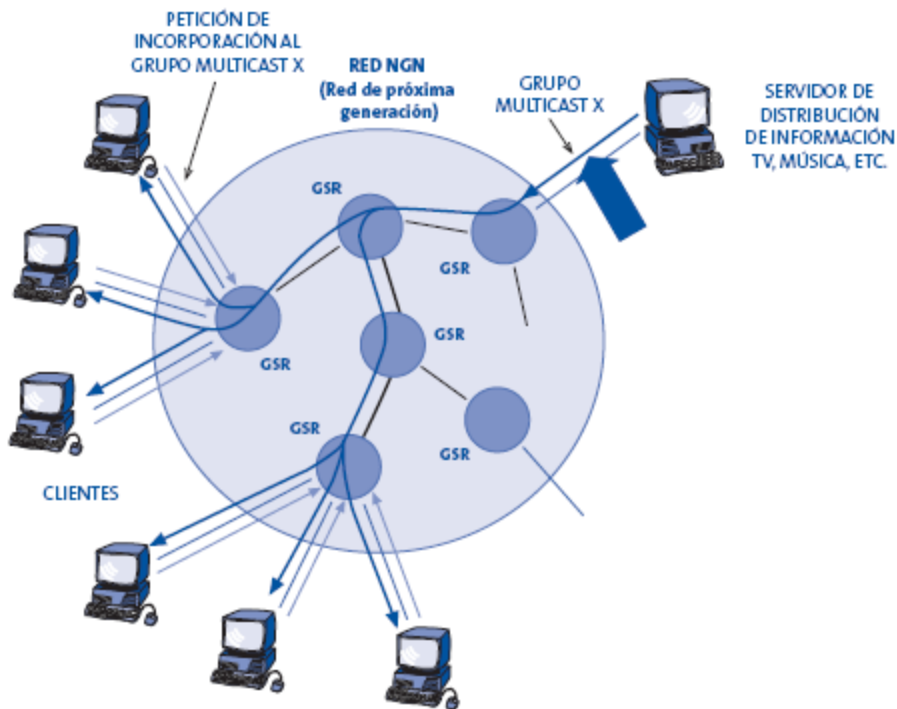


Figura 6-11 Distribución de contenido basado en Multicast

El direccionamiento *multicast* permite llevar a cabo la distribución de contenidos de una forma eficiente y controlada, evitando los costes añadidos de soluciones alternativas, como las redes de distribución de contenidos (CDN), así como la siempre comprometida seguridad de las redes *broadcast*. El principio de funcionamiento es sencillo: los contenidos son enviados sólo a quien los solicita, siempre y cuando esté autorizado a recibirlos, y la replicación de contenidos se produce en la propia red sin afectar a la fuente ni al destino de los mismos. En la Figura 6-11 se representan gráficamente estos conceptos.

Las ventajas aportadas por el uso de las técnicas multicast son fundamentalmente:

- La optimización del uso de los recursos de red. El consumo de ancho de banda se concentra en la periferia de la red, y se optimiza en el troncal haciéndolo prácticamente independiente del número de clientes.

- Las necesidades de capacidad de proceso del servidor de información, que son pequeñas y, en todo caso, totalmente independientes del número de clientes de los contenidos. La capacidad de los servidores se determinará por el número de contenidos distintos que sirvan y no por el de clientes de dichos contenidos.
- La posibilidad de incorporar mecanismos de fiabilidad y reparto de carga en los servidores de contenidos.
- La posibilidad de realizar la provisión de los servicios de manera más sencilla, barata y escalable, que la realizada por las soluciones tradicionales basadas en redes CDN.

Fiabilidad y disponibilidad

Tradicionalmente el nivel de fiabilidad y disponibilidad de las redes de conmutación de circuitos, sobre las que se soporta el servicio de voz actualmente, ha sido muy elevado. Los clientes de los servicios de voz se han acostumbrado, a lo largo de los años, a unos niveles de fiabilidad y disponibilidad muy altos y, en consecuencia, han desarrollado un grado de exigencia alto para el servicio de voz.

Las soluciones convergentes se basan en el uso de redes de datos sobre las que se soportarán todos los servicios actuales y los futuros, incluyendo la voz.

Será por tanto de vital importancia asegurar unas cotas de fiabilidad y disponibilidad para estas redes, cuanto menos, similares a las disponibles en la red de voz tradicional.

Las posibles soluciones serán de nuevo variadas y dependientes de los criterios particulares de cada operador: soluciones basadas en la duplicidad de los elementos de red, en la fiabilidad implícita de dichos elementos, en soluciones a nivel de sistema, etc. Sin embargo, debe quedar clara la necesidad básica de incorporar aquellas medidas que aseguren un grado de cumplimiento adecuado en la red del operador.

En la Figura 6-12 se presentan algunas de las alternativas de que dispone el operador para incrementar la fiabilidad y disponibilidad de la red. En cada caso se debe realizar un estudio minucioso de las alternativas disponibles para encontrar la solución adecuada, ya sea ésta el uso de redundancias, doble plano, etc.

Posiblemente el mejor enfoque sea el de usar cada técnica (la duplicidad de equipos, el uso de equipos especiales de alta fiabilidad, el empleo de soluciones de sistema, etc.) donde mejor se pueda aprovechar, dando lugar a una solución mixta adaptada a las necesidades particulares de cada caso concreto.

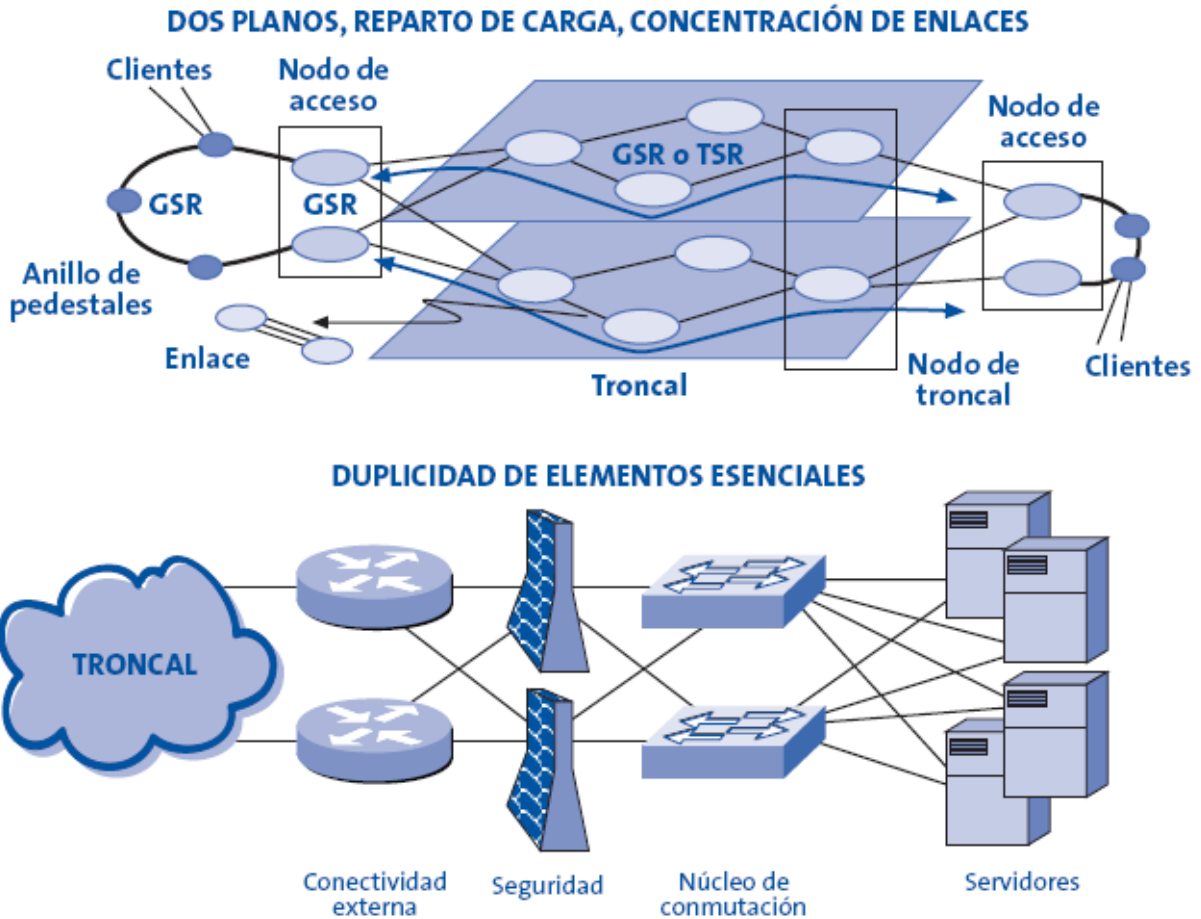


Figura 6-12 Soluciones de fiabilidad y disponibilidad en red

El protocolo IPv6

El caso del desarrollo del protocolo IPv6 es, en cierta medida, similar al descrito previamente para el estándar MPLS. Inicialmente el desarrollo se pensó para que resolviera aquellas carencias fundamentales detectadas en IPv4. Sin embargo, en paralelo al desarrollo de IPv6, se produjo un proceso de adaptación y ampliación de IPv4 que dio respuesta a gran parte de las carencias detectadas. No obstante, IPv6 presenta aún una ventaja fundamental que le hace especialmente atractivo en entornos móviles 3GPP: el incremento prácticamente ilimitado del número de direcciones disponibles. Esta característica asegura por sí sola un uso extensivo de IPv6 en los entornos móviles de la llamada 3ª generación en los que cada terminal puede conectarse a una red IP.

6.2.6 Consideraciones finales sobre la utilización de la red NGN

Se puede afirmar que el proceso de evolución hacia entornos All-IP es general en todo el sector de las telecomunicaciones, tanto fijas como móviles. Se observa asimismo que es posible, desde el punto de vista tecnológico, establecer infraestructuras comunes para ambos entornos. No

obstante, el grado de convergencia final alcanzada entre ambos no dependerá únicamente de aspectos tecnológicos, por lo que es difícil establecer una solución universal.

Tal y como ha quedado claro en la descripción realizada a lo largo del capítulo, el concepto NGN no debe confundirse con el modelo All-IP. La realización de un modelo All-IP puede o no basarse en los conceptos de NGN, aunque si lo que se desea es alcanzar una solución realmente válida a medio-largo plazo, es necesario que el desarrollo de cualquier tipo de red esté basado en dichos conceptos.

Asimismo, conviene tener presente la disparidad de enfoques que se han presentado en la realización práctica del concepto NGN. A lo largo de este capítulo se han expuesto de forma clara las diferencias existentes entre los mundos de Internet y el de los operadores de servicios de voz, aunque siempre será posible alcanzar un compromiso que permita el desarrollo del concepto de NGN en entornos reales.

Se han presentado también una serie de mecanismos y tecnologías que, aplicados de una forma adecuada, permiten el desarrollo del concepto NGN con aquellos elementos disponibles comercialmente en el momento actual. Será, por tanto, la voluntad del operador de red la que determine la forma realizar el desarrollo e implantación de las redes basadas en el concepto NGN, así como el ritmo para llevar a cabo el proceso de evolución.

Finalmente, conviene recordar en este punto la necesidad de realizar un enfoque global a toda solución de red que aspire a ser la base común sobre la que se desplieguen los servicios, tanto actuales como futuros. Es posible que dicho enfoque sea visto por algunos como excesivamente ambicioso, pero no cabe duda de que sólo así se podrá alcanzar una solución realmente válida a medio y largo plazo.

6.3 Preguntas de Control

1. Defina el concepto de red inteligente
2. ¿A qué se debe el surgimiento de la red inteligente?
3. ¿Cuáles son los elementos que constituyen una red inteligente? Explique cada uno de ellos brevemente.
4. ¿Cuáles son las ventajas de la red inteligente?
5. ¿Cuáles son los servicios que brinda una red inteligente?
6. ¿Qué es NGN?
7. ¿Cómo han evolucionado las redes hacia el concepto de NGN?
8. ¿Cómo influenció el internet en el desarrollo de NGN?
9. ¿Cómo ha sido el proceso de evolución de NGN?
10. ¿Explique cómo está formada la arquitectura de NGN?
11. Realice un diagrama del modelo conceptual de NGN.
12. ¿Cuáles son las piedras angulares de NGN?

Abreviaturas

ID	Acrónimo	Descripción
i.	RDSI	Red Digital de Servicios Integrados
ii.	xDSL	Digital Subscriber Line (Linea de abonado digital)
iii.	DTMF	Dual-Tone Multi-Frequency (Tonos de Multifrecuencia)
iv.	PSTN	Public switching telecommunications network (Red Telefónica Publica Conmutada)
v.	RTC	Red Telefónica Conmutada
vi.	RTB	Red Telefónica Básica
vii.	DID	Direct Inward Dial (marcación Directa Entrante)
viii.	Centrex	Central Office Exchange Service (Oficina central de servicio de intercambio)
ix.	PBX	Private Branch Exchange (Central Telefónica privada)
x.	IP	Internet Protocolo (Protocolo de Internet)
xi.	VoIP	Voz sobre protocolo de Internet
xii.	SIP	Session Initiation Protocol (Protocolo de inicio de sesion)
xiii.	IVR	Interactive Voice Response (Respuesta de voz interactiva)
xiv.	DECT	<i>Digital Enhanced Cordless Telecommunications</i> , Telecomunicaciones Inalámbricas Mejoradas Digitalmente
xv.	CTI	(Computer Telephony Integration) es una solución tecnológica que integra la informática con la telefonía y el Internet.
xvi.	UIT-T	Unión Internacional de Telecomunicaciones (También conocida por su acrónimo en inglés ITU)
xvii.	QoS	Quality of service (Calidad de Servicio)
xviii.	MIC	Modulación por Impulsos Codificados
xix.	PCM	Pulse Code Modulation
xx.	Fm	Frecuencia de Muestreo
xxi.	MIA	Modulación de Impulsos en Amplitud
xxii.	PAM	Pulse Amplitud Modulation
xxiii.	FDM	Frequency-division multiplexing (Multiplexación por división en frecuencia)
xxiv.	TDM	Time-division multiplexing (Multiplexación por división en el tiempo)

xxv.	CCITT	<i>Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico</i>
xxvi.	FAS	Frame Alignment Signal (señal de alineamiento de trama)
xxvii.	NFAS	Not Frame Alignment Signal (sin señalización de trama)
xxviii.	SDH	Synchronous Digital Hierarchy (jerarquía digital síncrona)
xxix.	SONET	Synchronous Optical Network (Red óptica síncrona)
xxx.	STM	Synchronous Transport Module (Modulo de transporte sincrono)
xxxi.	ATM	Asynchronous Transfer Mode (Modo de Transferencia Asíncrona)
xxxii.	CAS	Channel Associated Signaling (Señalización por canal común)
xxxiii.	CCS	Common channel signal (señalización de canal común)
xxiv.	SS7	Signalling System 7 (Sistema de señalización numero7)
xxxv.	ILA	Interfaz de Línea de Abonado
xxvi.	TIM	Tono de Invitación a Marcar
xxvii.	TS	Telecommunication Standard (Estándar de telecomunicaciones)
xxviii.	SP	Signalling Point (Punto de señalización)
xxix.	SL	Signalling Link (Enlace de señalización)
xl.	SPC	Signalling Point Code (Código del Punto de Señalización)
xli.	ST	Signalling Terminal (Terminal de Señalización)
xlii.	MSU	Message Signal Unit (Unidad de señalización de Mensajes)
xliii.	LS	Link set (Set de enlaces)
xliv.	SSP	Signal Switching Point (Punto de conmutación de la señal)
xlv.	STP	Signal Transfer Point (Punto de transferencia de señal)
xlvi.	SCP	Signal Control Point (Punto de control de la señal)
xlvii.	OSI	Open System Interconnection (Interconexión de Sistemas Abiertos)
xlviii.	MTP	Message transfer part (Parte de transferencia de mensaje)
xlix.	MSU	Message signaling unit (Unidad de señalización de mensajes)
l.	LSSU	Link Status Signal Unit (Unidad de señalización de estado de enlace)
li.	FISU	Fill In Signal Unit (Unidad de señalización de relleno)
lii.	LI	Long indicator (Indicador de longitud)
liii.	SIO	Service Information Octet (Octeto de información de servicio)
liv.	FSN	Forward Sequence Number (número de secuencia de ida)
lv.	BSN	Backward Sequence Number (número de secuencia inversa)
lvi.	FIB	Forward Indicator Bit (Bit indicador directo)
lvii.	BIB	Backward Indicator Bit (Bit indicador inverso)

Iviii.	SIF	Signal Information Field (Campo de Información de Señalización)
lix.	CRC	Chequeo de redundancia ciclica
lx.	ISUP	Integrate Service User Parte (Parte de usuario de servicios integrados)
lxi.	TCAP	Transaction Capabilities Application Part (parte de aplicaciones de capacidad de transacción)

Bibliografía

- Ospina Montoya, A. (29 de Julio de 2008). *Entre Pares*. Recuperado el 4 de Diciembre de 2010, de <http://www.entrepares.com/ospina/files/465/1494/109%2520Sistema%2520senalizacion%2520telefonica.pdf>
- wikipedia. (2 de Diciembre de 2010). Recuperado el 14 de Diciembre de 2010, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Tel%C3%A9fono>
- ADIESTRIANA. (Abril de 2008). *Administracionn de Sistemas de IES Triana*. Recuperado el 9 de Julio de 2011, de <http://asiestriana.files.wordpress.com/2006/10/codificacionbandabase.pdf>
- Alvarez Valle, J., & Carcia Gonzales, V. (s.f.). *Garcia Gonzales*. Recuperado el 22 de Julio de 2011, de <http://www.victorgarcia.org/files/PLC-v2.0RC.pdf>
- Berrocal, J., Vazquez, E., Gonzales, F., Alvarez-Campana, M., Vinyes, J., Medinabeitia, G., y otros. (2003). *Redes de Acceso de Banda Ancha*. España: Ministerio de ciencias y Tecnología.
- Buenastareas. (s.f.). *Buenas Tareas.com*. Recuperado el 24 de Marzo de 2011, de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Planta-Externa-Telefonica/1362863.html>
- Chiesa, L., & Manterola, M. (Febrero de 2007). *Marga*. Recuperado el 11 de Julio de 2010, de <http://www.marga.com.ar/~marga/6677/tp4/tp4-pbx.pdf>
- Clarcac Consulting S.A.L., . (2009). *Clarcac*. Recuperado el 16 de Enero de 2011, de <http://www.clarcac.com/es/productos/asterisk>
- Cordoba, F. (s.f.). *Imaginar*. Recuperado el 17 de Julio de 2011, de http://www.imaginar.org/iicd/tus_archivos/TUS6/2_tecnologia.pdf

- Custodio Cadena, C. E. (6 de Agosto de 2005). *Multimania*. Recuperado el 20 de Octubre de 2010, de <http://usuarios.multimania.es/cecustodioc/redes/pbx.html>
- Debugmodeon. (2009). Recuperado el 18 de Julio de 2011, de <http://es.debugmodeon.com/articulo/redes-opticas-pasivas-pon>
- Escuela Tecnica Superior de Ingenieria. (2009). *Escuela Tecnica Superior de Ingenieria*. Recuperado el 30 de Junio de 2011, de http://www.dea.icaei.upco.es/sadot/Comunicaciones/avanzadas/PLC_MariaSaiz.pdf
- Freeman, R. L. (1999). *Fundamentals of Telecommunications*. New York • Chichester • Weinheim • Brisbane • Singapore • Toronto: John Wiley & Sons, Inc.
- Fusario, A. R.-R. (1999). *Teleinformatica para Ingenieros en sistemas de informacion* (segunda ed., Vol. 2). Barcelona, España: McGraw-Hill/interamericana de España, S.A.
- galeon.com. (julio de 2005). *hispavista*. Recuperado el 20 de agosto de 2010, de <http://galeon.com/claucomunicaciones/DOCUMENTOS/Central.pdf>
- GRUPI ICE. (s.f.). *Instituto tecnologico superior de Calkini, en el estado de Campeche*. Recuperado el 13 de 01 de 2011, de <https://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r43390.PDF>
- IesMachado. (s.f.). *iesmachado*. Recuperado el 19 de 01 de 2011, de <http://iesmachado.org/web%20insti/depart/electr/apuntes/files/sti/diurno/curso1/telefonía/Tema%202%20La%20red%20telefonica%20conmutada.pdf>
- Instituto Tecnológico de Merida. (Enero de 2009). *ITMERIDA*. Recuperado el 27 de Julio de 2011, de ftp://ftp.itmerida.mx/GMezquita/Teoria_de_las_Telecomunicaciones/Sem_20081_Ene_Jun_2008/Unidad_2/Cap%EDtulo%202_T%E9cnicas%20de%20modulaci%F3n.pdf
- INTERABS. (s.f.). Recuperado el 20 de Julio de 2011, de <http://interabs.net/PDFs/GEPON.pdf>
- Internet y Comunicaciones S.A. (2008). *Cyber Voip*. Recuperado el 10 de Febrero de 2011, de <http://www.cybervoip.com.ar/manual.htm>
- Joskowicz, I. J. (16 de Octubre de 2008). *Instituto de Ingenieria Electrica*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2010, de <http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/redcorp/material/2006/Historia%20de%20las%20Telecomunicaciones%202006.pdf>
- Marga.com.ar. (23 de Mayo de 2007). *MArga*. Recuperado el 05 de Febrero de 2011, de <http://www.marga.com.ar/~marga/6677/tp4/tp4-pbx.pdf>
- Mendez Esquivel, .. (2005). *Inbound para enlaces PSTN con VoIP*. Puebla, Mexico: Tesis Licenciatura. Ingenieria en Electronica y Comunicaciones. Universidad de las Americas Puebla.

- Mendez Esquivel, C. (12 de Mayo de 2005). *Universidad de las Americas Puebla*. Recuperado el 18 de Enero de 2011, de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/mendez_e_c/capitulo1.pdf
- Network World. (01 de Abril de 2003). *Network World*. Recuperado el 18 de Enero de 2011, de http://www.networkworld.es/Panasonic_PBX-IP-hibridas/seccion-/articulo-147510
- Ospina Montoya, A. (29 de Julio de 2008). *Entre Pares pptx*. Recuperado el 20 de Enero de 2011, de http://www.entrepares.com/ospina/files/465/1620/Plan_de_Numeraci%C3%B3n.pptx
- PBX virtual. (2007). *PBX virtual*. Recuperado el 11 de Julio de 2010, de <http://pbxvirtual.co.cr/docs/presentacion-PBXVirtual.pdf>
- Pores, M., & Pores, M. (2010). *Informatica Hoy*. Recuperado el 15 de Enero de 2011, de <http://www.informatica-hoy.com.ar/voz-ip-voip/Que-son-los-programas-softphone.php>
- Quarea Voz Datos IP. (s.f.). *Quarea*. Recuperado el 20 de Febrero de 2011, de http://www.quarea.com/es/centralitas_ip_asterisk/funciones_basicas
- Rincon del vago. (s.f.). *Rincon del Vago*. Recuperado el 10 de Enero de 2010, de http://html.rincondelvago.com/redes-telefonicas_1.html
- Santander Olivero, G. (s.f.). *Universidad de Cauca*. Recuperado el 07 de Febrero de 2011, de http://artemisa.unicauca.edu.co/~solivero/redesint/intro_arquitect.htm
- Servicios de Formacion de Telefonía de España S.A.U. (2000). *FUNDAMENTOS BASICOS DE LAS TELECOMUNICACIONES*. Madrid.
- Sidhu, M., & Sidhu, S. (Mayo de 2000). *efymagonline*. Recuperado el 01 de Febrero de 2011, de <http://www.efymagonline.com/pdf/intelgnt.pdf>
- SISTECSOFT COMPUTADROAS, SRL. (17 de Agosto de 2008). *Punchador.com*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2010, de http://www.punchador.com/index.php?option=com_content&view=article&id=52&Itemid=72
- Stallings, W. (2000). *Comunicaciones y Redes de Computadores* (6° ed.). Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Telefonia, Fenie. (s.f.). *Curso de Telecomunicaciones*. Obtenido de <http://www.megaupload.com/?d=N8AZBAA1>
- Universidad de CAUCA. (s.f.). *Universidad de Cauca*. Recuperado el 14 de Junio de 2011, de <ftp://jano.unicauca.edu.co/cursos/cx/Cx/Simplemente%20SS7.doc>
- Universidad de Zaragoza. (s.f.). *UNIZAR*. Recuperado el 03 de Enero de 2011, de <http://www.unizar.es/indotec/ARQredes/teach/ARQunit3.pdf>

- Universidad Jesuita en Guadalajara. (15 de Marzo de 2002). *ITESO*. Recuperado el 12 de Julio de 2011, de http://www.google.com.ni/url?sa=t&source=web&cd=2&ved=0CB0QFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.desi.iteso.mx%2Ftelecom%2Fsiscom%2Fapuntos%2Fcentrales_telefonicas.ppt&ei=0E8cTruqJq610AHMr5W-Bw&usg=AFQjCNF8DE6csKytusvbbLIufnNtWxDIHA
- Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Ciencias Exactas y Agrimensura, Ingeniería Electrónica. (s.f.). Recuperado el 03 de Febrero de 2011, de <http://www.fceia.unr.edu.ar>
- Wikipedia. (13 de Septiembre de 2009). *Wikipedia la Enciclopedia Libre*. Recuperado el 12 de Julio de 2011, de http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADnea_troncal
- Wikipedia. (8 de Junio de 2010). *Wikipedia La enciclopedia libre*. Recuperado el 11 de Julio de 2010, de <http://es.wikipedia.org/wiki/PBX>
- Wikipedia. (05 de Abril de 2011). *wikipedia*. Recuperado el 05 de Abril de 2011, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Softphone>
- Zator Systems*. (s.f.). Recuperado el Enero de 2011, de www.zator.com/Internet/X_Ap_J.htm
- Zuluaga A. , W., & Agudelo V, G. (s.f.). *Universidad de Antioquia*. Recuperado el 2 de Febrero de 2011, de http://ingenieria.udea.edu.co/CURSOS/IEO-614/Com_Senal.ppt

-
- ⁱ RDSI- Red Digital de Servicios Integrados
 - ⁱⁱ xDSL- Digital Subscriber Line (Línea de abonado digital)
 - ⁱⁱⁱ DTMF- Dual-Tone Multi-Frequency (Tonos de Multifrecuencia)
 - ^{iv} PSTN- Public switching telecommunications network (Red Telefónica Pública Conmutada)
 - ^v RTC- Red Telefónica Conmutada
 - ^{vi} RTB- Red Telefónica Básica
 - ^{vii} IP- Internet Protocolo (Protocolo de Internet)
 - ^{viii} VoIP- Voz sobre protocolo de Internet
 - ^{ix} SIP- Session Initiation Protocol (Protocolo de inicio de sesión)
 - ^x IVR- Interactive Voice Response (Respuesta de voz interactiva)
 - ^{xi} DECT- *Digital Enhanced Cordless Telecommunications*, Telecomunicaciones Inalámbricas Mejoradas Digitalmente
 - ^{xii} CTI- (Computer Telephony Integration) es una solución tecnológica que integra la informática con la telefonía y el Internet.
 - ^{xiii} DID- Direct Inward Dial (marcación Directa Entrante)
 - ^{xiv} Centrex- Central Office Exchange Service (Oficina central de servicio de intercambio)
 - ^{xv} PBX- Private Branch Exchange (Central Telefónica privada)
 - ^{xvi} UIT-T Unión Internacional de Telecomunicaciones (También conocida por su acrónimo en inglés ITU)
 - ^{xvii} QoS- Quality of service (Calidad de Servicio)
 - ^{xviii} MIC- Modulación por Impulsos Codificados
 - ^{xix} PCM- Pulse Code Modulation
 - ^{xx} F_m - Frecuencia de Muestreo
 - ^{xxi} MIA- Modulación de Impulsos en Amplitud
 - ^{xxii} PAM- Pulse Amplitud Modulation
 - ^{xxiii} FDM- Frequency-division multiplexing (Multiplexación por división en frecuencia)
 - ^{xxiv} TDM- Time-division multiplexing (Multiplexación por división en el tiempo)
 - ^{xxv} CCITT- *Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico*
 - ^{xxvi} FAS- Frame Alignment Signal (señal de alineamiento de trama)
 - ^{xxvii} NFAS- Not Frame Alignment Signal (sin señalización de trama)
 - ^{xxviii} SDH- Synchronous Digital Hierarchy (jerarquía digital síncrona)
 - ^{xxix} SONET - Synchronous Optical Network (Red óptica síncrona)
 - ^{xxx} STM - Synchronous Transport Module (Módulo de transporte síncrono)
 - ^{xxxi} ATM - Asynchronous Transfer Mode (Modo de Transferencia Asíncrona)
 - ^{xxxii} CAS - Channel Associated Signaling (Señalización por canal común)
 - ^{xxxiii} CCS - common channel signal (señalización de canal común)
 - ^{xxxiv} SS7- Signalling System 7 (Sistema de señalización número 7)
 - ^{xxxv} ILA- Interfaz de Línea de Abonado
 - ^{xxxvi} TIM- Tono de Invitación a Marcar
 - ^{xxxvii} TS- Telecommunication Standard (Estándar de telecomunicaciones)
 - ^{xxxviii} SP- Signalling Point (Punto de señalización)
 - ^{xxxix} SL- Signalling Link (Enlace de señalización)
 - ^{xl} SPC- Signalling Point Code (Código del Punto de Señalización)
 - ^{xli} ST- Signalling Terminal (Terminal de Señalización)
 - ^{xlii} MSU – Message Signal Unit (Unidad de señalización de Mensajes)
 - ^{xliii} LS – Link set (Set de enlaces)
 - ^{xliv} SSP- Signal Switching Point (Punto de conmutación de la señal)
 - ^{xlv} STP- Signal Transfer Point (Punto de transferencia de señal)
 - ^{xlvi} SCP- Signal Control Point (Punto de control de la señal)
 - ^{xlvii} OSI- Open System Interconnection (Interconexión de Sistemas Abiertos)
 - ^{xlviii} MTP - Message transfer part (Parte de transferencia de mensaje)
 - ^{xlix} MSU – Message signaling unit (Unidad de señalización de mensajes)
 - ^l LSSU – Link Status Signal Unit (Unidad de señalización de estado de enlace)
 - ^{li} FISU – Fill In Signal Unit (Unidad de señalización de relleno)

-
- ^{lii} LI - long indicator (Indicador de longitud)
 - ^{liii} SIO – Service Information Octet (Octeto de información de servicio)
 - ^{liv} FSN - Forward Sequence Number (número de secuencia de ida)
 - ^{lv} BSN - Backward Sequence Number (número de secuencia inversa)
 - ^{lvi} FIB - Forward Indicator Bit (Bit indicador directo)
 - ^{lvii} BIB - Backward Indicator Bit (Bit indicador inverso)
 - ^{lviii} SIF – Signal Information Field (Campo de Información de Señalización)
 - ^{lix} CRC – chequeo de redundancia ciclica
 - ^{lx} ISUP – Integrate Service User Parte (Parte de usuario de servicios integrados)
 - ^{lxi} TCAP – Transaction Capabilities Application Part (parte de aplicaciones de capacidad de transacción)