

La Internet del Futur

Anàlisi retrospectiva, reflexió i
posicionament estratègic



Versió 0.16
Juliol de 2008

Índex

1	Introducció	4
1.1	Visió retrospectiva i actual de la Internet	5
1.1.1	De la xarxa de xarxes experimental a la gran xarxa econòmica.....	6
1.2	La Internet actual	9
1.2.1	La xarxa ubiqua.....	9
1.2.2	La xarxa dels mèdia	11
1.2.3	La xarxa social.....	12
1.2.4	La Internet dels objectes i de la natura	13
1.3	La Internet del Futur	13
1.3.1	De nou la Internet de la recerca i la innovació.....	14
1.4	Referències.....	15
2	Aspectes Tecnològics	16
2.1	La Internet i la societat del coneixement.....	16
2.1.1	Característiques bàsiques de la Internet.....	18
2.1.2	Una Internet per a tothom: el futur de la Internet	19
2.1.3	Una Internet de tothom	25
2.1.4	Quines tecnologies exigirà aquesta Internet per a tothom?	27
2.1.5	Referències.....	28
2.2	Internet i Models de Negoci.....	29
2.2.1	Visió de la situació dels models de negoci a la Futura Internet	30
2.2.2	Referències.....	32
2.3	Internet i els Mèdia	33
2.3.1	Problemes de l'Actual Internet respecte a la xarxa i la mèdia.....	34
2.3.2	Necessitats de la Futura Internet respecte la xarxa i la mèdia	36
2.3.3	Nova capa de mèdia (CM)	38
2.3.4	Referències.....	41
2.4	Internet i Ubiquitat.....	42
2.4.1	Nous reptes	43
2.4.2	Serveis	47
2.4.3	Arquitectura	49
2.4.4	Els protocols	49
2.4.5	Referències.....	50
2.5	L'arquitectura de protocols d'Internet.....	51
2.5.1	Principis bàsics del disseny de l'arquitectura d'Internet.....	51
2.5.2	Situació actual	53
2.5.3	Aspectes tècnics dels problemes actuals	54
2.5.4	Requeriments de la nova arquitectura de xarxa	59
2.5.5	Algunes àrees de recerca en l'arquitectura de la xarxa	60
2.5.6	Referències.....	62
2.6	Internet i les xarxes de transport i accés.....	63
2.6.1	Estat de l'art i futur immediat	63
2.6.2	Visió de la Futura Internet.....	70
2.6.3	Referències.....	76
3	Conclusions	77

Taula de Figures

Fig. 1 - Evolució del nombre d'usuaris d'Internet	8
Fig. 2 - Mapa de principals tecnologies d'accés sense fils.....	10
Fig. 3 - Penetració d'Internet.....	20
Fig. 4 - Evolució demogràfica	21
Fig. 5 - Model de la transició demogràfica	21
Fig. 6 - Taxes de penetració d'Internet	22
Fig. 7 - Penetració dels serveis	23
Fig. 8 - Media layer	38
Fig. 9 - Ipoque Internet Study 2007	40
Fig. 10 - Evolució components tecnològiques de les xarxes sense fils de 1990 a 2003.....	44
Fig. 11 - Sensor de temperatura sense fils alimentat per energia solar.	44
Fig. 12 - Identificació de les capacitats de la xarxa i de les funcionalitats necessàries.....	48
Fig. 13 - Identificació del protocols de comunicació.....	49
Fig. 14 - Arquitectura LISP (extreta de IJP).....	62
Fig. 15 - Commutació de canals DWDM entre diverses fibres d'entrada i sortida.	68

1 Introducció

Aquest treball té com a objectiu analitzar la situació actual de la Internet, per proposar noves alternatives i dibuixar un possible camí cap a la Internet del Futur. Aquesta anàlisi vol ser un punt de partida, un document de reflexió, que posicioni als agents locals i nacionals (entorns de la recerca, innovació i producció, i usuaris) en una situació capdavantera en la construcció del nou model econòmic i social del segle XXI.

El treball consta de dos grans apartats, una introducció descriptiva i conceptual del paper que juga la Internet i la seva projecció futura, i una segona part on es desdibuixen en més profunditat les bases tecnològiques de la possible Internet del futur a partir de la realitat actual.

1.1 Visió retrospectiva i actual de la Internet

Internet, juntament amb la biotecnologia o la genètica, s'ha convertit en un dels principals factors del canvi social i econòmic de la societat del segle XXI, creant el nou model econòmic fonamentat en la societat del coneixement.

Internet està substituint l'antic model industrial, basat en la generació, manipulació i consum de mercaderies, amb el nou model econòmic del segle XXI fonamentat en la generació, procés, transport i consum de tot tipus d'informació. Les mercaderies perden preponderància i deixen pas a la informació i els continguts.

Internet, que inicialment va sorgir com un avenç tecnològic, com una xarxa de xarxes, s'ha convertit en un catalitzador que ha modificat el comportament de les relacions humanes introduint la telecomunicació instantània de tot tipus d'informació, posant a l'abast l'accés universal de la informació al servei de les persones i els col·lectius. La xarxa de xarxes s'ha convertit en la Xarxa, del i pel coneixement.

Paral·lelament, aquest avenç tecnològic ha evolucionat creant nous models de comunicació on les persones ja formen part de la pròpia xarxa esdevenint una xarxa social. Diferents facetes humanes com el treball o el lleure ja es desenvolupen dins la Xarxa.

Aquestes noves relacions 'telecomunicatives' han generat nous medis d'informació, nous productes i nous serveis, propis i específics d'Internet. La Xarxa ha facilitat la creació de noves formes de relacionar-se, ha creat noves comunitats, nous col·lectius, noves formes d'entendre el treball i el lleure tant individualment com socialment, transformant globalment els hàbits socials. Aquestes noves formes són pròpies d'aquest entorn i inexistent fora d'aquest.

Aquesta transformació vertiginosa està produint canvis profunds en l'àmbit tecnològic, econòmic i social. Les relacions econòmiques clàssiques entre els diferents agents del mercat no són directament aplicables a l'entorn mercantil virtual d'Internet. Les mercaderies virtuals, els productes de la comunicació i els productes de la societat del coneixement, no es regeixen pels *models de negoci* del vell model industrial. Els consumidors d'informació s'han convertit en productors-consumidors donant lloc a un nou ordre econòmic.

En termes tecnològics, l'evolució d'Internet ha transformat la xarxa de xarxes inicial, en una xarxa de coneixement i xarxa social, portant al límit les capacitats funcionals per les quals va ser creada.

La creació de nous serveis en els sectors de l'educació, la salut, la indústria o el lleure, entre d'altres, fonamentats en el transport de tot tipus d'informació (àudio, vídeo, dades) a velocitats cada cop més elevades, la ubiqüitat de les comunicacions fruit de la mobilitat, la instantaneïtat de tot tipus de comunicació, la introducció d'Internet en els objectes o en la pròpia natura, o l'heterogeneïtat de dispositius i continguts, són alguns dels factors que han dut a replantejar un nou model tecnològic de la xarxa Internet.

Paral·lelament a aquest factor tecnològic, hi ha un segon motor del canvi impulsat pel creixement exponencial del nombre dels usuaris i pels nous usos que en fan aquests de la

xarxa com són la comunicació, el treball o el lleure i les relacions econòmiques que se'n deriven.

La Xarxa que va ser creada per l'usuari per interconnectar ordinadors, on aquell era l'element central, avui torna a pilotar el canvi. L'usuari és l'element central del canvi, tant pel disseny de nous serveis i aplicacions com pel seu propi ús.

Aquests tres grans factors, el tecnològic, l'econòmic i el social, són els catalitzadors de la futura Internet. Aquesta nova Internet que sorgirà de la pròpia evolució o d'un nou redisseny ha de ser capaç de donar solució als reptes que estan oberts en l'actualitat.

A continuació es presentarà l'evolució d'Internet fins a convertir-se en el gran factor del canvi econòmic i social actual.

1.1.1 De la xarxa de xarxes experimental a la gran xarxa econòmica

Al principi dels anys setanta Internet va ser creada amb la finalitat d'unir ordinadors mitjançant una xarxa apta per intercanviar informació textual home-home i home-màquina. Internet estava fonamentada en tres premisses bàsiques: centralitat de l'usuari, xarxa de comunicacions fiable i segura, i independència de la tecnologia específica de la transmissió de informació (virtualització de la tecnologia específica de la xarxa). A aquests característiques Arpanet primer i Internet després va afegir una característica novadora en les xarxes de telecomunicació: va constituir des del principi un entorn experimental, una xarxa de recerca i per a la recerca, inicialment de la comunitat d'informàtics del Departament de Defensa, després de la comunitat de recerca en general.

La Xarxa es caracteritzava per la seva simplicitat, construïda per interconnexió d'enllaços de comunicacions i ordinadors, on la intel·ligència residia en els terminals extrems, en els propis ordinadors governats pels usuaris. La senzillesa de la Xarxa, que es basava en la transmissió i l'encaminament de paquets d'informació, amb una mínima gestió i la seva naturalesa virtual varen ser els grans factors del seu èxit. En aquest període s'oferien tres grans serveis de dades: transferència de fitxers, accés remot a recursos informàtics i correu electrònic.

La xarxa que inicialment va ser desenvolupada per finalitats militars es va estendre als grans centres de supercomputació i a l'entorn universitari i de recerca. Durant la dècada dels vuitanta i principis dels noranta, Internet es va convertir en l'eina bàsica per compartir, transmetre i executar grans volum d'informació textual. Va ser l'època del desenvolupament dels grans cercadors textuais i de l'accés a la informació de les bases de dades.

Internet va crear un model de telecomunicació completament diferent al model dels grans operadors que en aquells moments oferien serveis de telefonia i serveis bàsics de dades.

Aquest model traslladava tot el pes, tota la intel·ligència, a l'extrem de la xarxa, al terminal d'usuari i al propi usuari, deixant al cor de la pròpia xarxa unes mínimes funcionalitats. Aquestes premisses eren totalment oposades a la concepció dels operadors on la intel·ligència residia en el cor de la xarxa, deixant en els terminals extrems unes mínimes funcionalitats.

El model de serveis i econòmic eren completament oposats. *Els operadors oferien un únic servei associat a una xarxa, desenvolupat i gestionat pel propi operador, seguint el model d'un*

servei una xarxa (telefonía, dades, TV). Internet ofería diversitat de serveis de dades sobre una única xarxa, desenvolupats i gestionats pels propis usuaris.

Aquests dos models ortogonals varen anar creixent i desenvolupant-se impulsats pels nous avenços en el camp de l'electrònica, la informàtica i les telecomunicacions. La maduresa tecnològica de finals dels vuitanta feia possible el procés, la cerca i l'intercanvi de grans volums d'informació. Va ser llavors quan va aparèixer la necessitat de cercar de forma estructurada continguts d'informació textual emmagatzemats en qualsevol punt de la xarxa. Apareixien els grans cercadors, com Gopher i d'altres, que posaven per primera vegada centenars de documents i informació textual a l'abast de milers d'usuaris del món de la recerca.

A principis dels noranta va sorgir una segona onada tecnològica, capitanejada pels avenços en el camp de la transmissió òptica i l'increment de la potència de càlcul dels processadors (Digital, Intel, IBM,..), que va obrir les portes a la informàtica corporativa i personal, multiplicant al llarg de la dècada els ordinadors personals (PC). Aquests dos factors permetien transmetre grans volums d'informació sobre xarxes de gran capacitat (Sonet, SDH), alhora que posaven a l'abast de l'usuari potents eines de procés i visualització d'informació.

Aquest nou impuls tecnològic va permetre incorporar un nou factor a la xarxa: els continguts audiovisuals. En aquest període ja va començar a ser possible adquirir, manipular, transmetre i emmagatzemar certs tipus de continguts i informacions de veu, imatges fixes i dades. S'iniciava l'era de la mèdia. Aquesta nova revolució tecnològica va ser impulsada pel desenvolupament de diferents compressors audiovisuals que permetien transmetre i emmagatzemar els continguts audiovisuals en condicions més òptimes. Apareixien els primers estàndards JPEG, H.261, MPEG, entre d'altres.

Aquets nous avenços que posaven no solament grans volums d'informació textual sinó també d'informació audiovisual a mans dels usuaris finals, va crear la necessitat de cercar de forma òptima la localització i indexació de tot tipus de informació. Va ser llavors quan van aparèixer nous cercadors de continguts audiovisuals (Mosaic, ..), i nous esquemes de localització de les mèdies (URL,..) fins que finalment es va crear i consolidar el World Wide Web (WWW) a principis i meitat dels noranta.

Internet, la xarxa de xarxes, ja era un gran enreixat, un enteranyinat d'usuaris on els dispositius finals posaven les diferents mèdies (veu, so, imatges i dades) de forma estructurada a disposició de tota la comunitat. Per primera vegada es va obrir un escenari completament nou, es creava l'embrió de la societat del coneixement. La xarxa posava a l'abast dels usuaris grans volums d'informació audiovisual en les seves diferents formes.

Tots aquests factors varen fer que la Xarxa donés un gran pas endavant, de ser una xarxa militar i després de recerca es va convertir en una xarxa comercial. Naixia un nou model econòmic, nous operadors d'Internet, nous proveïdors de serveis de xarxa, que obrien Internet més enllà de l'entorn de recerca: oferien Internet al teixit industrial i posteriorment als usuaris residencials. Aquests nous actors eren uns nou vinguts en el món de les telecomunicacions al marge dels grans operadors de telecomunicacions nacionals regits per les lleis del monopoli.

Internet va deixar de ser una xarxa exclusivament de i per a la recerca en convertir-se en una xarxa comercial. Des de llavors, el nombre d'usuaris ha anat creixent exponencialment: des dels 159.000 usuaris de l'any 1989 fins els més de 1000 milions actuals¹. D'altra banda a mida que la xarxa anava creixent apareixen nous serveis adreçats a les diferents activitats econòmiques com eren la salut, l'educació o la indústria i noves formes de comunicació. Als serveis textuals se li afegien nous serveis de videoconferència i distribució d'imatges fixes i de vídeo.

Internet Domain Survey Host Count

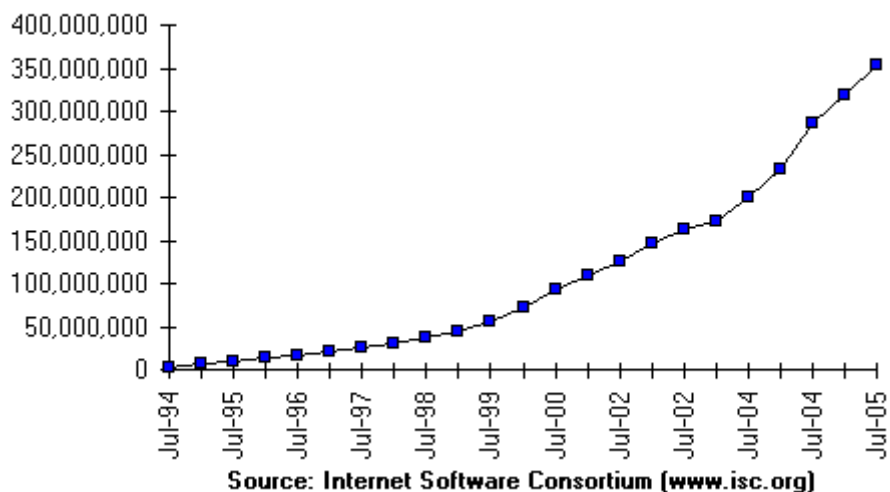


Fig. 1 - Evolució del nombre d'usuaris d'Internet

Durant la primera meitat dels noranta, la Internet comercial mantenia els mateixos principis bàsics: la intel·ligència de la xarxa residia en els seus extrems i la xarxa es limitava a donar un servei de transport d'informació. Aquest últim paper era representat pel proveïdor d'Internet que ofería servei de connectivitat als dispositius extrems. El model de negoci dels nous actors, dels nous proveïdors, es sustentava en la venda del servei de connectivitat. La informació audiovisual digitalitzada fluïa per la xarxa, de manera que productor i consumidors residien en els extrems.

Va ser en aquest moment quan els operadors van entrar en el món d'Internet, inicialment convertint-se també en proveïdors d'Internet oferint serveis de connectivitat emprant la XTC.

A mitjans dels noranta es varen anar creant i perfeccionant les tecnologies d'accés sobre coure (família de tecnologies xDSL, ADSL, HDSL, VDSL,..) i Internet les va poder anar utilitzant . Els serveis no solament s'oferien sobre la Xarxa Telefònica Commutada (XTC) via el parell de coure i un mòdem sinó també era possible que xDSL transportés Internet als entorns residencials i industrials incrementant notablement la capacitat de comunicació.

La Xarxa de Xarxes va trencar el seu cercle de l' entorn científic per convertir-se en una gran xarxa comercial, mantenint els seus principis bàsics i creant noves formes embrionàries de

1 <http://www.zakon.org/robert/internet/timeline/>

relacions de comunicació, social i econòmica entre tots els usuaris de la xarxa comunitat científica, usuaris residencials i industrials.

1.2 La Internet actual

Internet, la gran xarxa de xarxes virtual, ha anat evolucionant a base d'absorbir els grans canvis descrits anteriorment, de forma breu:

- Transformar-se en una gran xarxa comercial
- Introduir ubiqüitat
- Manegar tot tipus de mèdia
- Incrementar exponencialment el nombre d'usuaris creant noves relacions comunicatives, socials i econòmiques
- Desplegar nous models comunicatius entre els objectes, la natura i les persones

1.2.1 La xarxa ubiqua

A principis dels noranta la potència de càlcul que oferien els microprocessadors es va començar a aplicar al camp de la telefonia mòbil. Progressivament va ser possible la digitalització de la informació i el seu transport a velocitats raonables sobre els medis sense fils.

Els algorismes que donaven més fiabilitat i seguretat a les comunicacions digitals, junt amb el desplegament de nous esquemes de modulació i multiplexació basats en TDM , FDM i CDMA van permetre l'inici del disseny de la telefonia mòbil cel·lular, i les xarxes sense fils de curt abast. La telefonia analògica va començar a donar pas a la telefonia cel·lular híbrida la Tercera Generació: 3G.

A finals de la dècada es van materialitzar els avenços iniciant els grans desplegaments de GSM i GPRS que posaven a l'abast de tots els usuaris els serveis de telefonia mòbil, i serveis de dades de baixa velocitat. S'obria un nou camí cap a la plena comunicació de les persones incorporant el concepte d'*ubiqüitat i instantaneïtat* per alguns serveis de telecomunicació.

Aquestes tecnologies permetien que l'usuari estès permanentment comunicat (always connected) a unes velocitats suficients per garantir una bona qualitat del servei de telefonia i servei de transmissió de dades a baixa velocitat (de l'ordre de kbps). Paral·lelament al desplegament cel·lular, les xarxes d'àrea local incorporaven les noves tecnologies de transmissió sense fils creant les xarxes d'abast local sense fils (802.11x) que permetien el transport de dades en tres ordres de magnitud superior a les xarxes cel·lulars.

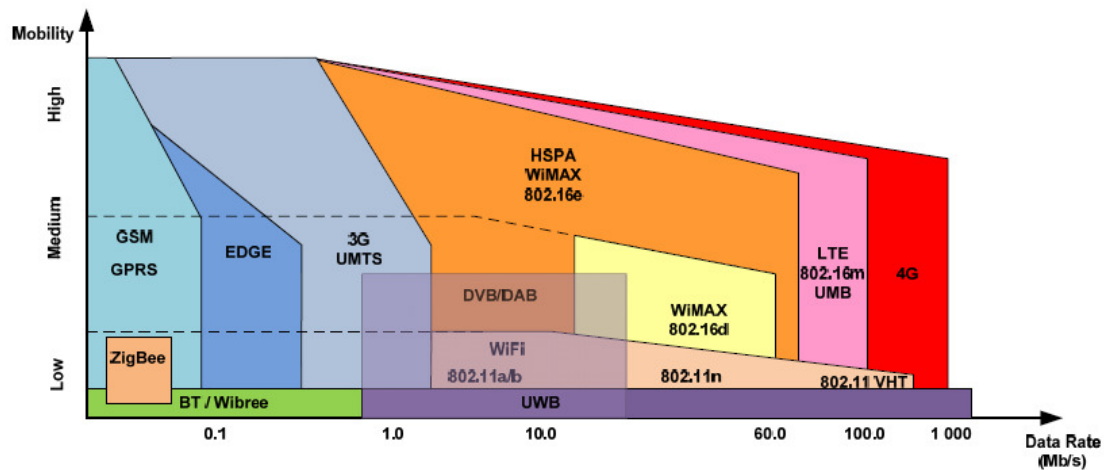


Fig. 2 - Mapa de principals tecnologies d'accés sense fils²

Des d'un bon principi Internet, com a tecnologia virtual, va incorporar les noves xarxes d'accés sense fils i cel·lulars, naixia la tercera revolució d'Internet. Ara els usuaris no solament disposaven d'una Internet que oferia diferents mitjans a través de les xarxes d'accés fixes de recerca, residencials o industrials, sinó que incorporava les facilitats d'ubiquïtat a través de la xarxa d'accés sense fils. Els actors de la xarxa podien estar permanentment connectats intercanviant informació (veu, dades, imatges,...) o utilitzant els diferents serveis (telefonía, videoconferència o missatgeria entre d'altres).

La Internet ubíqua va crear noves aplicacions i serveis propis, que adaptats a l'entorn obríen nous models de negoci i modificava novament els hàbits del comportament humà individual i col·lectiu.

La introducció de la ubíquitat en la Internet té dos trets característics. D'una banda sorgeixen nous modes de comunicació i d'altra banda es trenca un dels principis d'Internet, la centralitat de l'usuari.

La ubíquitat juntament amb la instantaneïtat desenvolupen una nova generació de serveis i modes comunicatius inexistents en les antigues xarxes de comunicacions i en la pròpia Internet. Aquets nous serveis generen nous comportaments comunicatius que impregnen les diferents activitats humanes com són el lleure o el treball, modificant tant la semàntica com la sintaxi de les diferents mitjans. La incorporació d'aquest fenomen en l'activitat humana va fer créixer encara més la incorporació d'usuaris a la xarxa, convertint-se en el servei universal de principis del segle XXI.

El segon tret diferencial d'aquesta etapa ha estat el rol que han jugat els operadors en la introducció de la Internet ubíqua. Inicialment els operadors dominants i els nous operadors de telefonía mòbil van desplegar les xarxes d'accés cel·lular per oferir un servei de telefonía mòbil, tot intentant trobar una aplicació o servei que fos la pedra clau en la creació de nous models de negoci per obtenir parcialment el retorn de les seves inversions. Un d'aquests serveis ha sigut el SMS i ara podrien ser els videojocs o el DVB-H.

² <http://www.emobility.eu.org/WorkingGroups/Roadmaps/>

Paral·lelament la gran potencialitat d'Internet, va fer que els operadors gestionessin els serveis d'Internet que s'oferien als usuaris (veu sobre IP o serveis audiovisuals sobre IMS,..) trencant un dels principis bàsics d'Internet donant un pes cada cop més important al cor de la pròpia xarxa en front dels extrems. Els operadors jugaven el rol de proveïdors d'Internet (transportistes) alhora que proveïdors de serveis de la pròpia Internet. Els proveïdors de la Internet ubiqua, per la infraestructura d'accés, necessàriament eren els operadors tradicionals, forçant una convergència obligada dels dos entorns.

A principis de la dècada del 2000 sorgeixen avenços tecnològics en el camp de la ràdiofreqüència, en les modulacions, i en l'optimització de l'ús dels recursos freqüencials. La combinació d'aquest conjunt de tècniques, utilització dinàmica de l'espectre (Cognitive Radio), traspàs vertical (Vertical Handover), diversitat (MIMO), i el reús freqüencial entre d'altres, incrementen notablement la capacitat del canal ràdio i integren les diverses tecnologies cel·lulars i sense fils en un sol terminal. Per primer cop les prestacions del canal ràdio comencen a ser equivalents a les xarxes d'accés fixes. Tot aquest conjunt de tècniques i mecanismes ha donat lloc a la quarta generació: 4G.

4G avança cap a la veritable Internet ubiqua, oferint a l'usuari serveis transparents de continguts audiovisuals, independentment de la tecnologia d'accés mòbil, en qualsevol lloc, i en qualsevol instant, en un mateix terminal.

1.2.2 La xarxa dels mèdia

Tal com s'ha esmentat anteriorment, al començament dels noranta, l'increment de la potència de càlcul dels nous processadors i microprocessadors va desencadenar la creació, processat, emmagatzemament i transmissió de les diferents mèdies, àudio, so, imatge, vídeo i dades, en format digital emprant com a medi de transmissió primer les xarxes específiques clàssiques (broadcasters) i després Internet.

Les primeres, les xarxes de radiodifusió (broadcast) que inicialment eren analògiques i estaven associades a un únic servei, es varen anar digitalitzant progressivament. Va ser el cas de la televisió per satèl·lit que va incorporar canals de dades digitals (xMAC), la radiodifusió amb facilitats digitals (DAB, DRM,..) i les evolucions cap a la televisió digital terrestre o satèl·lit amb les diferents modalitats (DVB-T, DVB-S, DVB-H, etc.). Inicialment aquestes plataformes audiovisuals oferien un únic servei complint el principi una xarxa - un servei. En la majoria dels casos, cada xarxa oferia una sola mèdia que progressivament han anat complementant amb nous serveis digitals.

Per tant, la característica principal d'aquestes xarxes és que són plataformes productores i transportistes de continguts audiovisuals no integrats, que basen el seu model de negoci en la tarificació del consum de continguts de l'usuari ja sigui mitjançant el pagament directe (pay per view) o indirecte (publicitat).

A mida que la tecnologia ho ha anat permetent, Internet, com la gran xarxa de xarxes digital, ha incorporat les diferents mèdies, primer sense cap mena d'integració i amb unes prestacions bàsiques fins que finalment s'han construït aplicacions amb mèdies integrades amb resolucions i qualitats elevades.

Les aplicacions inicials de principis dels noranta basades en entorns gràfics o imatges estàtiques, han anat evolucionant a principis del 2000 cap a un seguit de serveis interactius o conversacionals, síncrons o asíncrons, de veu sobre IP, videoconferència d'alta definició, cinema digital, o serveis de difusió de vídeo d'alta resolució (HDSI) entre d'altres, amb plena integració i sincronització dels diferents tipus de mèdia.

Els extrems de la xarxa han posat a l'abast de tots els usuaris infinitat de serveis i aplicacions audiovisuals (Messenger, Skype, Youtube,..) que poden ser aplicades als diferents àmbits de la nostra vida com poden ser l'educació, la salut, el lleure o les diferents branques d'activitat industrial.

Aquestes aplicacions combinades amb la gran capacitat de les xarxes troncal de fibra i les xarxes d'accés de coure, òptiques o sense fils han convertit la Internet en un gran repositori distribuït de continguts audiovisuals i en una gran xarxa de distribució de tot tipus de mèdia.

Internet ha deixat de ser la xarxa de creació, gestió i transport de continguts textuals per convertir-se en una xarxa de creació, gestió i transport de tot tipus de mèdia.

La incorporació de grans volums de mèdia a la xarxa, ha creat nous models de negoci, inexistents en els esquemes de les plataformes tradicionals audiovisuals. Aquests nous models són un dels factors d'inestabilitat de la indústria audiovisual i cultural tradicional (productores discogràfiques o cinematogràfiques, pinacoteques, museus, etc.), que s'han vist obligats a redirreccionar els seus canals de distribució i els seus productes de lleure o culturals. La indústria tradicional dona pas a una nova indústria centrada en els continguts en xarxa aplicat a tots els àmbits econòmics.

1.2.3 La xarxa social

Entrats en la dècada del 2000, el avenços en microelectrònica, nanotecnologia i fotònica han abaratit dràsticament els costos de producció dels dispositius de creació (estacions de treball, tauletes, etc.), adquisició (càmeres HD, 3D), emmagatzemament (CD, DVD, BlueRay,..) i representació de continguts audiovisuals (monitors full-HD, projectors, etc.) oferint als usuaris la possibilitat de construir entorns de creació i representació de baix cost.

Aquestes eines han fet que els usuaris hagin pogut esdevenir productors i a la vegada consumidors de diferents tipus de mèdia, de diferents continguts audiovisuals, de qualitats elevades (resolució, en temps real, ...) i amb unes prestacions que abans estaven reservades a un nombre reduït de professionals del sector.

Internet torna a absorbir aquest gran canvi. La xarxa que en els seus inicis els extrems eren els productors i consumidors de continguts textuals, esdevé en una Internet de productors i consumidors de tot tipus de mèdia. *Es tornen a ampliar els rols dels actors d'Internet: tothom passa a ser un creador i consumidor de mèdia.*

Es creen nous models comunicatius, tothom pot crear continguts de tot tipus per a un receptor o per a molts donant lloc a les comunicacions d'igual a igual i multipunt-multipunt (P2P, MP-MP). L'organització jeràrquica amb un emissor dominant torna a trencar de nou el cercle clàssic de la distribució de continguts, apareixen noves aplicacions per la generació i distribució

de mèdies d'igual a igual entre dos o més usuaris (emule, kazaa, bittorent, etc.). Aquestes noves relacions donen lloc a la creació de noves formes productives i nous models de negoci oposats als models de distribució de continguts productor-consumidor convencionals.

La maduresa de la xarxa ha fet possible que comunitats d'usuaris treballin de forma cooperativa, creant una xarxa social que crea o reutilitza nous continguts i serveis (blogs, wiki, RSS agregadors, mashups,..) donant lloc al anomenat web 2.0, terme encunyat per Tim O'Reilly al 2004.

1.2.4 La Internet dels objectes i de la natura

Finalment en aquest darrers cinc anys la microelectrònica, la mecànica i la nanotecnologia han fet possible compactar els microprocessadors i les memòries alhora que ampliar les seves prestacions i reduir-ne el consum de potència. Paral·lelament, aquestes tecnologies han permès desenvolupar un seguit de microsensors i actuadors de gran precisió de mida reduïda capaços d'extreure paràmetres físics de l'entorn i d'actuar amb l'entorn.

Aquests microprocessadors juntament amb els sensors/actuadors es converteixen en fonts i receptors d'informació dels paràmetres del medi físic i de la natura, que dotats d'una xarxa adequada formen una teranyina de comunicació d'objectes amb objectes o d'elements de la natura amb elements de la natura, donant resultats si s'escau a les pròpies persones.

Internet pot tornar a jugar un paper clau incorporant aquest nou tipus de comunicació. Els sensors poden incorporar-se a Internet, passant a formar part de la pròpia xarxa, convertint-se en generadors i consumidors d'informació sensorial (un nou tipus de mèdia) entre els objectes i la natura o els objectes i les persones convertint-se a la vegada en transportistes d'informació.

Aquests nous elements de la xarxa donen lloc a xarxes amb topologies canviant. La seva disposició geogràfica varia segons les necessitats (topologia dinàmica), o es crea i es destrueix segons la necessitat d'ús (xarxa feta a mida, ad-hoc), o s'agrupa en funció de les característiques de la formació i agrupació dels objectes, de la natura i la seva interrelació amb les persones (xarxes autonòmiques).

La Internet dels i pels objectes crearà esquemes comunicatius, augmentant en varis ordres de magnitud les comunicacions entre els diferents objectes i els elements naturals.

1.3 La Internet del Futur

Aquests canvis estant duent al límit la capacitat tecnològica de la xarxa, que comença a ser incapaç d'assimilar-los. Cal preguntar-se si és necessari reformar-la amb profunditat o simplement redissenyar-la per tal de donar cabuda a les noves necessitats. Tot això fa necessari els actuals programes de redisseny de la Internet.

A continuació, es llista una síntesi dels aspectes tècnics que s'han de reconsiderar o incloure:

- Duplicitat funcional
- Arquitectures de protocols lleugeres

- Nous conceptes de qualitat servei i fiabilitat
- Redefinició de seguretat
- Integració de les xarxes d'accés a la xarxa troncal
- Transparència a tot tipus de mèdia analògica i digital de diferent qualitat
- Nous models de xarxes d'accés autonòmiques
- Increment de la capacitat de procés de la informació incorporant processadors òptics
- Incorporació del processador a la pròpia xarxa
- Incorporació de l'usuari a la xarxa (personalització, informació biomètrica, protecció de dades, incorporació de capacitat de innovació,...)
- Redefinició dels interfícies d'usuaris, interfícies sensorials, multilingüe
- Incorporació de nous tipus de mèdia, imatges 3D, noves informacions sensorials
- Nous models econòmics i legals per la universalització de l'accés a la xarxa.
- Noves relacions socials i culturals provocades per nous serveis i aplicacions generades per xarxes socials, autonòmiques i xarxes de grups.

La resolució d'aquests i d'altres problemes podrien donar lloc a la consolidació d'un nou ordre econòmic, la societat del coneixement del segle XXI.

Tot i així, queda pendent com abordar aquest programa de redisseny de la Xarxa. En el passat s'han intentat infructuosament aplicar models de recerca i innovació tradicionals a la reinvençió de la Internet. Avui ja sabem que no són suficients. Plantejar-se el redisseny de la Xarxa seguint els models d'innovació de l'era industrial és un error. Internet té el seu propi model d'innovació. Internet ha anat avançant com una xarxa oberta a la innovació de tothom, tant dels actors tradicionals com de nous actors, individuals i col·lectius. Si volem una nova xarxa hem de entendre aquesta com un sistema de innovació en si mateix. Internet no és només una xarxa de informació i comunicació. És una xarxa d'innovació.

1.3.1 De nou la Internet de la recerca i la innovació

Aquests canvis que els propis usuaris han anat provocant en l'evolució de la Internet han acabat abocant de nou a Internet a plantejar-se ara la seva pròpia reinvençió.

Tant el programa nord-americà anomenat FIND, com la iniciativa europea Future Internet (FIRE) apunten en aquesta direcció. Aquesta idea del redisseny de la Internet ja es va plantejar inicialment en el moment de la seva comercialització a mitjans dels 90s. El programa anomenat Internet2 va sorgir de la necessitat de mantenir un entorn acadèmic i en part experimental en paral·lel a l'entorn comercial per afavorir la mateixa evolució de la xarxa. El que no va considerar aquest projecte és que els usuaris innovadors s'havien ampliat a sectors molt més amplis que les mateixes universitats. La mateixa Internet comercial conservava

també principis que permetien fins a cert punt una explosió d'aplicacions i serveis innovadors com s'ha vist amb l'anomenada Web 2.0. o les mateixes xarxes P2P i el naixement de la Internet dels media. Tot i així, va ser una primera aposta pel redisseny de la Internet mantenint el caràcter de recerca i innovació.

En aquest moment a principis del nou segle, de nou es planteja la necessitat de redissenyar la Internet ara amb més força encara.

La força d'Internet és ser no només una xarxa per a tothom sinó una xarxa de tothom, una xarxa de innovació oberta, un veritable laboratori de la societat del coneixement. L'aportació fonamental que la Fundació i2cat pot fer al futur de la Internet és aquesta: veiem Internet com una xarxa en permanent estat beta, com una xarxa d'experimentació, de innovació oberta a tothom; veiem l'anomenada societat del coneixement com una societat de innovació i a Internet com aquest laboratori obert a tothom per al seu disseny i construcció.

La Fundació i2cat invita a convertir Catalunya, a les seves institucions i a tota la societat en aquest laboratori avançat de la Internet i de la societat del coneixement.

1.4 Referències

[1] "Making the World (of Communication) a Different Place". D. Clark, C. Partridge, R. Braden, B. Davie, S. Floyd, V. Jacobson, K. Kitabi, G. Minshall, K. Ramakrishnan, T. Roscoe, I. Stoica, J. Wroclawski, L. Zhang. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 35(3), 2005.

[2] "Networked Media of the future". Networked Media Task Force (NM-TF), Octubre 2007.

[3] GENI, Global Environment for Network Innovation, www.geni.net

[4] The European FIRE. Future Internet Research and Experimentation Activities. June 2007.

[5] EIFFEL: Evolved Internet Future for European Leadership. December 2006

[6] "Future internet research: The EU framework". J. S. da Silva. SIGCOMM Computer Communication Review 37, 2 (Mar. 2007), 85-88.

[7] "State of the Internet & Challenges ahead". O. Martin. March 17, 2008. NEC'2007 conference.

2 Aspectes Tecnològics

2.1 La Internet i la societat del coneixement

La perspectiva de la Internet del futur s'ha d'afrontar, sense cap mena de dubte, tenint en compte els seus usuaris. L'èxit de les diferents generacions d'Internet ha estat possible sempre pel fet d'adreçar-se a un públic més o menys especialitzat, assolint les expectatives que ha anat generant i oferint unes possibilitats de comunicació, interacció, immediatesa i transparència creixents. L'èxit de la Internet actual ha radicat en oferir a col·lectius cada vegada més grans, una riquesa en forma d'aplicacions i serveis que ha anat creixent sostingudament al llarg dels prop de 40 anys de vida comptats des dels primers experiments de DARPA a finals dels 60, passant per l'explosió de la Internet comercial de mitjans dels 90 fins arribar a la Internet actual, la del segle XXI.

Aquest creixement exponencial, seguint les lleis de Metcalfe, s'ha vingut manifestant des dels seus inicis. Per tant, l'increment en valor de la xarxa per part dels seus usuaris augmenta de forma exponencial en funció del propi nombre d'usuaris. Podem parlar avui en dia que la Internet actual manifesta externalitats positives en haver superat la massa crítica d'usuaris necessària per poder seguir atraient encara a més usuaris.

És per això que els usuaris passen a jugar un rol central en aquesta Internet del Futur. Ja no estem parlant de col·lectius especialitzats que disposen del privilegi d'accés a les darreres tecnologies de xarxa. Estem parlant d'usuaris no experts en les noves tecnologies però que dediquen un temps creixent tant en vida professional (lligat a indicadors de productivitat econòmica) com en temps d'oci en detriment d'alternatives tant consolidades com la pròpia televisió. Aquests nous usuaris presenten característiques molt peculiars, i en conjunt mostren un comportament sociològic que els porta a implicar-se en la definició dels nous continguts de la xarxa, a fixar les tendències i especificacions de les noves aplicacions, i a exercir un rol actiu molt important, cada vegada més lluny del que caracteritzava als primers usuaris no experts de finals dels 90.

Darrerament, i sempre des del punt de vista dels usuaris de la Xarxa, ha aparegut el fenomen anomenat 'web 2.0' que està obligant a replantejar les relacions entre els mateixos usuaris i la xarxa i trenca amb els models clàssics de client/servidor als que tota la comunitat d'Internet ha estat acostumada des dels seus orígens. Les aplicacions distribuïdes ofereixen als usuaris possibilitats gairebé il·limitades per posar a l'abast d'un col·lectiu immens informació en format digital, invertint els models abans esmentats que es caracteritzaven per ser una comunicació essencialment unidireccional. Encara que l'usuari disposés de molts graus de llibertat, pel que fa a la navegació i selecció de continguts, aquest romaní passiu en tant que no podia aportar producció pròpia o ni tant sols influir sobre els continguts existents.

L'aparició de les aplicacions de distribució de continguts multimèdia utilitzant protocols distribuïts ha permès que aquest usuari de les primeres generacions d'Internet, inicialment passiu i consumidor de continguts bé genèrics o bé especialitzats, anés cobrant importància i hagi acabat sindicant continguts i autoorganitzant-se entorn a xarxes socials, alimentades per wikis col·laboratives i per blogs generadors d'opinió. Tot aquest fenomen, que Tim O'Reilly ha

batejat amb el nom de 'web 2.0', no ha fet més que iniciar una revolució silenciosa i constant on els usuaris han anat assolint el rol de productors i consumidors donant peu al nou concepte de 'prosumer' o bé productor-a-la-vegada-que-consumidor.

Per sorpresa de molts, el nostre país que havia perdut el tren de la primera generació d'Internet, i tot just estava perdent el de la segona, es troba immers en estadístiques que apunten cap a un cert lideratge en 'web 2.0' segons l'informe eEspaña 2007³. Els sociòlegs ja han iniciat la recerca de les motivacions que ens han posicionat tant favorablement malgrat ocupar posicions discretes en quan a penetració d'Internet, cobertura i preus de la banda ampla, competència i oferta de serveis i avenç de la societat del coneixement en els darrers estudis de la OCDE.

Tot apunta a que nous ingredients sobre la concepció i usos d'Internet han començat a entrar en joc: la cultura de l'oci als països del sud d'Europa promou la creativitat entre els seus ciutadans? Disposar de temps lliure i bon temps són condicions de contorn indispensables per poder innovar? És imprescindible disposar de les darreres tecnologies per poder seguir avançant cap a l'economia del coneixement? S'està forjant la figura d'un usuari internauta cada vegada més exigent, amb més poder per influir sobre les empreses? Ajuden les noves tecnologies en general, i Internet en particular a dotar de més intel·ligència l'usuari en realitzar les seves accions de consum? Un estudi recent de Hispacoop⁴, l'Associació de Cooperatives de Consum, reflexiona amb nombrosos exemples com el rol del consumidor està evolucionant, i com s'està organitzant de forma ràpida i eficient gràcies a l'ús de les tecnologies web 2.0.

Encara hi ha molts interrogants i moltes preguntes sense una resposta clara sobre la direcció que està prenent la Internet del Futur, però el que si és ferm és aquest rol creixent dels usuaris que no ha fet més que acabar de començar. Qualsevol avenç tecnològic que no ho tingui present, i que pretengui imposar les velles estructures de la Internet Victoriana, segur que o bé quedarà en desús o bé s'haurà d'adaptar si vol sobreviure en aquest entorn tant competitiu. És per això que quan pensem en la Internet del Futur, tenim ben present que es tractarà d'una xarxa de i per a les persones.

En aquest capítol fem un breu recorregut per les diferents etapes fins arribar al moment actual. Acte seguit reflexionem, aportant dades sobre creixement poblacional i l'evolució de la penetració d'Internet, sobre la necessitat d'estendre la xarxa i arribar a un major volum poblacional a nivell mundial. Aquest recorregut planteja el creixement demogràfic com una gran oportunitat per la Internet del Futur per compensar els desequilibris existents arreu del món, al contrari de les tesis de creixement econòmic malthusianes del segle XVII que veien en aquest creixement un perill en no poder atendre les necessitats bàsiques d'aquesta gran

3 Informe eEspaña 2007: la Sociedad de la Información avanza en España más lentamente que en Europa. España ocupa una posición destacada en Europa en cuanto al uso de aplicaciones Web 2.0. <http://www.fundacionorange.es/comunicados/informe2007.htm>

4 Hispacoop. Mejoras del acceso de los consumidores en el uso de las nuevas tecnologías de la comunicación. http://www.hispacoop.es/home/index.php?option=com_docman&task=doc_details&gid=25&Itemid=37

massa. Finalment reflexionem sobre aquesta Internet per a tothom com a eix central de la nostra recerca.

2.1.1 Característiques bàsiques de la Internet

La Internet va ser dissenyada amb dues característiques bàsiques des del seu començament:

a) va ser una xarxa d'usuaris i per als usuaris

b) va ser dissenyada com un entorn experimental. ARPANET era el banc de proves dels mateixos informàtics.

El Departament de Defensa va finançar el programa de recerca de la Internet, inicialment ARPANET. Tant una com altra van ser dissenyada per informàtics que necessitaven connectar els seus ordinadors.⁵ En tant que enginyers d'ordinadors van necessitar connectar els seus enginys i per això van repensar les xarxes de telecomunicacions com xarxes de paquets. Van dissenyar per a ells mateixos un nou tipus de xarxa per a connectar els seus ordinadors. Això explica per què la Xarxa no es va dissenyar seguint el model tradicional de les telecomunicacions, des del transport cap a l'accés i els usuaris, sinó a l'inrevés, des dels usuaris cap a l'accés i el transport. Es l'anomenat principi "d'extrem a extrem" (end-to-end principle). La nova xarxa estaria controlada des dels extrems pels usuaris, no pels operadors tradicionals de telecomunicacions. Els primers usuaris van ser els propis informàtics. La ISOC acaba de publicar el seu paper de posicionament sobre el futur de la xarxa i que es diu precisament "Preserving the User Centric Internet".⁶

Però els informàtics que la van dissenyar eren una particular comunitat d'informàtics, els investigadors de "computer science" treballant pel govern americà. Per això la van concebre com un experiment, com una xarxa experimental, una xarxa de recerca. Aquesta característica no s'ha respectat posteriorment. De fet, quan Internet la va adoptar la NSF, aquesta agència la va considerar més una eina per a la recerca que un camp de recerca en si mateix. El futur de la Internet ara reprèn aquest caràcter de programa de recerca i és important que no ho abandoni d'ara endavant. Internet ja és una xarxa en innovació permanent, en permanent estat beta. És important que es deixi oberta com un permanent banc de proves. Aquesta característica de constituir un entorn obert de innovació, de facto, és important que ara es reconegui de dret com una segona característica de Internet. Així es tracta ara d'invitar els seus usuaris nous a participar en aquest nou joc, el joc de la recerca i innovació digital. La Internet pot ser un laboratori on la seva evolució pot seguir incorporant comunitats d'innovadors de tot tipus, des de mateixos computer scientists de DARPA, a científics del CERN, programadors de laboratoris industrials com Microsoft, emprenedors de Google, milers de petites innovacions on participen comunitats de milers de programadors, empresaris, estudiants, comissaris europeus, jubilats, dones, homes, d'occident i d'orient, del nord i del sud, dediquen hores i hores perquè és "exciting". Sense la incorporació d'aquestes noves famílies de internautes no es pot entendre el futur de la Xarxa.

5 Cerf, Vint. 1993. How the Internet Came To Be".

<http://virtualschool.edu/mon/Internet/CerfHowInternetCame2B.html>

6 ISOC, Internet Society. <http://www.isoc.org/pubpolpillar/docs/usercentric.pdf>

El futur de la Xarxa pel que apostem és continuar i aprofundir aquests principis que ja estan al començament de la Internet, fins a convertir-la en una xarxa-laboratori oberta a tothom i dedicada a l'activitat d'innovació en l'era digital. Una Internet infraestructura base no només a la Societat-Xarxa sinó a la Societat-Laboratori, una nova generació de l'anomenada societat de la informació⁷.

Els canvis que proposem es plantegen a un doble nivell:

- a) Redissenyar la futura Internet per que sigui una xarxa que pugui donar cabuda a tothom.
- b) Redissenyar la Internet incorporant a nous grups d'usuaris que aportin contínuament innovacions.

A mitjans dels 90s, la recent creada Internet Society va proclamar aquest lema: "**Internet is for everyone**". Si bé el creixement de la Xarxa ha estat espectacular, aquest desig encara està lluny de fer-se realitat. Però en segon lloc, i això no ho va dir la ISOC, La Internet la fa ja tothom. **Internet is from everyone**. Internet és una xarxa oberta que permet un sistema d'innovació obert. I això vol dir que la Internet es fa entre sectors creixents de la població i potencialment podríem arribar a que la Internet fos de tothom, no només per a tothom. S'està fent el creixement de forma oberta. Això comporta que el programa de redisseny de la Internet, de la Internet del futur, s'ha de pensar com un programa de recerca i innovació obert, basat en un model de recerca i innovació per a tothom.

Intentarem primer explicar aquests possibles objectius de la Internet del futur, meres hipòtesis de treball, i a continuació veurem com es podrien aconseguir.

2.1.2 Una Internet per a tothom: el futur de la Internet

En 20 anys els usuaris de Internet han passat de ser la xarxa d'uns pocs milions de investigadors universitaris a mes de mil milions de persones a tot el món⁸. La majoria d'aquest usuaris ja estan a Àsia (38,7%), tot i que Nord-Amèrica continua sent el més connectat (71,1%).

El futur de la Internet ha de partir d'aquesta realitat quantitativa i qualitativa dels seus usuaris. Els plantejaments actuals de redisseny de la Internet (GENI, FIND, EIFFEL,...) i que han sortit dels països líders de la Internet actual, no tenen en compte la realitat emergent que indica que la Internet del futur tindrà molts mes usuaris de nous països emergents com China, India o Brasil, que dels països originaris. La Internet del futur ha de combinar aquest doble enfocament si vol ser una Internet per a tothom: els usuaris qualitatius i els quantitius, altrament existirà un perill de fractura de la Xarxa.

7 La teoria de la societat de la informació ha passat per diferents etapes començant pel autors com Yoneji Masuda, (1980) Murray Turoff, fins a acabar per M. Castells (2000). Al igual que els enginyers parlen de diferents generacions respecte al sistemes tecnològics (Internet 2, Web 2.0, etc.), es podria parlar de diferents generacions en la evolució de la societat de la informació, des de la mes informacional, passant per la mes comunicacional fins a arribar a la societat del coneixement, i dins d'aquesta, del coneixement com innovació, generació en la que entrem ara.

8 <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>

Si és possible una Internet per a tothom, hem de tenir en compte aquest primer fet: estem entrant en el segle on la humanitat pot arribar, segons prediccions de Nacions Unides, al màxim del seu creixement històric. El segle XXI serà el segle de la població humana, el segle de les persones. Mai abans en la historia del sapiens, aquesta espècie havia tingut un creixement tan exponencial, i possiblement mai en el futur ho tingui.

És durant aquest segle quan està previst que la població humana arribi a la fi del boom demogràfic iniciat amb la industrialització al segle XIX. Serà el segle amb més població en tota la història de la humanitat, el segle de les persones. Mai abans de la història de la família humana, la població va arribar a les quotes que arribarà al voltant de la meitat del segle que ara comença.

Estudis demogràfics de les Nacions Unides indiquen que en les properes dècades es preveu un últim augment dramàtic de la població mundial que pot passar dels 6.700 milions al 2007 fins als 9.200 milions al 2050. Aquest increment afegirà 2.500 milions de persones joves en només 50 anys, aquesta era la població que vivia a la Terra al 1950 ⁹.

La majoria d'aquest augment es donarà en les regions menys desenvolupades com indica aquest gràfic¹⁰.

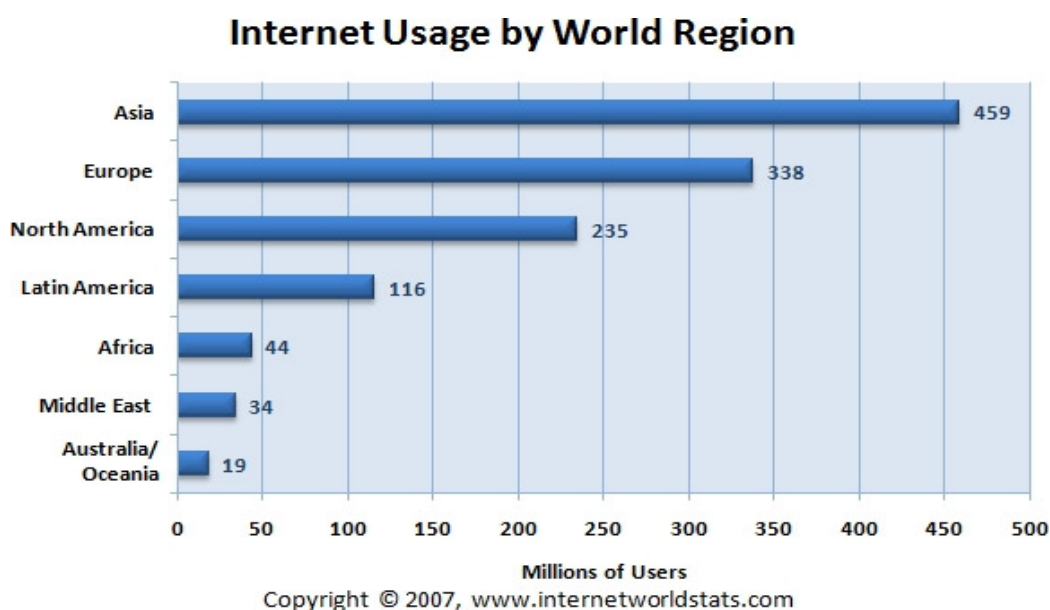


Fig. 3 - Penetració d'Internet

Durant aquest segle es preveu que l'anomenada transició demogràfica culmini. Per aquest terme, els demògrafs entenen l'explosió de la població produïda per l'adveniment de les societats modernes, que va començar al segle XVIII amb la revolució industrial ¹¹.

9 <http://www.un.org/News/Press/docs//2007/pop952.doc.htm>

10 http://earthtrends.wri.org/images/population_growth.jpg

11 <http://www.ideo.columbia.edu/edu/dees/V1003/lectures/population>

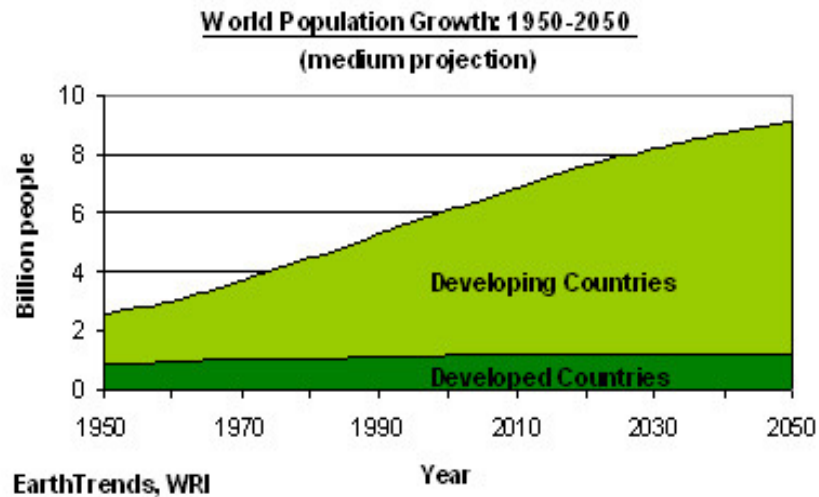


Fig. 4 - Evolució demogràfica

Europa ha és el continent que va fer la transició demogràfica primer i on ara el perill existent no és d'explosió demogràfica sinó de no aconseguir la suficient població de substitució. En quelcom al menys anem per davant de la resta. Si comparem l'explosió demogràfica al llarg del període 1950-2050, veurem que el gruix de l'expansió ja s'ha produït durant els darrers 50 anys. Entre 1950 i l'any 2000, la població mundial va créixer en 3.500 milions de persones (de 2.500 a 6.700 milions). Mentre que en els propers 50 anys (2000-2050) només creixerà 2.500 milions segons els estudis esmentats.

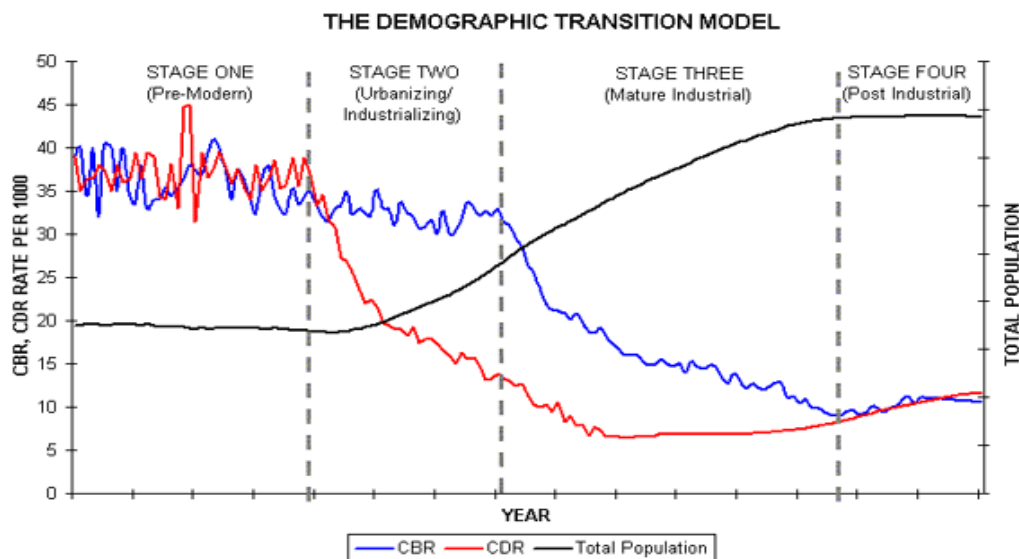


Fig. 5 - Model de la transició demogràfica

El que comença ja a preocupar, no és l'explosió dels joves sinó és que les persones de més de 60 anys creixeran 1.000 milions en els propers 50 anys.¹² Abans del 2020 i per primera vegada en la història humana, les persones de més de 65 anys poden superar en número a les persones sota 5 anys. Aquesta és una nova tendència global.

És realment possible una Internet per a tothom en aquest segle? Com podem pensar una Internet per a tothom tenint en compte aquesta evolució?. Analitzem més en detall fins on ha arribat la Internet actual i quins podrien ser les mesures per a la seva universalització.

En tant sols dues dècades, entre principis dels 90s i finals de la primera dècada del segle, Internet ha passat de 4 milions de persones connectades fins a 1.000 milions, un 20% de la població del planeta. Però quina població està ja connectada a la Internet actual?. Ho podem apreciar en aquest gràfic.

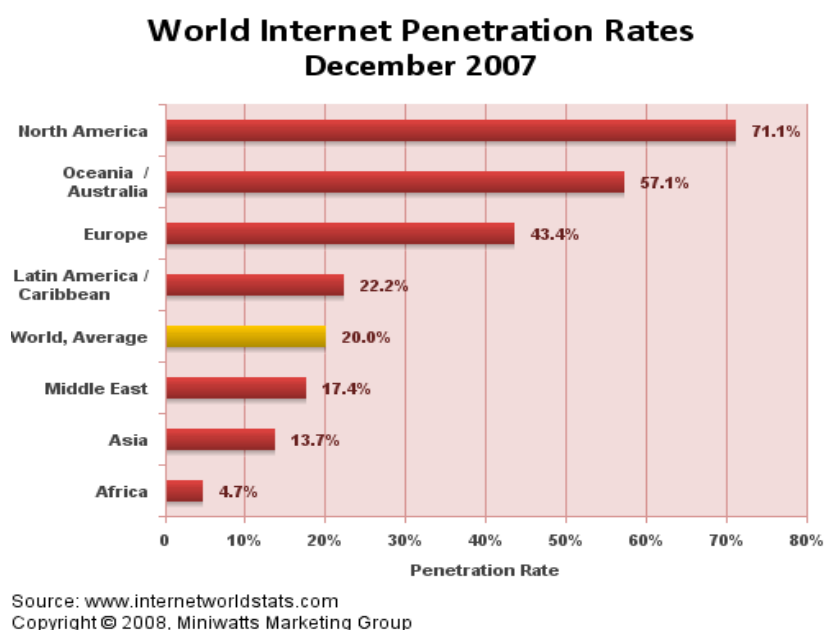


Fig. 6 - Taxes de penetració d'Internet

La població connectada és la més rica, educada i de classe mitjana dels països desenvolupats i també dels no desenvolupats. És la població alfabetada i dels països amb més població en edat avançada. Qui no està connectat encara en percentatge? La població dels països amb més gent joves i del sud, que és on es produirà la gran explosió en els propers anys.

El programa de la Internet del Futur ha de partir d'aquest fet. La nova Internet no serà només per a la gent ja connectada sinó per esbrinar com connectar als encara no connectats. Veiem el cas de China. Aquest país, en relació amb el número de Internautes, està on estava els USA fa 10 anys. Té el 16% de la població connectada a Internet, una mica per sota de la mitjana global (el 20%). Tot i així és el segon país en número de usuaris d'Internet.

12 Why Population Aging Matters, A Global Perspective. 2007.
<http://www.nia.nih.gov/ResearchInformation/ExtramuralPrograms/BehavioralAndSocialResearch/GlobalAging.htm>

El 21 report del China Internet Network Information Center indica que China ha arribat al desembre del 2007 a 205 milions de netizens, entenent per aquest terme “qualsevol ciutadà xinès de més de 6 anys o superior que en els darrers 6 mesos ha utilitzat la Internet”.¹³ I assenyalava que és el segon país amb número d'usuaris per darrera dels USA que en tenen 215 milions. Durant el 2008, any de les Olimpíades de Pekín, sembla versemblant que China arribi a ser la primera potència en Internet per aquest aspecte. Les seves previsions van en aquesta direcció: “According to the Innovations Diffusion Theory by Professor Rogers, US University of Mexico, innovations will normally spread in an S curve. When the penetration rate is between 10% and 20%, diffusion will speed up and will not slow down until reaching a certain quantity. By December, 2006, China’s Internet penetration rate was 10.5% and by December 2007, China’s Internet penetration rate increased to 16%, indicating that China is now in a stage with a rapid growth of netizens”.

La gent que es connecta és majoritàriament gent jove de menys de 30 anys.

La següent generació Internet està desenvolupant-se justament quan comença la incorporació de sectors creixents de les noves potències emergents a l’era digital. El nou programa de la Internet del Futur podria incorporar aquest nou potencial tecnològic i humà al redisseny de la xarxa.

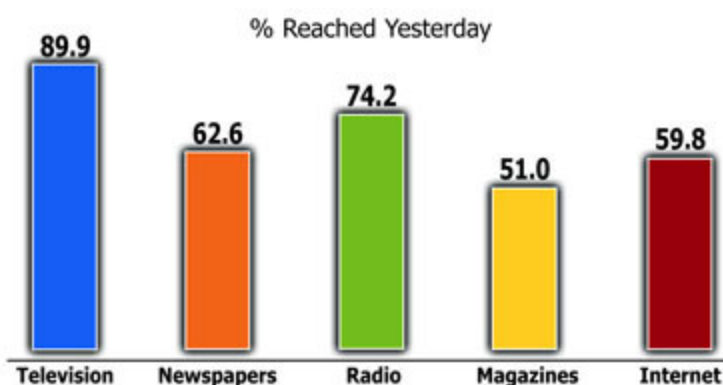


Fig. 7 - Penetració dels serveis

Per altra banda, la telefonia mòbil ha aconseguit, durant el mateix període que Internet, connectar a 3,3 mil milions, el 50% de la població total, fita aconseguida al novembre del 2007, 26 anys després del llançament de la primera xarxa de telefonia digital.¹⁴ Ara sembla que una nova tecnologia, la televisió digital permetrà en els propers anys arribar encara a un sector més ampli de la població mundial. Els propers Jocs Olímpics de Pekín, els primers emesos en HD, està previst que siguin vistos per 4 mil milions de teleespectadors.¹⁵ No oblidem que encara la tv supera en audiència a qualsevol altre mitjà, inclòs Internet¹⁶.

13 <http://www.cnnic.net.cn/uploadfiles/pdf/2008/2/29/104126.pdf>

14 <http://www.smh.com.au/news/biztech/global-mobile-penetration-hits-33-billion/2007/11/30/1196037136825.html>

15 http://en.wikipedia.org/wiki/2008_Summer_Olympics#Broadcasting

16 http://www.tvb.org/nav/build_frameset.asp?url=/rcentral/index.asp

Que vol dir això? Que el redisseny d'una Internet per a tothom ha de tenir en compte aquestes dues tecnologies que no es van considerar en el seu començament: la tecnologia mòbil i la tecnologia mèdia i la seva evolució. Els sapiens som animals de llenguatge i per tant es clau incorporar la parla i la resta de llenguatges simbòlics (música, arts,...) als mitjans digitals per accelerar el desplegament d'una veritable Internet per a tothom.

La Fundació i2cat fa anys que segueix dins dels seus programes una línia estratègica de treball per una Internet de les Cultures. Estem encara vivint una Internet que va néixer de la cultura informàtica, després va passar a una cultura científica i tecnològica. Ara finalment està arribant a una cultura de les arts, els esports, les llengües,...La Internet que va néixer a Occident ara s'expandeix per Àsia massivament i més endavant per la resta de continents. Una Internet de civilitzacions i cultures pot facilitar la creació d'entorns col·laboratius entre països i comunitats llargament enfrontades i desconegudes.

En resum, la Internet, pot ser per a tothom?. Afecta aquest objectiu al programa de redisseny de la Internet actual?. Es podria pensar que amb la tecnologia actual es podria donar accés a la **Internet per a tothom**, seguint el model dels països més digitals. És així? És només un problema econòmic o legal?.

Efectivament, hi ha un problema econòmic molt greu. La major part de la població del planeta viu encara en economies amb unes infraestructures digitals o un nivell d'instrucció tecnològica molt deficient. Però no es podria generar una nova tecnologia d'Internet que redueix dràsticament aquest cost inassolible de la digitalització en termes tal i com als països que han encapçalat la primera generació Internet? Nous ordinadors més econòmics, noves xarxes digitals sense fils més potents i distribuïdes, noves aplicacions de software molt més flexibles per abordar el problema del multilingüisme, del analfabetisme, de les minusvalies,...són algunes noves tecnologies que els països amb més gent i menys recursos estan posant en marxa. Fer que la Internet arribi a tothom no es pot fer amb la tecnologia actual. És massa cara. Aquesta barrera econòmica és una justificació més que suficient per a que el programa de la Internet del futur en aquests països pugui produir innovacions tecnològiques que no interessin als països avançats però que poden ser tan efectives o més per arribar a aconseguir la Internet per a tothom. Els programes d'aquesta nova Internet dels i per als països en desenvolupament no necessàriament han de ser iguals que els dels països on es va desenvolupar primerament la Internet. Una Internet més econòmica i eficient pot ser també una nova Internet tecnològicament parlant.

Aquesta Internet del Futur també inclourà grans col·lectius d'usuaris que fins ara n'han viscut al marge. Els països en vies de desenvolupament estan començant a disposar d'infraestructures d'accés a Internet, i el creixement en penetració a la Xarxa s'està assolint a unes velocitats realment importants. L'acumulació de la major part de la població entorn a nuclis molt densament poblats afavoreix l'accés d'aquesta part de la població a Internet a través dels nombrosos llocs de connexió existents. Així, la Internet del Futur també s'ha de caracteritzar per tenir en compte també aquesta massa creixent d'usuaris que s'incorporaran a la xarxa de forma inexorable en els propers deu anys.

2.1.3 Una Internet de tothom

Aquesta Internet per a tothom planteja un enorme repte: com es pot dissenyar, desenvolupar, difondre, coordinar, pagar, .. Ningú ho sap. El propi plantejament d'una Internet del futur obre un gran interrogant donat que ningú sap com serà. El que sí sembla que creix és la tendència de tothom a voler influir en aquesta Internet del futur. Els usuaris cada vegada més volen no només usar-la, sinó també dissenyar-la, controlar-la, apropiarse d'ella.

El que podríem començar a reconèixer és que la Internet del futur es tracta d'un projecte d'innovació obert a tothom en si mateix. Aquest projecte ha anat incorporant diferents tipus d'experts que han aportat la seva contribució, a vegades innovadora, a vegades per frenar el desenvolupament de la mateixa Internet: des dels primers informàtics de DARPA, als enginyers de xarxes òptiques, als de mobilitat, als programadors en open source, als actuals enginyers de media, als periodistes digitals, als emprenedors del Valley o de Kista, els polítics digitals o els mateixos funcionaris de Bruxelles o de Pekín.

En aquest moment, maig del 2008, tant els USA, com Europa, el Japó i d'altres països han posat en marxa projectes de recerca per redissenyar la Internet¹⁷, per crear una nova generació de xarxes digitals que siguin capaces de superar les deficiències d'aquestes xarxes de primera generació. Anem cap unes xarxes digitals integrades, fixes i mòbils, de dades, de veu i audiovisuals, locals i globals, que puguin transportar qualsevol tipus de informació de forma bidireccional, fiable i segura, entre dos o més usuaris.

Però el punt clau no és tant defensar tal o qual visió de la xarxa, sinó el reconeixement per part de tothom que **l'evolució de la Xarxa dependrà cada vegada més dels seus usuaris**, en el sentit ample del terme. Així ho assenyalava la Internet Society en el seu informe "Preserving the User Centric Internet"¹⁸ Però no és suficient dir que dependrà dels usuaris. És necessari afegir un aspecte més: dependrà sobre tot de les seves innovacions. No només Internet pot ser una xarxa de persones, sinó una xarxa de persones innovadores de molt diferent tipus. El futur de Internet és ser el living lab, el laboratori obert de la societat del coneixement. Empreses com Nokia, líder en la tecnologia mòbil, reconeix el rol clau que els seus usuaris han tingut en el disseny del model N70, o com els propis usuaris són els responsables de l'èxit dels SMSs, o com els mateixos joves van posar en marxa la revolució del MP3 en Internet i el intercanvi de música i vídeos trastocant tota la xarxa. IBM organitza els seus Global Innovation Outlook com plataforma oberta d'obtenir innovacions dels seus propis clients i usuaris. Teòrics com Von Hippel del MIT reconeixen els nous processos de "democratització de la innovació"¹⁹. Aquest nou enfocament es comença a dir Living labs o laboratoris vius.²⁰

La Internet es pot veure doncs cada vegada més com un gegantesc laboratori vivent on no només universitats, empreses i administracions creen aplicacions i serveis nous, sinó també els propis usuaris, com Maria Amelia, la iaia de Galícia que als seus 95 anys manté el seu propi

17 GENI, Global Environment for Network Innovation, www.geni.net

18 <http://www.isoc.org/pubpolpillar/docs/usercentric.pdf>

19 <http://web.mit.edu/evhippel/www/books.htm>

20 www.openlivinglabs.eu

blog o diari digital a Internet²¹. A Catalunya, estan ja en marxa diferents iniciatives en aquest sentit com Citalab²² a Cornellà, Neapolis a Vilanova i la Geltrú o Tecnocampus a Mataró, sota un paraigües comú que anomenem CatLab, Catalunya Laboratori Digital.

Per a que Internet sigui per a tothom ha de comptar amb tothom pel seu disseny i evolució. Es tracta d'obrir el programa de recerca i d'innovació de la Internet del futur a sectors de la població cada vegada més amplis, com la mateixa dinàmica d'expansió de la Xarxa. La nova alfabetització digital era una alfabetització en processos d'innovació digital. El futur de la Internet està en el futur dels seus processos d'innovació, en obrir aquest processos a sectors creixents de la població. La qüestió ara és com incorporar aquests nous innovadors al programa de redisseny de la Internet.

El repte del futur de la Internet és com obrir el seu programa de reinvençió a nous sectors de població jove que vindran al món de les xarxes interessats per aquestes noves tecnologies, interessats en aprendre a sobreviure, viure i convidaure amb les xarxes i sobre tot interessats en veure quin benefici poden aportar a la seva vida i a les seves comunitats. La Internet del futur pot ser una Internet per al desenvolupament social, per a la salut, per a la formació, el desenvolupament econòmic, a la vegada que una Internet de les cultures.

Per això, el futur de la Internet lligarà com no ha estat possible abans els desenvolupaments tecnològics i socials. En aquest sentit, els grans sectors de la població que s'incorporen en un immediat futur faran que quantitativament la Internet s'ompli de gent jove d'Àsia, Amèrica Llatina i Àfrica. La qüestió clau és si aquest països podran jugar un rol clau no tant en la innovació tecnològica, a copiar i adaptar directament dels països del Nord, sinó en la seva connexió amb la innovació social i cultural, en la generació de nous coneixements que connectin els sistemes digitals amb les necessitats i sobre tot amb les possibilitats de sectors creixents de la població jove recent incorporada a l'era del coneixement.

La primera innovació social que pot beneficiar als països en desenvolupament és adaptar el més ràpidament possible el nou sistema d'innovació obert que significa Internet. És més barat i eficient que l'antic sistema d'innovació de l'era industrial. La riquesa de les nacions digitals provindrà del seu nou coneixement tecnològic i la seva aplicació als diferents àmbits de la natura i la societat. I aquest coneixement es genera en les seves persones. De moment, aquests estan sent cooptats pels països digitals avançats en forma de "lloguer de cervells" però arribarà el moment que ja no serà així. Si els països que van iniciar la Internet volen mantenir un cert lideratge global, o co-lideratge, ens tindrem que especialitzar, generar ràpidament nous coneixements digitals, i sobre tot en nous paradigmes i sistemes de generació de coneixements. Internet no es una xarxa nomes. Es un laboratori de tothom.

21 <http://www.20minutos.es/noticia/186517/0/abuela/bloguera/gallega/>
HYPERLINK "<http://amis95.blogspot.com/>" <http://amis95.blogspot.com/>

22 www.citalab.eu, HYPERLINK
"http://www.vilanova.cat/html/tema/societat_informacio/neapolis.html"
http://www.vilanova.cat/html/tema/societat_informacio/neapolis.html,
<http://www.slideshare.net/stsiweb/catlba-xarxa-catalana-de-living-labs>

En resum, l'arquitectura oberta de Internet ha permès que el gran impulsor de l'evolució de la Xarxa fos l'usuari, l'extrem", les persones. Aquests han adoptat immediatament aplicacions i serveis cada vegada més complexos i rics en informació, i això ha produït una demanda creixent de banda ampla, sobre tot de xarxes fixes que es el que ha permès una explosió de les xarxes òptiques. Tota aquesta emergència dels usos i els usuaris en el món digital esta creant un nou sistema d'innovació propi de l'era digital: Un sistema d'innovació en xarxa i obert a tothom, un sistema basat en el disseny com paradigma del nou tipus de coneixement.

El futur de la Internet pot ser un futur d'innovació oberta. Al segle XIX, un astrònom rus V. Vernasky.²³ va formular per primera vegada la hipòtesis de la Noosfera. Segon aquest científic, es tractava d'un nou estadi dins el desenvolupament de la biosfera on aquesta genera el seu propi sistema intel·ligent, un sistema semblant a una gran xarxa neuronal que permet a la biosfera prendre consciència de si mateixa. No sabem si encara com humans serem capaços d'aquesta etapa evolutiva. En qualsevol cas, la Internet del futur es pot ser un primer pas en aquesta direcció.

2.1.4 Quines tecnologies exigirà aquesta Internet per a tothom?

Reprenent el fil de la web 2.0 i de les seves tecnologies es parla essencialment d'aplicacions i serveis combinats de forma intel·ligent per donar lloc a fenòmens com són els Blogs, Wikis i les xarxes socials entre d'altres. A diferència de la Internet de primera generació, d'on es van desprendre les *killer applications* basades en correu electrònic o navegació web, aquesta obeeïa a un públic molt homogeni en quan a formació, necessitats i expectatives. Com ja hem comentat abans, la Internet del Futur està centrada en l'usuari, i aquest mostrarà un alt grau d'heterogeneïtat en quan a les seves necessitats i requeriments. Podem afirmar que no existirà cap *killer application* que obligui a redefinir conceptes i acapari bona part del mercat. El concepte actual de 'mashup'²⁴ seguirà evolucionant exigint cada vegada més prestacions als serveis que ofereix tant en seguretat, amplada de banda, preu, prestacions i accessibilitat. La personalització de les mashups és un fenomen que obligarà a crear noves facilitats en les tecnologies de media i transport que permetin enriquir els seus continguts, agilitant la interacció d'un contra molts i de tots contra tots, la qual cosa representa un repte important sobretot quan els continguts transferits són d'alta o de molt alta definició.

La ubiqüitat és també un aspecte diferenciador. Des del gran èxit de la segona generació mòbil, que ja oferia uns primers serveis incipients de dades a mitjans dels 90, la possibilitat d'estendre el servei d'accés al món Internet des d'un terminal mòbil ha estat un repte en constant evolució. De vegades fins i tot s'han perdut de vista les limitacions en quan a usabilitat dels propis terminals, inherents a la seva reduïda dimensió més que a la capacitat de procés o potència de càlcul. També el desplegament de les xarxes de comunicacions mòbils, seguint models de desenvolupament de negoci similars a la dels antics monopolis en matèria de telecomunicació, ha limitat certament l'explotació de riquesa i diversitat pròpies d'Internet. Per tant, un cop les barreres d'entrada estiguin dissoltes, és d'esperar que les tecnologies

23 <http://en.wikipedia.org/wiki/Noosphere>

24 http://es.wikipedia.org/wiki/Mashup_%28aplicaci%C3%B3n_web_h%C3%ADbrida%29

futures recolzades sota el concepte de 4G permetin acabar d'estendre els serveis de la Internet del Futur, degudament adaptats, de forma racional i intel·ligent.

2.1.5 Referències

[1] GENI, Global Environment for Network Innovation, www.geni.net

[2] The European FIRE. Future Internet Research and Experimentation Activities. June 2007.

2.2 Internet i Models de Negoci

Internet s'ha vist des de mitjans dels 90 com un nou entorn on desenvolupar diferents estratègies de negoci amb una base tecnològica que assegurava el procés de globalització ja iniciat. Aquest inici, mancat d'una cultura general del fenomen Internet entre els denominats empresaris de la nova economia, va desembocar en un creixement exponencial de les expectatives, una sobreinversió en tecnologies alarmant, una manca de models de valoració financera d'empreses tecnològiques i, finalment, amb una crisi mundial als voltants del 2000.

Podem considerar que el procés de crisi viscut ha contribuït de forma natural a fer el procés de filtratge habitual i la racionalització de les expectatives generades entorn a aquest nou món: els dels negocis a Internet. Per tant, els anys posteriors d'aquesta primera dècada del segle XXI han permès la generació de nous models de negoci emmarcats a Internet, establint grans contradiccions entre dos actors que es necessiten mútuament per poder seguir desenvolupant la xarxa, però que a la vegada recelen de la part dels ingressos que la xarxa genera: *els operadors de telecomunicació*, propietaris de les infraestructures de xarxa, amb gran tradició al sector més tecnològic i amb uns models de negoci eminentment verticals, fruit del període anterior a la liberalització de les telecomunicacions. A l'altra cara de la moneda hi tenim els nous, no per això menystinguts, en absolut. Empreses nascudes totes en l'època Internet, moltes d'elles amb menys de 10 anys d'existència però amb un compte de resultats realment espectacular i una base tecnològica centrada en el món del software i dels continguts impressionant. *Es tracta dels proveïdors de serveis d'Internet.*

Fins i tot els processos d'estandardització, que han permès l'èxit de les telecomunicacions paral·lelament a Internet, s'han vist afectats per aquestes dues filosofies de fer negocis amb la xarxa. Per un costat hi ha hagut la ITU, organisme internacional amb participació per països i per operadors que ha generat documentació en forma de recomanacions, i sovint sotmesa als lobbies de pressió dels grans fabricants i multinacionals de la mà dels governants. Això ha permès estandardització de les telecomunicacions a escala internacional, i generar un gran mercat unificat d'equipament, tecnologies i solucions d'interconnexió. En canvi, Internet, molt més viva i teòricament més allunyada d'aquestes estructures de pressió, ha generat els comitès actuals d'estandardització lligats a la ISCO d'on destaca el IETF. Aquest grup, que inclou també proveïdors de continguts, recercaires d'arreu del món i fabricants, resta obert a la comunitat, on recentment hi han aterrat els operadors de telecomunicació. La seva força i inèrcia és tan important que ha aconseguit uns nivells d'agilitat i eficàcia on els nous grups d'estandardització apareguts en el camp de la ITU, concretament el 3GPP, recolza bona part de la seva feina en documents i grups de treball comuns per apropar sinèrgies i aprofitar l'èxit aconseguit per la IETF en el procés de generació dels protocols d'Internet com a base tecnològica del sistema.

Darrerament, a aquesta pugna entre serveis/continguts i xarxes, se li ha afegit el debat al congrés americà referent als aspectes de neutralitat en xarxa. Poden els operadors de telecomunicació establir polítiques de prioritització de tràfic que afavoreixin els seus serveis i vagin en detriment dels serveis de tercers? Han de ser les xarxes de telecomunicació més transportadors de bits a alta velocitat i amb segell de qualitat, és a dir neutrals? Què està contractant realment un client de DSL o de cable quan lloga un servei a 20 Mbps?

Aquest debat, que encara resta obert, deixa palès aquest confrontament entre models i visions que determinen la manera de fer negocis a la xarxa o de desenvolupar estratègies de negoci a Internet.

Altres actors, no menys importants però en aquest moments secundaris en el debat, són els fabricants d'equips terminals, de servidors, d'equipament de telecomunicació i el del sistemes software. Tots participen en els diferents fòrums, intentant articular estratègies comunes, aliances que van variant al llarg del temps però que no acaben de confluïr en un model consolidat i estable de relacions que possibiliti el desenvolupament de noves iniciatives a Internet.

2.2.1 Visió de la situació dels models de negoci a la Futura Internet

Totes aquestes reflexions ens porten a realitzar una sèries de consideracions sobre com evolucionarà tot plegat. L'escenari actual és complex: aliances temporals, fusions i absorcions, acumulació de recursos financers per poder adquirir l'adversari, aventures empresarials en subsectors nous, etc. Tot en un món canviant i on Internet creix dia a dia de la forma comentada en el capítol anterior on parlàvem dels usuaris de la Internet Futura.

El que és cert és que tots aquests actors, alguns poden semblar molt enfrontats, es necessiten mútuament per seguit avançant i fer créixer el fenomen d'Internet de la mà dels usuaris. Per tant, en aquesta lògica s'intueix que és necessari un equilibri, un acord o pacte global en benefici de tots per cadascú jugar el seu rol d'especialització (en la xarxa, en els serveis i en els continguts) però de forma més estreta i coordinada. Posarem un exemple:

La Internet del Futur serà, com parlarem més endavant, la Internet de la Media. Això vol dir que les xarxes de telecomunicació han d'estar preparades per transportar fluxes a alta velocitat/qualitat, multiplicant la seva capacitat i amb mecanismes que assegurin aquestes velocitats de forma constant. Per tant, en recerca i estandardització cal avançar i trobar solucions a aquest gran repte tecnològic. Altrament, models de negoci dels media a Internet no seran sostenibles i acabaran fracassant.

Internet ha basat la senzillesa del seu model de xarxa externalitzant la intel·ligència en els extrems i no en el nucli. Aquest model ha estat sostenible fins ara, amb volums de dades moderats, velocitats controlades i jugant amb la paciència dels usuaris. S'està arribant a un límit pel que fa a poder distribuir continguts 'pesats' audiovisuals als usuaris residencials de forma massiva, contínua i sota demanda. Els protocols de multicast desenvolupats des de fa més de 30 anys no han tingut èxit en exigir una renovació del nucli de la xarxa, sense un model de gestió clar, i fins i tot posant en perill aspectes de seguretat i disponibilitat del servei. Els protocols de distribució de continguts P2P els han guanyat la batalla. Han ideat el multicast des dels extrems terminals, creant estructures de distribució en multicast a nivell d'aplicació. Els usuaris, independentment de la xarxa, s'organitzen per cercar, trobar, descarregar i visualitzar continguts de forma massiva.

Per poder donar continuïtat a aquestes primeres aplicacions, de moment sense models de negoci solvents al darrera, cal una major agilitat en proveir i gestionar capacitats de xarxa importants a aquests usuaris. Augmentar les prestacions actuals dels enllaços, pensant en

serveis i aplicacions de mitjà, ja no és possible sense una cooperació de la pròpia xarxa en tant que implementi protocols a nivell de la xarxa d'accés (bé sigui fixa o mòbil) que assegurin aquests fluxos. Aquest és el punt clau: de nou la tecnologia obligarà a un cert nivell d'entesa implícita entre operadors i proveïdors per poder seguir avançant tots plegats.

Aquest exemple serveix per il·lustrar que estem tots obligats a un nivell d'entesa. Cadascú seguirà amb el seu negoci, amb les evolucions pròpies que ja els han caracteritzat:

Els operadors de telecomunicació han de veure en aquesta Internet del Futur basada en Mitjà com una nova oportunitat d'afegir valor a les seves connexions, seguir venent capacitat i passant a diferenciar aquesta capacitat en funció del nivell de qualitat pactat. Recordem que ara mateix el nivell de qualitat de qualsevol contracte d'accés a Internet residencial ofert pels operadors és simplement nul. Aquí hi ha camp per créixer i innovar en recerca, per acordar solucions convenientes amb els proveïdors dels serveis i garantir les comunicacions com han vingut fent sempre, abans en escenaris molt menys exigents des del punt de vista tecnològic.

Els proveïdors de servei, centrats en innovar en nous serveis, requereixen el suport dels operadors de telecomunicació del futur, amb tecnologies punteres que els permeti diferenciar-se en servei i arribar a tots els usuaris i clients amb qualitats pactades. Imaginem algunes d'aquestes aplicacions de streaming de vídeo per IP que ens permetin veure, amb qualitat similar a la de la televisió convencional, un canal d'una televisió local de Kista, a les rodalies de Estocolm a Suècia. A qui pot interessar aquest contingut a Catalunya? Recordem els conceptes de long tail o d'agregació de mercats de la 'web 2.0' que ho justifiquen plenament.

Pensem que l'escenari d'aquesta Internet del Futur pel que fa a actors i models de negoci evolucionarà de la forma esmentada. Però encara no hem respost a 'la' pregunta:

Serà neutral la Internet del futur?

La resposta no està prou clara. Al nostre parer es pot dividir en un seguit de preguntes de tarannà variat que són les següents:

- En l'àmbit polític: Hi ha un desig per part dels governants en què la Internet sigui realment neutral? Quins lobbies de pressió poden influir en decretar la Internet neutral 'per llei'? quin marc jurídic internacional podria garantir aquesta neutralitat a nivell global?
- En l'àmbit dels models de negoci: afavoriria una Internet neutral més negoci en el seu entorn? Serien sostenibles aquests models de negoci basats en la Internet neutral? Convé una Internet no-neutral per assegurar models de negoci existents? Quines conseqüències té iniciar amb una Internet no-neutral i després neutralitzar-la?
- En l'àmbit de les tecnologies: Què significa 'neutralitat'? Com s'implementa? Es pot assegurar aquesta neutralitat? Hi ha maneres de desnaturalitzar la neutralitat? Qui vetlla per la neutralitat, en cas de considerar-se positiva?

- I finalment, en l'àmbit dels usuaris: Volen els usuaris realment una Internet neutral? Quins beneficis/inconvenients els aporta? Tenen tots els usuaris les mateixes necessitats de connexió?

Pensem que és prematur intentar avançar respostes a les preguntes anteriors. Cadascú pot tenir una visió parcial del problema, pot tenir els seus interessos en funció del rol que li ha tocat jugar. Sovint els interessos se centren en el curt termini i no en el llarg, ja sabem que el temps en l'avanç de les tecnologies és una variable essencial. Per això, caldria un exercici de posada en comú, deixar de banda els interessos a curt termini i buscar respostes conjuntes que ajudin a determinar el Futur dels Models de Negocis en aquesta Internet canviant.

2.2.2 Referències

[1] EIFFEL: Evolved Internet Future for European Leadership. December 2006

2.3 Internet i els Mèdia

La Internet tal com fou desenvolupada en els seus inicis no estava pensada per a la distribució de continguts de mèdia. A mesura que la xarxa va anar ampliant-se, i sobretot després de l'aparició de WWW, la introducció de continguts multimèdia va créixer exponencialment. En aquest període, les imatges combinades amb hipertext era el que predominava a la xarxa, les imatges inicialment es codificaven en formats poc eficients com el GIF (Graphics Interchange Format) dissenyat per CompuServe al 1987. Aquest format tenia la característica de comprimir imatges en color d'una profunditat de només 8 bits/píxel sense pèrdua i permetia fer petites animacions per concatenació d'imatges. El JPEG (Joint Photographic Experts Group) que ja havia estandarditzat el format compressió d'imatges fixes el 1991 va acabar imposant-se per la seva millor qualitat a igualtat de compressió. A principis de la dècada dels 90 no es requeria encara el desenvolupament de cap protocol específic d'Internet, degut a que les imatges es descarregaven sobre protocols genèrics com el ftp o http basats en TCP.

Ràpidament però es va observar la necessitat que la xarxa pogués suportar altres tipus de mèdia més sofisticats. En un inici empreses com RealNetworks 1997 varen desenvolupar els seus propis protocols per oferir serveis de streaming (és a dir transmissió d'un flux continu de dades), apareixen els primers serveis vídeo i de ràdio per Internet. Al mateix temps, empreses com Apple i Microsoft varen treure sistemes semblants. Tots els sistemes d'aquesta primera època es caracteritzaven per comprimir o de transmetre les dades en formats propietaris.

Paral·lelament, els sistemes de vídeo conferència havien evolucionat, l'aparició de la xarxa digital de serveis integrats (XDSI) de forma àmplia permetia que mitjançant el protocol H.320 i utilitzant compressió H.261 s'establissin videoconferències en entorns bàsicament empresarials de costós desplegament i configuració. L'evolució del H.320 a H.323 va permetre que les videoconferències empressin el protocol IP tot i que a la vegada també s'havien desenvolupat, mitjançant el IETF, altres protocols útils per a la transmissió de media com el RTP (Real-time protocol) que juntament amb el SIP (Session Initiation Protocol) platejaven una solució per a l'entorn de les videoconferències.

El RTP fou estandarditzat pel IETF l'any 1996 i ja permetia la transmissió de fluxos de media sobre el protocol UDP. El RTP fou estandarditzat juntament amb altres dos protocols un de sessió, el RTSP, i un altre de control, el RTCP. La transmissió de fluxos a la xarxa començava el camí de l'estandardització, i el IETF va anar completant des d'aleshores la definició de l'adaptació dels diversos còdecs multimèdia sobre RTP (MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, ...).

Igualment, els protocols d'encaminament varen anar evolucionant, ja que la distribució de mèdia sobre comunicacions punt-a-punt (unicast) no era escalable tant des del punt de vista del servidor com de la xarxa. L'encaminament basat en xarxes que suportessin multicast es va veure com una solució al problema, on múltiples usuaris podien rebre còpies del mateix flux a costa de perdre la possibilitat d'interacció amb el media per part dels usuaris. El problema del multicast es trobà en el fet que difícilment el tràfic unicast es podia transmetre de forma transparent a través de diverses xarxes, i el seu ús es limità a entorns tancats generalment acadèmics o corporatius. Projectes com el Mbone intentaren resoldre el problema mitjançant tècniques de tunneling unicast.

A finals de la dècada dels noranta les xarxes p2p basades en la comunicació col·laborativa entre nodes d'igual a igual sense la necessitat d'accés a un servidor central per a la descàrrega de mèdia començà a aparèixer com una possible solució a la distribució dels mèdia a Internet. A més a més un altre avantatge de p2p és que en establir-se com un overlay a nivell d'aplicació, pot travessar els routers i tallafocs (firewalls) que limiten la distribució del multicas. La popularitat de les xarxes p2p per a descàrrega de fitxer de mèdia ha crescut enormement durant els primers anys del 2000, fins al punt que ha esdevingut el tràfic principal de la xarxa. La distribució massiva de continguts en un sistema descentralitzat com el de les xarxes p2p fa que el control dels drets d'autors no es pugui efectuar fàcilment, això ha tingut conseqüències importants en el sector de la creació de continguts, i resta com una de les major assignatures pendents a resoldre.

Més recentment, l'aparició de les xarxes socials (anomenat web 2.0) també ha tingut un gran impacte pel que fa el mèdia, on els usuaris esdevenen creadors i consumidors de continguts. Un exemple paradigmàtic es youtube, que ha esdevingut un fenomen social de compartició de contingut de mèdia.

L'actual Internet (AI) és encara un mecanisme de transport de dades, tot i que la societat del coneixement necessita anar més enllà. Aquesta societat demana un espai on cadascú pugui desenvolupar les seves capacitats a través d'un entorn digital avançat. Internet ha de ser un xarxa en el sentit més ampli de la paraula, on qualsevol pugui crear, emmagatzemar i enviar a la resta d'usuaris qualsevol informació dels cinc sentits, en qualsevol tipus de qualitat i quantitat. Aquest "estudi" obert i distribuït permet la invenció, la creació i el descobriment de nous continguts i nous mèdia en si mateix.

Un primer pas en aquesta direcció és reduir les barreres cognitives. La Internet que coneixem avui és encara la Internet de les persones especialitzades, coneixedores d'un llenguatge internacional i amb capacitats d'escriure amb teclats. De forma creixent, les interfícies naturals i la mèdia d'alta qualitat estan inundant Internet més i més, permetent a cada comunitat o individu ser a Internet. Una nova Internet, doncs, està emergent, la Internet dels sentits, no només de la parla i de la visió. Més enllà, un nou món dels mèdia ens arriba.

Aquests nous requeriments d'usuari estan canviant profundament l'arquitectura de la xarxa. Necessitem una nova arquitectura per aquesta nova xarxa dels mèdia, la Futura Internet de la Mèdia (FIM)

L'objectiu d'aquest capítol és, en primer lloc, identificar els problemes de la Internet actual respecte a la xarxa i a la mèdia, per preveure, en segon lloc, les característiques d'aquesta FIM, respecte al Contingut (mèdia) i al Lliurament (xarxa), i proposar, finalment, una nova arquitectura de mèdia a la FIM.

2.3.1 Problemes de l'Actual Internet respecte a la xarxa i la mèdia

De fet, hi ha una doble natura de la Futura Internet (FI): les xarxes de nova generació, i les noves formes de Mèdia creativa, plantejant-se importants contradiccions entre aquests dos punts de vista.

Des del punt de vista dels experts de la mèdia, els problemes actuals són la falta d'interacció real entre la gent i la mèdia, la manca de mecanismes de cerca i recuperació eficients, la manca d'entorns de col·laboració reals, l'accés impersonal i mono modal al contingut, la distància entre el contingut (Media) i els sentits, i la manca de comunicació emocional entre els usuaris i comunitats.

Des del punt de vista dels experts de Xarxa, els problemes actuals de la Internet es centren en els aspectes de fiabilitat de la Xarxa, la seva gestió complexa, la natura asimètrica de les comunicacions (canals de comunicació asimètrics), la capacitat relativament limitada de les xarxes d'accés i distribució, la limitació d'aconseguir ubiqüitat permanent d'accés, la manca d'integració de qualitat de servei, la seguretat i la mobilitat (detecció d'intrusos, reducció d'atacs, reacció ràpida a aquests, etc), i les dificultats per monitoritzar el rendiment de la xarxa, entre d'altres.

La Internet no va estar pensada per transmetre les Media que actualment viatgen per la xarxa, i menys la que viatjaran en un futur proper, ja que aquesta és va dissenyar com a xarxa d'ordinadors que es transmetien informació d'un punt a una altre, i per tant, la indústria de les telecomunicacions i dels ordinadors oferien a les comunitats científiques i tecnològiques la Internet de "la transmissió de dades", la Internet d'accés a continguts. És clar que quan el disseny i l'ús d'un sistema no encaixen, acaba essent almenys ineficient. I això és el que ha passat actualment amb l'Internet.

A més a més, en el moment que aquesta Internet s'ha democratitzat, i s'ha obert a d'altres comunitats, s'ha obert un ventall de possibilitats que aquests usuaris demanden i que actualment la Xarxa és incapaç de proporcionar-l's-hi. Aquestes comunitats creatives volen ser protagonistes actius, i no pas passius, volen generar continguts i que d'altres usuaris la consumeixin, més encara quan els dispositius de generació i visualització d'alta qualitat i definició tenen un preu assequible per aquests usuaris, permetent-los crear continguts equiparables en qualitat als de les indústries audiovisuals tradicionals.

L'evolució de la Internet ha estat intentar que aquestes Media s'adaptin a les seves característiques, però aquest camí s'ha vist esgotat i cal re orientar-lo. D'aquí que a nivell internacional estan apareixent iniciatives finançades públicament per avançar en aquesta futura Internet.

La primera evolució mencionada abans és va basar en intentar adaptar la Media a la xarxa, exemples d'aquests són l'aparició del RTP (Real Time Protocol), RTCP (Real Time Control Protocol), compressions com MPEG, etc. En definitiva, des del punt de vista de l'usuari, aquest vol treballar amb els formats de vídeo habituals, com les interfícies digitals estandarditzades, i necessita que aquestes viatgin per la xarxa, que la xarxa sigui transparent.

Actualment, Internet força que el mèdia s'adapti a la xarxa, i això implica la majoria de les vegades que aquest perdi part de les seves característiques intrínseques.

Ningú acceptaria actualment que, en connectar un PC a una pantalla, els hi diguessin que hi haurà un retard de 10 segons entre el que escrivim i el que apareix per la pantalla, perquè el senyal que surt de l'ordinador s'ha d'adaptar al medi, en aquest cas un cable. En canvi, quan

fem una videoconferència, actualment cal que el senyal de sortida es comprimeixi per ser transmès, provocant una disminució de la qualitat i, a més, un retard, que fa que deixi de ser una videoconferència útil.

Cal, per tant, que la Internet s'adapti per proporcionar-li el servei adequat a l'usuari, i no a l'inrevés, com fins ara que el mèdia s'adapta a la xarxa.

Un altre exemple és el consum d'un contingut en concret. L'usuari vol cercar un contingut, per consumir-lo. El lloc on resideix aquest contingut, els formats, la qualitat hauria de ser transparent a l'usuari, per ser més transparent i natural. Quan anem al forn a buscar una baguette, i la demanem, no ens responen dient que hem de demanar per una `baguette@paletdelbaguet.nomdeldistribuidor.paisdeldistribuidor`, el que volem és una baguette.

2.3.2 Necessitats de la Futura Internet respecte la xarxa i la mèdia

La Internet futura respecte al mèdia ha de permetre una integració molt més forta dels serveis mèdia. Fins al moment, la Internet actual impedeix que els usuaris tinguin un accés als mèdia de forma senzilla, transparent i adaptada. La Internet futura ha de permetre mecanismes que facin que el consum, generació, manipulació dels mèdia siguin mol més fàcils.

La Internet Futura haurà doncs integrar les següents funcionalitats:

- Intel·ligència: el contingut transmès a través de la Xarxa haurà d'adaptar-se als usuaris respecte les seves preferències, els seus terminals i condicions d'accés a la xarxa. Hauria de ser possible que els objectes mèdia es poguessin personalitzar tot anotant, modificant, creant o compartint el contingut segon sigui apropiat. El contingut s'hauria d'adaptar al terminal segons característiques sensibles (sonores, visuals, posicionament,..) i de capacitat de l'usuari i terminal. Així mateix el contingut s'hauria d'adaptar a la xarxa d'accés que l'usuari estigues utilitzant, fins i tot tenint en compte fluctuacions en la qualitat (capacitat de la mateixa, retard,..) que poden ser degudes, per exemple a la mobilitat.
- Multimodalitat i suport emocional: la Internet Futura haurà de permetre el transport de contingut 3D multimodal. El contingut 3D ha de ser utilitzat en les futures aplicacions de forma realista en entorns virtuals, representació d'humans en forma d'avatars, etc. . El contingut 3D no només refereix a la tercera dimensió espacial però també els sentits com el so, l'olor, la temperatura, pressió, etc. . Igualment, cal un mecanisme amb el qual les emocions puguin ser associades a continguts o a la comunicació entre usuaris.

Integració de dispositius multifuncionals: cada cop els dispositius especialitzats estan entrant al mercat (telèfons mòbils, reproductors de mp3, PDAs,..) donant lloc a una multiplicitat de sistemes on cada dispositiu ofereix un servei. La Internet Futura hauria de ser capaç de comptar amb dispositius multifuncionals integrats que tinguin la possibilitat de reproduir

continguts multimodals. De la mateixa forma que també haurien de ser capaços de crear-ne, modificar-ne, compartir-ne o cercar-ne.

- Interactivitat per a tots els dispositius: L'usuari ha de ser capaç d'interactuar amb objectes de mèdia modificant-los i/o visualitzant-los des de múltiples punts de vista i perspectives. Igualment, també serà necessària la interactivitat en temps real amb altres usuaris a través del Media amb l'objectiu d'aconseguir un nivell màxim de col·laboració.
- Col·laboració: molt relacionat amb l'anterior, per tal que l'entorn professional pugui treure'n màxim profit de l'ús de la Internet Futura cal que el contingut pugui ser editat/filtrat/creat/manipulat de forma col·laborativa entre diversos usuaris de forma àgil i simple.
- Control distribuït: el control de la creació i distribució de contingut no ha d'efectuar-se des d'una sola entitat. El usuaris són a la vegada generadors i consumidors de contingut. Les architectures basades en overlays p2p es preveu que generin nous models d'interacció i cooperació que puguin suportar noves aplicacions com entorns virtuals col·laboratius, serveis personalitzats de mèdia, esports de grup virtuals, etc. Els entorns distribuïts han de suportar la distribució en temps real de contingut multimodal de forma adaptada.
- Xarxa orientada a continguts i serveis (i usuari): de la mateixa forma que la Internet futura estarà centrada en l'usuari (personalització, adaptació, etc..) però aquesta premissa, essent l'usuari consumidor de continguts i serveis, obliga que la Internet Futura estigui també centrada en els mateixos. La Internet actual centra el seu funcionament en les adreces IP com a font i destí de les comunicacions, essent l'adreça IP el localitzador i identificador dels elements. La Internet futura hauria de centrar-se en els continguts i serveis independentment de la seva localització o adreça IP. El contingut hauria d'estar distribuït i l'usuari final haurà de ser capaç de sol·licitar, cercar i trobar la informació independentment de la seva localització. Igualment la Internet Futura hauria de focalitzar-se en els serveis, on el punt central es l'usuari i els serveis sol·licitats més que no pas la seva localització a la xarxa. Potser el adreçament en primer lloc hauria de ser basat en la identificació dels objectes mèdia i en segon lloc en la seva localització.
- Temps real: la majoria de continguts de màxim atractiu són aquells que s'esdevenen en temps real. La Internet futura ha de facilitar l'ús de contingut multimodal generat en temps real. Des de la font fins a l'usuari independentment de l'arquitectura de xarxa. El lliurament en temps real d'aplicacions i continguts amb els adequats paràmetres (com capacitat, latència, jitter, etc,) és imprescindible per permetre que a aplicacions col·laboratives distribuïdes pugui efectuar edició i creació d'objectes mèdia o la participació en temps real en esdeveniments.
- Cerques de contingut multisensorials: degut a l'existència de nous tipus de contingut i nous continguts, és important que sigui possible el recuperar de la xarxa qualsevol

contingut a través de qualsevol mitjà. Això inclou el recuperar música a partir d'un fragment, vídeo a partir d'un segment o objecte de la imatge, etc.

2.3.3 Nova capa de mèdia (CM)

La CM és un nou paradigma de xarxa de mèdia, que intenta redissenyar les xarxes de comunicacions de cara a suportar la creació, compartició, distribució visualització de qualsevol tipus de contingut, mèdia o dades, com a servei o recurs, entre persones o màquines. La filosofia de la CM és esdevenir l'estàndard de transport de facto per qualsevol tipus de mèdia futura, incloent dades i contingut multimèdia. Si és capaç de garantir els requeriments restrictius de la Media en una transmissió en viu o en una videoconferència (en termes de retard, jitter, integritat,..), només amb poques modificacions podrà garantir almenys la integritat de tot tipus de tràfic. El següent gràfic mostra una visió general de la CM.

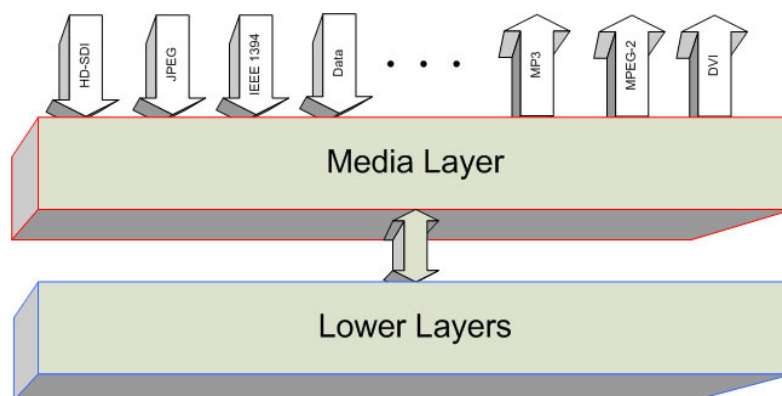


Fig. 8 - Media layer

Aquesta capa és anomenada en altres llocs, per exemple en el projecte FIND, com a Information Layer, però en qualsevol dels casos tendeix a demanar a la xarxa que sigui menys agnòstica del contingut, tampoc acaba de ser acceptada la utilització de la nomenclatura de capes, però alhora es reconeix que en una implementació més detallada de l'arquitectura, es tendirà a plantejar-lo en forma de capes.

A mesura que la xarxa s'adapti a la mèdia, farà que hi hagi encara més mèdia transmetent-se per la xarxa. Apareixeran noves incògnites, com per exemple, si la Internet em permet connexió ubíqua, quin sentit té emmagatzemar continguts? Si es vol consumir, només cal demanar-lo a la font, a l'origen, al creador del contingut. Només caldrà, doncs, emmagatzemar el propi contingut, aquell que hagi creat l'usuari, el protagonista de la creació. Aquests és una possible via per preservar els drets d'autor, per exemple.

En aquest sentit el model ha canviat, i dels clàssics ISP tradicionals s'ha passat a serveis de consumidor a consumidor, i en el qual han aparegut intermediaris d'aquests serveis que el proporciona valor afegit, com ara la cerca (Google), o mitjancers P2P (Skype o e-Bay). Pertant, el model es contempla en base a tres elements: creadors, consumidors i intermediaris, on aquest últims són considerats en sentit ampli; per exemple, un router és un intermediari. En el cas anterior de consum directe del creador, és clar l'exemple de l'intermediari que ha tingut més èxit (Youtube), però potser aquest intermediari esdevindria en la FI un cercador i no tant un contenidor de vídeos cercables, com ara.

El concepte de CM es basa en fondre en una capa aquells mecanismes que els mèdia necessiten per ser transmesos sobre una capa física de transport, òptica o ràdio. Això té implicacions molt àmplies, com per exemple en l'adreçament. Aquest definitivament ha de centrar-se fonamentalment en el contingut, i no pas en altres aspectes com la localització. Ara hi ha problemes, com el multi-homing, que prové de l'adreçament basat en la localització. Altres tipus d'implicacions són la simplificació de mecanismes que ara, fruit de l'evolució, es repeteixen en diferents capes, com el control d'errors, l'encaminament, l'adreçament i multitud d'overlays. Un altre aspecte és l'entramat, que actualment es fa sense tenir en compte el contingut que transporta. Això provoca pèrdues de sincronisme en els continguts de temps real transportat per trames bàsiques de nivell 2, per exemple.

En aquest concepte, s'han d'integrar les tendències tecnològiques que s'enumeren a continuació:

Codificació de contingut multicapa i multivista. Es considera que serà una evolució de l'actual H264 AVC/SVC/MVC.

- Les plataformes de creació virtual 3D crearan nous requeriments en termes de representació de la informació, filtratge, agregació i transport. També, apareixeran nous formats 3D i caldrà manipular-los per tal de fer cerques dins d'aquest tipus de continguts. En el cas d'eines de cerca, creixerà la demanda d'eines més sofisticades per a professionals i en àmbits P2P.
- L'adaptació de la mèdia com a servei de la xarxa i no com a pas previ de l'usuari. Aquesta tendència és, per exemple, la implementació de serveis de transcodificació com un servei en IMS (tasca i2CAT en i3media).
- Distribució del contingut, control distribuït, caching i streaming de contingut multixarxa i multifont oferint requeriments de xarxa balancejada.
- Visualització de nous continguts, i en concret, d'alta qualitat per part de professionals i amateurs.

La gran revolució d'Internet en els darrers anys, i que en part ha desencadenat la necessitat de la revisió del model actual d'Internet, ha estat el fet que l'usuari hagi esdevingut un generador de continguts per ell mateix, i que per ell sol hagi pogut transmetre continguts directament cap a un altre usuari. Això ha estat possible gràcies a l'aparició de xarxes overlay P2P. Aquestes xarxes lògiques han permès que la informació hagi fluït entre els usuaris, com a iguals, enlloc de procedir d'un servidor central. Els dos grans avantatges que proporciona aquest esquema és l'escalabilitat en el nombre d'usuaris del sistema i la seva robustesa. És un fet que aquests sistemes funcionen millor quan més usuaris l'utilitzen.

La Internet actual ja és una xarxa de mèdia basada en tràfic P2P. Fa pocs anys, després de la revolució de la WWW i la seva extensió als usuaris finals, el percentatge de tràfic més alt fou HTTP. Aquesta tendència ha canviat recentment cap al tràfic P2P i l'intercanvi de mèdia entre usuaris. Diferents estudis dels comportaments dels usuaris d'Internet, com per exemple el report d' ipoque Internet Study 2007 0, el report PEW Internet & American life project's Online Video 0, el report de Cisco Exabyte Era 0, o els reports de Harris Interactive Polls,

reflecteixen aquesta tendència i constaten que la mèdia sobre P2P és el tipus de contingut més transmès.

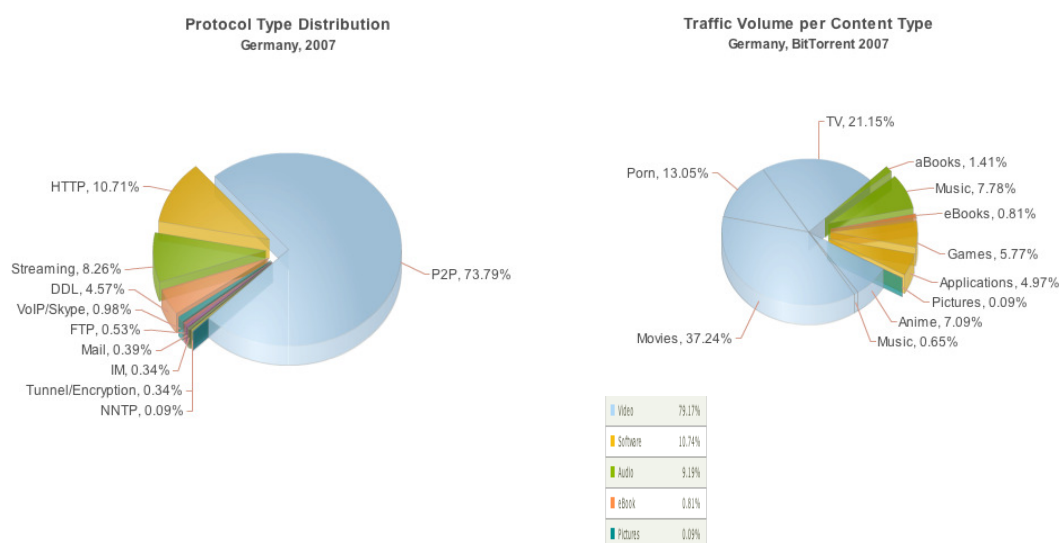


Fig. 9 - ipoque Internet Study 2007²⁵

Aquesta revolució silenciosa a la xarxa, que ha portat al tràfic P2P a ser considerat el tipus de tràfic que més ample de banda ocupa, és considerada com una amenaça per part dels proveïdors de serveis de xarxa, perquè satura tot l'ample de banda disponible, i pels proveïdors de serveis de mitjà, perquè perden el control dels seus propis continguts de mitjà, essent aquests distribuïts per la xarxa.

En la Internet del futur, ambdós tipus de proveïdors hauran de convertir aquestes amenaces en oportunitats, ja que el concepte de serveis P2P sembla inevitable.

Tradicionalment, el servei de P2P amb més èxit ha estat l'intercanvi de fitxers distribuït, e-mule o bittorrent, tot i que en la Internet del futur, el ventall de serveis s'ampliarà enormement, i més en l'àmbit audiovisual, com el servei d'streaming o el servei de videoconferència, on ja hi ha els primers exponents, PPlive i Skype respectivament. En el futur tindrem probablement un e-Bay de serveis, de compravenda, on els usuaris accediran per satisfer les seves necessitats de servei, enlloc d'anar a una gran superfície, com en el model de la Internet convencional.

Aquesta generalització de serveis P2P cal trobar-la en la creació de diferents tipus de xarxes overlay. Ja en els seus inicis les aplicacions P2P pioneres varen crear xarxes lògiques, overlays, per tal de solucionar els problemes o mancances de la xarxa IP, com per exemple, identificació única. És, possiblement, una política aplicable en la Internet del futur, en la qual hi haurà una capa de transport de dades molt ràpida, senzilla de gestionar, amb connexions punt a punt de

²⁵ http://www.ipoque.com/news_&_events/internet_studies/internet_study_2007

gran velocitat, per sobre de la qual s'aniran construint overlays de serveis específics, temporals dinàmics, autoconfigurables no només de mèdia sinó d'altres, com ara encaminament.

Un dels grans inconvenients a resoldre d'aquesta solució serà el desacoblament existent entre aquestes xarxes overlay i la xarxa física, que fa que encara sigui poc eficient l'ús de recursos de xarxa que fan servir.

2.3.4 Referències

[1] ipoque Internet Study 2007 report,

http://www.ipoque.com/news_&_events/internet_studies/internet_study_2007

[2] PEW Internet & American life project's Online Video report,

http://www.pewinternet.org/PPF/r/219/report_display.asp

[3] Exabyte Era

Cisco, http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/net_implementation_white_paper0900aecd806a81a7.pdf

[4] Harris Interactive Polls reports,

http://www.harrisinteractive.com/harris_poll/index.asp?PollYear=2008

[5] The Future Internet: A Content Creation and Media Delivery Perspective. Working Group in Bled. February 2008

2.4 Internet i Ubiquitat

Les comunicacions mòbils estan gaudint d'un èxit sense precedents. A partir dels primers sistemes comercials que va desenvolupar en Marconi, l'ús i la capacitat de les comunicacions mòbils no han deixat de créixer. La tendència no sembla que canviï en els propers anys. La comunicació sense fils ofereix llibertat d'ubicació en comparació a la comunicació calbejada i permet de manera més simple la comunicació en diferents dispositius simultàniament [1]. Té la problemàtica de que el medi de comunicació no és d'ús exclusiu, i pateix de l'efecte de propagació multicami. Aquest fenomen, que consisteix que al destí arribi el senyal original i altres repliques que han viatjat per diferents camins, sovint és identificat com un problema, però pot esdevenir un avantatge.

Aquest ús de les ones radioelèctriques està motivant la seva saturació i es veu com una necessitat l'ús de freqüències més elevades i el increment de la eficiència de les bandes freqüencials utilitzades. Les freqüències que resulten més interessants són les compreses entre els 300MHz i el 3GHz. Aquesta banda permet fer terminals de reduïdes dimensions (per la mida de les antenes) i la propagació no és exclusivament en línia de visió (objectes com a parets o edificis poden estar en el camí en línia recta entre emissor i receptor). Es pot treballar a menor freqüència millorant els sistemes radiants o fer servir freqüències més elevades si evitem el requeriment de propagació línia de visió entre l'origen i el destí de la comunicació. En qualsevol cas l'espectre radioelèctric és un bé comú i, com ja hem dit, escàs que hem d'usar el millor possible. Això implica augmentar l'eficiència, és a dir la capacitat de transportar bits per Hz i per Km².

La millora en les modulacions i codificacions permet apropar-nos a la màxima capacitat definida per la relació de Shannon augmentant el nombre de bits per Hz, però amb aquestes millores no arriben a satisfer la demanda futura de capacitat. El camí que pot oferir millores més significatives està en el reus espacial del espectre, que millora la capacitat de bit per Km². El reus cel·lular va ser la primera de les tècniques emprades als anys vuitanta amb la telefonia mòbil cel·lular. Aquesta tècnica consisteix en dividir la zona a cobrir en petites zones anomenades cel·les i que són ateses per estacions base. Teòricament la capacitat es pot fer infinita fent cada cop les cel·les més petites. Aquesta tècnica té l'avantatge addicional de permetre utilitzar freqüències més elevades, però presenta el problema de l'increment del nombre d'estacions base i per tant dels punts de connexió a la xarxa fixa. Aquest problema es pot resoldre en alguns casos amb l'ús del concepte de xarxa multisalt. Les estacions base no es connecten directament a la xarxa fixa, es poden connectar entre elles per portar la senyal d'una base a un altre passant a través de diverses estacions base. Un cas extrem són les xarxes ad-hoc on no hi ha infraestructura i són els propis usuaris qui fan la xarxa. Aquestes tipus de xarxes resulten també interessants per la seva facilitat de desplegament.

El concepte cel·lular es pot veure com una implementació del concepte de multiplexat espacial de l'espectre. Aquest es pot millorar fent servir antenes directives que enfoquin la seva radiació vers on es troba el destí de la comunicació i només durant el temps de la comunicació. Amb aquesta tècnica es pot reduir la interferència produïda i rebuda procedent d'altres cel·les que fan servir el mateix tros de espectre radioelèctric. Les tècniques MIMO (multiple input and multiple output) i el "phased array" es poden considerar tecnologies de multiplexat espacial.

Totes les evolucions de sistemes ràdio actuals com el 802.11n per les WLAN o el LTE per UMTS utilitzen alguna de les tècniques de multiplicitat espacial esmentades.

Una altra forma d'incrementar l'ús de l'espectre és fent servir espectre inicialment reservat a altres propòsits. Com ja hem comentat l'espectre és un recurs limitat que s'ha repartit entre organismes, empreses i usuaris que el fan servir. Només hi ha unes poques bandes, les ISM (Industrial, Scientific and Medical) que estan disponibles per l'ús compartit sense autorització. En general les diferents bandes assignades tenen un ús molt irregular. Algunes bandes es fan servir de forma intensa com les de telefonia mòbil, però d'altres es reserven per comunicacions esporàdiques. En qualsevol cas el repartiment de bandes de freqüències o de canals en l'espai es fa considerant el pitjor cas i amb marges de seguretat. El resultat és que en moltes ocasions una banda de freqüència es podria utilitzar a una zona per un propòsit diferent a l'originalment planificat i això no degradaria la qualitat de la comunicació pel sistema que realment té la banda assignada [2]. Sota aquesta idea apareix el concepte de la "cognitive radio", o com la podríem traduir la ràdio amb coneixement. La tècnica bàsica que recolza aquesta idea és un terminal que és capaç de determinar si una banda està sent utilitzada i en cas contrari fer-la servir. Aquest terminal es queda supervisant l'ús de la banda pel sistema propietari, i si es detecta l'ús es deixa d'usar i es busca un altra banda que es pugui considerar no utilitzada. Això es pot fer sempre amb la garantia de que si es detecta ús, per part de l'usuari original, la banda es retorna i el sistema busca un altre banda.

Una tècnica, que podríem dir que està dins dels sistemes que fan servir bandes no originalment assignades al sistema són els sistemes de "ultrawide band", o de banda extremadament ample [3]. Aquesta tecnologia consisteix en utilitzar bandes de freqüències molt grans, de giga hertz (per exemple de 3 a 10GHz), però amb densitats espectrals molt baixes. L'argument dels seu defensors és que la densitat de potència està per sota les corresponents al nivell de soroll, i per tant no signifiquen una degradació pels sistemes interferits. Aquest argument és vàlid si el nombre d'usuaris és petit i per aquest motiu no hi ha una posició comuna a nivell mundial sobre el seu ús. De totes maneres aquests sistemes d'espectre extremadament ample resulten molt interessants per les facilitats que ofereixen per a poder separar senyals propagades per diferents camins i mesurar el temps de vol. Com veurem més endavant la mesura dels temps permetrà construir sistemes de localització.

2.4.1 Nous reptes

2.4.1.1 Alimentació

Un dispositiu de comunicacions mòbil o sense fils ha de disposar d'una font d'alimentació per poder permetre el seu funcionament. La solució convencional es l'ús de bateries que es carreguen o es substitueixen periòdicament. És interessant fer notar que mentre tota la resta de tecnologies que defineixen l'evolució de les comunicacions mòbils milloren en el temps les relacionades amb les bateries es mantenen pràcticament sense modificacions (figura 1).

Aquesta dependència de les bateries limita els dispositius que podem tenir connectats sense fils. Un dispositiu sensor que mesuri la temperatura i la transmeti un cop per minut pot tenir una autonomia de més d'un any amb una bateria AAA. Per algunes aplicacions el canvi de

bateria o la seva recàrrega no es pot assumir i només tenen sentit si la bateria dóna energia per tot el temps de vida del dispositiu.

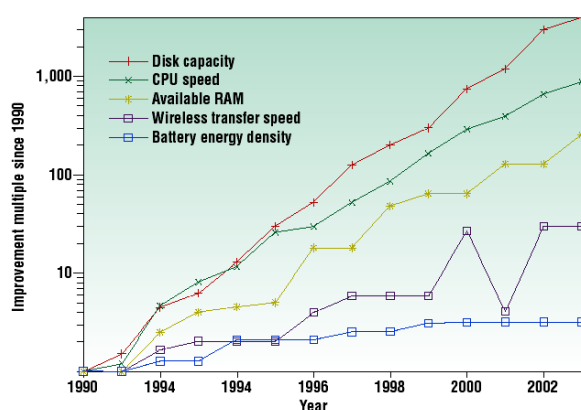


Fig. 10 - Evolució components tecnològiques de les xarxes sense fils de 1990 a 2003.

Una altra aproximació és l'anomenada recollida energètica. Aquesta consisteix en utilitzar algun fenomen físic natural proper al node per generar energia. El més comú són les cel·les fotoelèctriques (figura 2), però les diferències de temperatura, la pressió o el moviment poden ser altres alternatives. Els sistemes actuals de recollida de energia permeten carregar una bateria i realitzar operacions molt simples i poc freqüents, però representen un primer pas vers a l'autonomia en l'alimentació. Una cel·la fotoelèctrica pot generar entre $100\mu\text{W}$ i 100mW per cm^2 depenent de la il·luminació. La vibració pot donar entre $4\mu\text{W}/\text{cm}^3$ i $800\mu\text{W}/\text{cm}^3$ depenent de la freqüència de vibració i una persona caminant pot arribar a generar 7W aprofitant l'energia de les petjades. Aquests sistemes si bé interessants no poden garantir una alimentació continua, per aquest propòsit es pot pensar en l'ús de fonts artificials d'energia sense fils. Les senyals ràdio (utilitzades amb RFID passiu) són una solució, però no del tot recomanables per les restriccions en potència. Altres fonts d'energia, com la llum o els infrarojos són una alternativa viable.

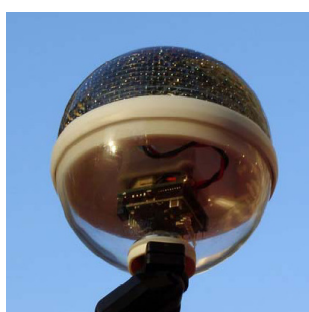


Fig. 11 - Sensor de temperatura sense fils alimentat per energia solar.

En qualsevol cas el que està clar és que alimentat amb bateries o auto-alimentat el consum és un punt clau. S'ha d'aconseguir dispositius de baix consum. Per poder assolir aquest objectiu és necessari treballar amb tensions baixes, rellotges escalables (modificar la freqüència depenent de les necessitats de procés), processar senyals en format analògic i intentar tenir el màxim nombre de mòduls apagats del circuit.

Pel que fa a les comunicacions ràdio la majoria de recomanacions anteriors s'apliquen, però aquestes tenen implicacions en els protocols de comunicació a fer servir. La primera conseqüència és que el receptor ha d'estar apagat, però a la vegada no perdre cap transmissió adreçada a ell. La segona és procurar transmetre el mínim temps i amb la mínima potència. Les senyals ràdio s'atenuen segons l'invers del quadrat de la distància i per aquesta raó és millor realitzar varies transmissions a curta distància que una de sola a més distància. Aquest fet reforça la idea d'utilitzar comunicacions multisalt que ja hem apuntat al parlar d'eficiència en l'ús de l'espectre. Un altre fet a considerar al tractar de consum és la relació entre potència utilitzada per processar, emmagatzemar, transmetre o rebre una unitat d'informació com un byte. En termes generals podem dir que processar resulta poc costós si ho comparem amb emmagatzemar una dada a una memòria FLASH o fer una transmissió, i que rebre o transmetre són bastant similars en termes de consum [5]. Aquestes relacions són pròpies de petits dispositius, però són molt interessants ja que introdueixen unes noves condicions de contorn que han de ser considerades a l'hora d'organitzar l'algorítmica utilitzada en un node i en tota la xarxa.

2.4.1.2 Interfícies ràdio

No sembla que en el futur un sol tipus de tecnologia sense fils pugui atendre totes les necessitats dels usuaris. El que tindrem és un conjunt de xarxes que oferiran una cobertura més o menys extensa i amb propòsits diferents. Els nodes tindran com a mínim una interfície a una d'aquestes xarxes, però en general disposarem de més d'una interfície. Els ordinadors personals són un exemple d'aquesta tendència, tenen una interfície Wi-Fi, una Bluetooth i comencen a portar connectivitat a GPRS/UMTS i receptors de televisió digital. Les diferents xarxes no tenen la mateixa cobertura i en algunes zones es solapen. Generalment hi ha més d'una xarxa disponible que es pot utilitzar de forma individual o conjuntament. Conceptes com el ABC (Always Best Connected) que pretén fer servir en tot moment la millor solució o el "multihoming" que permet utilitzar més d'una interfície simultàniament seran àmpliament utilitzats.

L'evolució tecnològica ens ha de portar a una barreja dels dos conceptes anteriors. Tindrem diferents interfícies simultàniament, però amb diferents tipus d'informació per a cada una de les interfícies. Podem arribar a distingir interfícies de gestió física, de senyalització i de dades. La primera d'elles és un concepte nou fruit de les limitacions en el consum anteriorment esmentat. Es tracta d'un mecanisme per despertar a un node perquè passi a un estat on pugui rebre missatges de senyalització o dades. Aquesta senyal d'activació pot arribar a donar alimentació al node. Un exemple d'aquesta idea ja la trobem amb les etiquetes de RFID i en l'ús d'una ràdio per despertar [6].

L'ús d'una interfície per senyalització està justificada per l'àmbit d'aquest tipus d'informació. La senyalització és informació de control que està adreçada generalment a un conjunt de nodes o a un node del qual no es coneix la seva identificació i per això no es pot encaminar la informació. Aquesta interfície de senyalització utilitzarà un canal que faciliti la difusió de la informació a un conjunt de nodes. Es pot aconseguir aquest objectiu amb l'ús de freqüències baixes, augmentant la potència o amb velocitats de transmissió baixes.

La tercera interfície, que en algunes implementacions serà de fet l'única, és la de dades. Aquesta haurà d'oferir velocitats de transmissió variables i potències de transmissió també variables per a poder optimitzar el canal a l'entorn i a les dades que s'hagin de transmetre. És interessant que el tipus de control d'accés utilitzat sigui optimitzat per una distribució del canal entre estacions i consideri les interferències com a ocupacions del canal. Els mecanismes de control d'accés existents per aquestes xarxes, com els IEEE 802.11 i el IEEE 802.15.4, no són ideals per l'ús del canal en xarxes multisalt.

Donada la limitació de recursos que alguns models de node poden tenir, l'ús de tres interfícies físiques diferents pot ser no viable. De fet és possible aconseguir una funcionalitat similar amb una interfície física i utilitzant diferents senyals físiques.

2.4.1.3 Localització

Per localització s'entén la capacitat de conèixer el lloc on es troba un node. La localització no té molt sentit en comunicacions fixes, però en el cas de nodes mòbils o de fàcil desplegament la localització és una facilitat interessant. Un cas on podríem considerar que aquesta és realment important són a les xarxes de sensors. Aquestes donen informació de l'entorn i per això és necessari conèixer el lloc on s'ha originat el paràmetre mesurat. És possible introduir la localització del sensor en el moment de la seva instal·lació, però com ja hem comentat la facilitat de desplegament i la seva mobilitat és un valor clau i no molt compatible amb una tasca de configuració prèvia al funcionament de la xarxa.

El disposar de la localització com ja hem dit és interessant per si mateixa, però també com a eina per crear altres serveis o facilitats. La localització pot ser útil a la configuració d'un servei, l'encaminament de paquets per la xarxa o en la millora de la seguretat. De fet la localització es pot veure com un paràmetre més del context del node o de l'usuari, i per tant útil per facilitar la comunicació.

Per les raons anteriors la localització ha d'estar disponible com un servei de la xarxa, el problema és disposar de les tècniques per poder estimar-la. Les interfícies ràdio d'espectre extremadament ample (UWB) resulten novament interessants ja que ofereixen tècniques per mesurar els temps de propagació amb molta precisió. Aquest temps es pot traduir a distància i amb diferents distàncies obtenim la localització [7].

2.4.1.4 Identificació

Per portar a terme una comunicació en una xarxa necessitem poder identificar a un node o grup de nodes de la resta. Aquesta identificació fins ara s'ha fet principalment amb un número, *adreça*. A les xarxes telefòniques aquesta identificació és el número de telèfon i a la xarxa Internet l'adreça IP (IPv4, IPv6). Aquestes identifications, tant la telefònica com la d'Internet presenten problemes que fan que el creixement de la xarxa sigui difícil i que es necessiti la col·laboració d'altres mecanismes, com els serveis de directori per poder relacionar la identificació amb la identitat del node o amb la funció que aquest pot fer. Per solucionar aquests problemes es pot adoptar un esquema d'identificació complexa que combini diferents formes d'identificar un node. Aquest esquema requerirà la participació de serveis de traducció d'adreces que seran equivalents, en certa mesura, als serveis de directori actuals. Es poden identificar quatre esquemes d'adreçament: pla, jeràrquic, geogràfic i funcional. L'adreçament

pla consisteix en assignar a cada node una identificació única. Podríem dir que les adreces IEEE 802 són dins d'aquesta categoria. L'encaminament jeràrquic és conseqüència de les diferents funcions d'encaminament que els nodes tenen a la xarxa. Usualment una xarxa àmplia està formada per xarxes més petites que es connecten mitjançant altres xarxes. Cada una d'aquestes xarxes pot ser vista com un nivell jeràrquic. Seria equivalent a l'adreçament postal. Aquest tipus d'adreçament té l'avantatge de facilitar l'encaminament dels paquets o les comunicacions. L'encaminament geogràfic es basa en el coneixement de la localització. Aquesta pot ser geo-referenciat o referenciat amb l'entorn. Aquest tipus d'adreçament té molt sentit en les xarxes de sensors ja que permet resoldre preguntes com: quina és la humitat de la coordenada X,Y ?, i és totalment escalable (podem tenir tantes adreces com facin falta). Per últim l'adreçament funcional consisteix en utilitzar un conjunt d'atributs que permetin identificar el node. Si es crea una estructura jeràrquica com la utilitzada per l'actual servei de DNS aquest adreçament pot donar una identificació a cada node, però pot ser més interessant tenir més flexibilitat i assignar els atributs de forma no jeràrquica. El conjunt de les quatre d'adreces el podem veure com una única adreça que anomenarem com adreça semàntica. Aquest conjunt d'atributs poder ser utilitzats per fer cerques o per definir adreces de grup. D'aquesta forma l'adreçament semàntic es pot utilitzar com a mecanisme de descobriment de serveis o per fer comunicacions de grup. Com ja s'ha comentat la facilitat d'autoconfiguració resulta molt important en aquest tipus de xarxes i el descobriment de serveis és una component clau per assolir aquest objectiu.

El sistemes d'adreçament presentats poden ser utilitzats de forma individual (un sol identificador per node) o de forma complementària (diferents tipus de identificadors per a un mateix node). De fet l'encaminament semàntic pot incloure la resta d'identificadors com a atributs i utilitzar un sol tipus d'adreçament. Depenent de la capacitat del node i del tipus de comunicació es pot utilitzar un o altre tipus d'adreçament. També es poden combinar diferents tipus d'adreçament i utilitzar el més apropiat per a cada tipus de xarxa o tipus de comunicació. En el descobriment d'una ruta es pot utilitzar una adreça semàntica, però un cop es coneix la ruta es fa servir un adreçament jeràrquic que pot estalviar espai en les taules d'encaminament i capçaleres als paquets.

L'esquema d'adreçament proposat no imposa cap restricció sobre com s'ha de resoldre la relació de les diferents adreces o identificadors. Poden ser el propis nodes que rebin les sol·licituds de traducció d'identificador o poden existir servidors a la xarxa que de forma més centralitzada realitzin aquesta funció.

2.4.2 Serveis

Els nodes i en el seu conjunt, la xarxa, ofereixen serveis. Aquests són bàsicament de moviment d'informació. Els diferents tipus de servei corresponen a com es garanteix que la informació arribi al seu destí depenent de la mobilitat dels nodes, dels errors que puguin sorgir en la transmissió via ràdio, o de les característiques dels receptors. En el model tradicional d'Internet hi ha una separació molt clara entre el serveis de la xarxa que consisteixen en moure dades entre els extrems i els serveis relacionats amb el tractament de les dades o la informació. Tradicionalment s'ha identificat com a xarxa només la part relacionada amb el moviment de les dades. Amb les noves xarxes mòbils o les xarxes de sensors els nodes d'usuari

són a la vegada nodes de xarxa. Això fa que aquesta separació tradicional tendeixi a desaparèixer, fent que els nodes puguin transportar i manipular la informació simultàniament.

La separació de funcions va ser motivada en el seu moment amb l'objectiu de simplificar els protocols de comunicació i la seva implementació. Aquesta separació implica una ineficiència en la realització de serveis, ja que cada funció es pot optimitzar individualment, però sense tenir en compte la resta. En un entorn on els recursos tan de comunicació com de procés no tenen restriccions, aquesta ineficiència no és especialment preocupant, però amb les xarxes mòbils o de comunicació sense fils la situació varia totalment i es fa indispensable optimitzar els serveis de les xarxes. En una primera aproximació es pot parlar de comunicació més flexible entre capes o serveis (cross-layering en terminologia anglesa), però en una fase més avançada es pot proposar la desaparició del concepte de capa i la definició d'un nou paradigma on el que tinguem siguin funcions que es realitzen de forma distribuïda.

Depenent del tipus de servei, del tipus de nodes i de les comunicacions tindrem diferents formes de distribuir les funcionalitats per la xarxa. Aquesta distribució ha de ser en certa forma òptima en termes de qualitat de servei i recursos dels nodes. El servei ha de estar definit per uns requeriments com la velocitat, el retard o la fiabilitat i unes condicions de comportament de l'usuari (mobilitat i patró de dades) per les que volem que els requeriments es puguin satisfer.

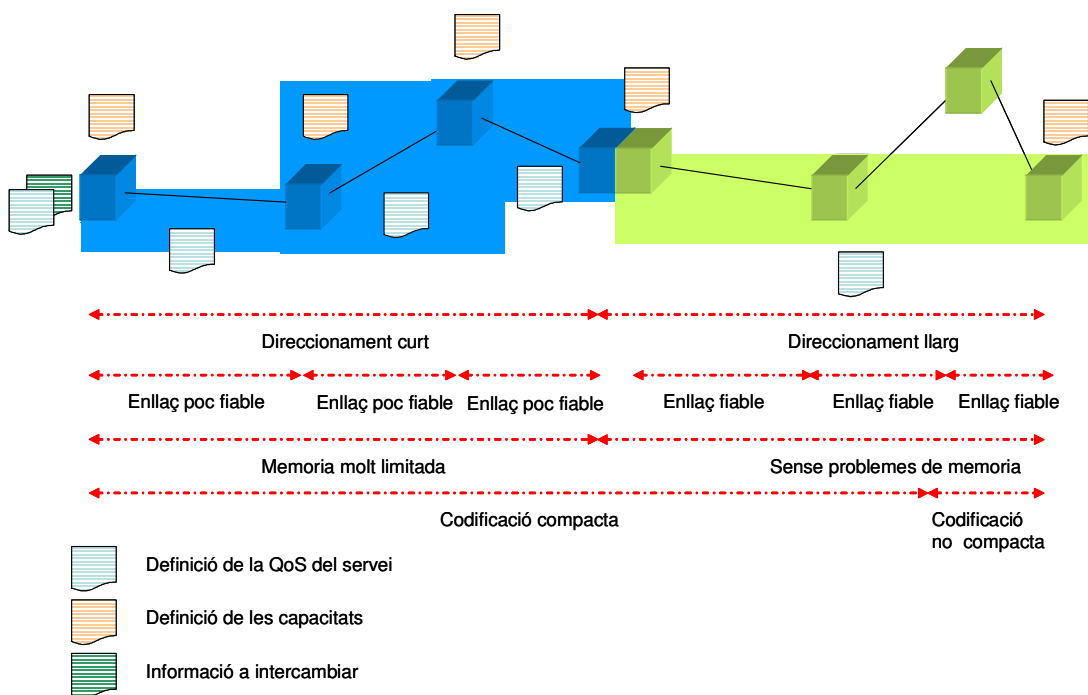


Fig. 12 - Identificació de les capacitats de la xarxa i de les funcionalitats necessàries.

La visió de la xarxa com un element que ofereix serveis d'intercanvi d'informació és un model escalable. Un enllaç pot ser considerat una xarxa bàsica i la unió d'enllaços i nodes permet construir una xarxa. A la vegada la unió de les xarxes permet construir xarxes més grans. Aquesta xarxa pot transportar informació, pot modificar la informació o la representació de la informació. Aquestes funcions es poden fer de diverses formes i en diferents punts de la xarxa. Els nous models de xarxa han de permetre que la pròpia xarxa identifiqui els serveis que són

necessaris i a on s'han de dur a terme. La identificació de funcions i la seva ubicació ha d'intentar optimitzar la xarxa. Quan un node vol comunicar-se amb un altre, el node fa una petició a la xarxa. Aquesta petició viatja pels nodes i es determina quines funcions són necessàries i a quina ubicació (veure figura). Per comunicacions molt simples les dades viatgen en la pròpia petició, per sessions o connexions de més durada o amb requeriments més estrictes de qualitat es fa un establiment de la sessió/connexió i després es passa a transmetre les dades.

2.4.3 Arquitectura

Com ja hem comentat la xarxa està formada per nodes. Aquests poden ser usuaris o nodes específics de xarxa. En un model de xarxa avançada un node pot fer diferents funcions. Pot ser un usuari (generador o destí de informació) o fer de node específic de xarxa (com per exemple: encaminament, modificació de protocols, recodificació de la informació, assignació d'adreça,..). Els nodes realitzen funcions per facilitar la comunicació: o bé movent les dades (transmissió de les dades, fent retransmissions en cas d'error) o recuperant informació per poder moure les dades (traducció d'adreces).

La visió convencional que separa la xarxa troncal o nucli del que són nodes d'usuari tendeix a desaparèixer. Les noves xarxes han de disposar de funcions que facilitin la configuració dels nodes i la configuració dels serveis. Les xarxes creixen en complexitat i en nombre de nodes, es fa indispensable amagar la complexitat mitjançant serveis de autoconfiguració i protocols flexibles.

2.4.4 Els protocols

Els protocols de les noves xarxes perden el concepte de capa, ja hem comentat que aquesta separació de funcions no permet fer serveis eficients.

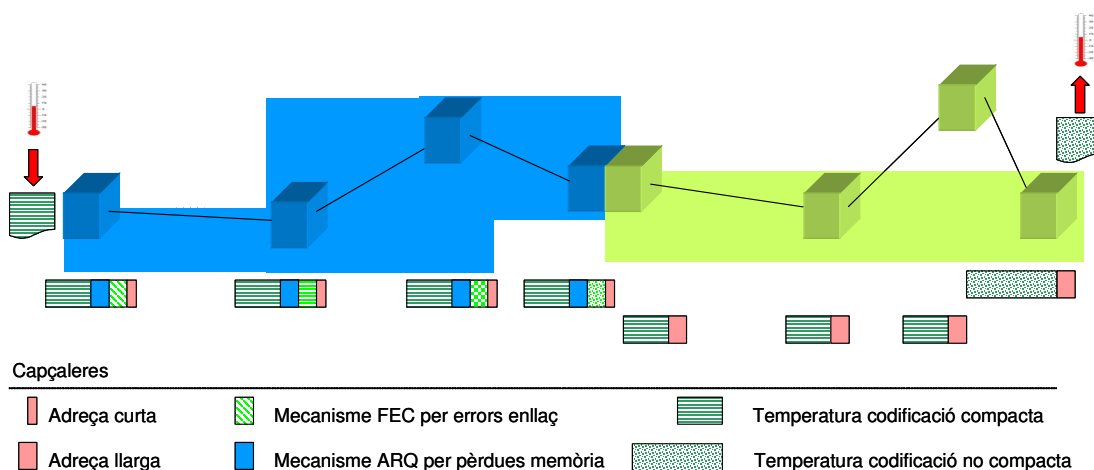


Fig. 13 - Identificació del protocols de comunicació.

De la mateixa forma el niu de les capçaleres també desapareix. La informació de control (es a dir de senyalització) que es transportava a les capçaleres ara es transporta com a elements d'informació amb les dades (transferència en mode datagrama) o per un canal de senyalització (transferència en mode circuit virtual). La nova xarxa no transporta dades, transporta informació i per això les funcions de tractament de la informació poden estar dins de la xarxa.

Funcions com agregació de dades, correlació de dades o transcodificació poden fer-se dins de la xarxa (figura 4). La xarxa també tindrà més informació de senyalització que les que podríem tenir en una xarxa tradicional. Aquest fet és una conseqüència del creixement de les necessitats d'autoconfiguració i simplicitat. Un altre fet sorprenent, si ho comparem amb les xarxes convencionals, és l'ús de transferència en mode circuit virtual. Aquest es podrà fer servir per suportar la comunicació associada a una aplicació i permetrà a la xarxa donar QoS i oferir seguretat de una forma més simple.

2.4.5 Referències

- [1] J.M. Kahn, R.H. Katz, K.S.J. Pister, "Next century challenges: Mobile networking for 'smart dust'", Proc. MOBICOM, 1999, Seattle, 271-278.
- [2] G. Staple, K. Werbach, "The End of Spectrum Scarcity", IEEE Spectrum, Març de 2004.
- [3] R. J. Fontana, "Recent System Applications of Short-Pulse Ultra-Wideband (UWB) Technology" IEEE Microwave Theory & Tech., Vol. 52, No. 9, Setembre 2004, pp. 2087-2104
- [4] J. A. Paradiso, T. Starner, "Energy scavenging for mobile and wireless electronics", Pervasive Computing, IEEE, Volumen 4, Issue 1, Jan.-Març 2005 Page(s): 18 - 27
- [5] J. Polastre, R. Szewczyk, D. Culler, "Telos: Enabling Ultra-Low Power Wireless Research", In Proceedings of the Fourth International Conference on Information Processing in Sensor Networks: Special track on Platform Tools and Design Methods for Network Embedded Sensors (IPSN/SPOTS), April 25-27, 2005.
- [6] S. Liang; Y.Tang; Q. Zhu, "Passive Wake-up Scheme for Wireless Sensor Networks," Innovative Computing, Information and Control, 2007. ICICIC '07. Second International Conference on , vol., no., 507-507, 5-7 Sept. 2007.
- [7] K. Yu, J. Montillet, A. Rabbachin, P. Cheong, I. Oppermann, "UWB Location and tracking for wireless embedded networks", Signal Process. Vol. 86, Num. 9, 2006, pp: 2153—2171.

2.5 L'arquitectura de protocols d'Internet

El primer que cal fer és delimitar què s'entén per arquitectura de xarxa. El terme s'utilitza habitualment però de forma poc estricta. Entenem per arquitectura de xarxa el conjunt de principis de funcionament, models funcionals, protocols i relacions entre els mòduls funcionals. De forma més particular hom parla d'arquitectura de xarxa a l'estructura concreta d'un escenari o aplicació determinada, la qual cosa inclou a més el conjunt d'equips genèrics i configuracions necessàries. En aquest apartat es fa referència a l'arquitectura de la xarxa en la seva accepció general.

Aquesta clarificació és necessària ja que sovint el concepte original de l'arquitectura de la Internet del futur o de la Internet de nova generació, centrat estrictament en l'arquitectura d'Internet, s'utilitza per encabir tots els altres aspectes d'evolució cap al futur, especialment relacionats amb les aplicacions i serveis als usuaris.

El corrent originari sobre la "Internet del futur" o "Arquitectura de la nova generació d'Internet" sorgeix de la comunitat científica que treballa en l'arquitectura de la xarxa però, avui per avui, aquest aspecte originari es queda sovint de banda en benefici dels entorns més propers a les aplicacions i els usuaris. És evident que aquests darrers són el motor de l'evolució i del canvi social que genera Internet però es diferencien fonamentalment del corrent que treballa sobre la nova arquitectura d'Internet: la nova Internet del usuari i de les aplicacions és, diguem-ne, una evolució natural mentre que els treballs sobre la nova arquitectura d'Internet [1] plantegen possibles canvis en els principis fonamentals de l'estructura i funcionament de la Internet tal com es va dissenyar i tal com la coneixem avui.

2.5.1 Principis bàsics del disseny de l'arquitectura d'Internet

Si entenem per arquitectura de xarxa el conjunt de principis de funcionament, models funcionals, protocols i relacions entre els mòduls, es tracta de concretar una mica cada un d'aquests aspectes per analitzar-ne després les possibles evolucions o canvis.

A tall de resum, els principis bàsics de funcionament d'Internet són:

- Simplicitat en la xarxa ("dumb network") deixant les funcions complexes fora del nucli, és a dir, al terminal d'usuari ("host").
- Paradigma de funcionament basat en la commutació de paquets en mode sense connexió ("connectionless packet forwarding"). El mode sense connexió proporciona un sistema de transport de la informació no fiable ("best effort").
- Les funcionalitats addicionals es proveeixen extrem a extrem ("end-to-end principle"); per exemple, la fiabilitat en la comunicació, el tractament d'errors i els controls del flux i de la congestió.
- Mecanisme d'adreçament senzill basat en números de mida fixa i amb una jerarquia senzilla per identificar la xarxa i el terminal ("network and host identity").

- Les adreces s'assignen a interfícies físiques de xarxa, essent a l'hora l'identificador de la interfície (el nom) i determinant la manera de com arribar-hi (el mecanisme d'encaminament es basa en les adreces assignades a les interfícies de xarxa).

Aquests principis bàsics es concreten en el model funcional de l'arquitectura d'Internet basat en la separació de funcions per capes: física, xarxa, transport i aplicació. Originalment es parlava només de les capes de xarxa, transport i aplicació, però a mesura que les tecnologies de xarxa són més diverses i complexes es distingeixen els nivells inferiors amb més detall.

Els protocols bàsics de l'arquitectura d'Internet són el protocol de xarxa IP ("Internet Protocol") i el protocol de transport TCP ("Transport Control Protocol"). En el model de capes funcionals el protocol IP ocupa la implementació de la capa de xarxa facilitant que qualsevol tipus de tecnologia de xarxa pugui estar per sota de forma transparent. D'altra els protocols TCP (per a connexions fiables) i UDP (per a les no fiables) ocupen la implementació pràctica de les funcions de la capa de transport permetent que qualsevulla aplicació pugui utilitzar el servei de comunicació extrem a extrem sense cap dependència dels tipus de tecnologies de xarxa utilitzats.

El conjunt de protocols TCP/IP constitueixen el nucli bàsic del funcionament de la Internet. Altres protocols importants són el DNS ("Domain Name Service"), per resoldre l'associació entre un nom i una adreça IP, i els protocols d'encaminament IGP ("Interior Gateway Protocol") i EGP ("Exterior Gateway Protocol").

El model de l'arquitectura es completa amb l'estructura lògica dels anomenats sistemes autònoms ("Autonomous Systems") que defineix la relació entre les diferents xarxes que s'interconnecten i com es troba el camí des de la xarxa d'origen fins a la de destinació.

Des d'una perspectiva més general, els requeriments de l'arquitectura de xarxa són:

- Interconnexió global. Totes les xarxes, independentment de la tecnologia emprada, s'han de poder interconnectar
- Robustesa. La comunicació ha de poder continuar malgrat deixin de funcionar xarxes, enllaços o equips de comunicació.
- Heterogeneïtat. Han de poder coexistir multitud de xarxes i tecnologies heterogènies.
- Gestió distribuïda. Des del punt de vista administratiu o de gestió el principi d'autonomia és clau. Cada xarxa és gestionada de forma independent i es pot interconnectar amb la resta si segueix els criteris i protocols establerts. En definitiva no hi ha una gestió global de la Internet.
- Cost. Simplicitat en l'arquitectura.
- Connectivitat. La connexió de nous dispositius ha de ser senzilla i fàcil de fer.

De forma molt esquemàtica s'ha presentat els principis de funcionament d'Internet, el model funcional, els protocols i els requeriments generals de l'arquitectura de xarxa d'Internet.

2.5.2 Situació actual

La Internet dels primers anys es desenvolupa en un entorn acadèmic (universitats i centres de recerca) on l'esperit de col·laboració i l'afany de treure'n el millor de la xarxa fa que el mètode de prova i error funcioni sense problemes i es vagin modificant els protocols bàsics per tal de millorar el seu funcionament. És així com apareixen les successives modificacions als protocols IP, TCP i BGP, per citar els més destacats.

La inclusió de les funcions de multidifusió, mobilitat, seguretat porten a les respectives modificacions i afegits al protocol IP. La millora del rendiment global condueix a successives modificacions dels mecanismes interns de control de flux i de congestió del protocol TCP. Avui dia encara es troben nombroses propostes en aquest sentit en els congressos i publicacions en l'àmbit de la recerca.

A partir de la popularització d'Internet és el protocol d'encaminament entre sistemes autònoms, el BGP, el que s'ha d'adaptar per tal de poder funcionar de forma estable a gran escala.

Si bé els protocols han anat evolucionant a mesura de les noves necessitats, els principis bàsics de funcionament i el model de capes s'ha mantingut inalterable. La modificació més remarcable és la introducció del model CIDR ("Classless Inter-Domain Routing") per tal d'optimitzar l'ús de les adreces IP.

En resum, fruit de l'evolució dels protocols, bé sigui per solucionar problemes o bé per afegir noves funcions, el que tenim actualment és un conjunt de protocols afegits sobre el protocol bàsic IP on aquestes addicions no sempre segueixen els principis de funcionament establerts en un principi i a més fan que tot el conjunt de protocols de xarxa sigui complex des del punt de vista de la gestió.

D'altra banda, donat que el bon funcionament (rendiment i estabilitat) de la xarxa depèn del comportament del protocol TCP aquest s'ha convertit en un protocol "intocable" malgrat la multitud de modificacions i millores que s'han proposat i es continuen proposant. El concepte "TCP friendly" domina completament i qualsevol altre protocol que no es comporti com el TCP és deixat de banda. Per exemple, el mateix UDP, dissenyat i pensat per a la transmissió de veu i vídeo, està fortament restringit en el seu ús real i es considera una nosa per part dels operadors i ISP ("Internet Service Provider").

Una situació semblant trobem amb el protocol BGP. Tot i les limitacions i problemes evidents del protocol per donar resposta a moltes de les necessitats actuals (per exemple, donar suport a la qualitat de servei), donada la seva complexitat i possibles problemes d'estabilitat global d'Internet, s'ha convertit també en un protocol "intocable".

Aquesta situació de "fossilització" dels protocols IP, TCP i BGP respon a la necessitat de mantenir el funcionament d'Internet (amb tota una colla de limitacions evidents) ja que s'ha convertit en una infraestructura imprescindible i bàsica per la nostra societat actual. Com a reacció a aquesta "impossibilitat" de continuar millorant els protocols, com s'havia estat fent abans de la gran popularització d'Internet, sorgeix el moviment sobre la nova arquitectura d'Internet amb l'objectiu de superar la situació de bloqueig actual en els protocols de la xarxa i

de continuar l'evolució tecnològica per poder donar resposta a les necessitats reals actuals i del futur.

2.5.3 Aspectes tècnics dels problemes actuals

Pel que fa als protocols principals ja s'ha comentat que la tendència actual és fer poques modificacions o cap i mantenir-los com estan, ja que el rendiment i funcionament global de la xarxa depèn d'ells. A continuació es presenta una llista dels problemes de la Internet actual amb una breu discussió dels aspectes tècnics més rellevants.

El protocol IP

El protocol IP ha estat completat amb les funcions noves que s'ha considerat necessari afegir. En primer lloc, el suport per a transmissions de tipus multidifusió ("multicast IP") amb el protocol IGMP i els corresponents protocols d'encaminament multicast: PIM i DVRMP. Després de més de quinze anys el servei multicast no està estès i molts operadors no l'inclouen en els seus serveis perquè no és gens senzill de gestionar, tret del cas en que només se suporta dins un domini tancat, i perquè no hi ha manera de tenir un control del tràfic multicast amb el perill que aquest ocupi tota l'amplada de banda disponible sense que l'operador tingui eines per a evitar-ho. Finalment s'ha imposat una restricció del multicast que és el SSM ("Single Source Multicast") on només hi ha una font d'informació. Si bé SSM permet oferir serveis de distribució de ràdio i televisió a través de la xarxa manté un dels aspectes tècnics controvertits com és el manteniment d'informació d'estat per a cada una de les sessions multicast a cada un dels encaminadors ("routers"), afegint una càrrega important als encaminadors quan es contempla la possibilitat de milers de sessions simultànies. En resum, el problema de fons és que la solució bàsica proposada no és escalable a la internet global amb milers de sessions a la vegada. Quan es desitja un entorn de comunicació entre un grup d'usuaris la solució que s'adopta és la utilització de xarxes sobreposades ("overlay networks") amb connexions punt-a-punt ("peer-to-peer"). La utilització de xarxes sobreposades respon al principi general d'afegir una capa dedicada a fer unes funcions que no fa la capa IP però a la vegada introdueix ineficiències remarcables tot just pel fet d'ignorar la capa IP en comptes d'aprofitar-la.

Altres protocols afegits al protocol IP original són el suport a la mobilitat ("Mobile IP") i a la seguretat ("IP Sec"). Ambdós protocols necessiten d'elements addicionals per fer les funcions de control; ja sigui el "Home Agent" per a la mobilitat o el servidor d'autenticació i el d'intercanvi de claus per a la seguretat. En la situació actual on cada cop tenim més dispositius mòbils cal una solució definitiva per suportar la mobilitat IP i poder mantenir les connexions encara que el terminal d'usuari canviï de xarxa i de punt d'accés. Molts dels problemes relacionats amb la mobilitat estan lligats a la seguretat, és a dir, a la identificació correcta i fiable del dispositiu mòbil en una altra xarxa a mesura que es mou. L'IETF està treballant en la definició del "Host Identity Protocol" (HIP) [3] per tal de permetre la continuïtat de les connexions malgrat canviï l'adreça IP quan el dispositiu es mou. Finalment, a mesura que es fan populars terminals d'usuari amb diverses interfícies de xarxa, normalment inalàmbriques, el problema de la mobilitat esdevé lligat a l'anomenat "multihoming".

La modificació més significativa del protocol IP ha estat la definició de la nova versió, IP versió 6. Aquest nou protocol respon a la necessitat imperiosa de disposar de més adreces IP (utilitza

adreces de 128 bits en lloc dels 32 de la versió 4). S'ha aprofitat per integrar les funcions de multicast, mobilitat i seguretat en el nou protocol de manera que sigui més senzill gestionar aquestes funcions. El desplegament de la nova versió presenta però una sèrie de problemes en la coexistència i transició amb la versió anterior. Un altre problema és que la capçalera del paquet IP ha passat de 20 a 40 octets i això fa que molts dispositius petits (tipus sensors) es dissenyin utilitzant un altre tipus d'adreçament amb capçaleres més petites per aprofitar millor la poca amplada de banda disponible en els entorns d'aplicació.

D'altra banda, si bé IPv6 ha estat dissenyat per poder processar les capçaleres IP de forma més eficient, resulta que algun dels camps que s'ha inclòs en la capçalera no s'està usant en l'actualitat com és el "flow label". Aquest camp té 20 bits i es va incloure per donar suport a la qualitat de servei per fluxos seguint el model de l'IETF de serveis integrats, però no s'utilitza.

Finalment, per acabar de complicar la situació actual, tenim que moltes aplicacions s'han fet amb un disseny erroni i que no respecta els criteris de la pròpia arquitectura de la xarxa definida des d'un bon principi. Aquestes aplicacions utilitzen indegudament l'adreça IP com a identificador d'usuari no respectant la independència entre les capes i establint una relació innecessària entre les capes de xarxa i d'aplicació. Això s'ha posat de manifest quan s'ha definit el nou protocol IPv6 i s'ha vist que calia canviar les aplicacions ja que aquestes utilitzen l'adreça IP.

La qualitat de servei

La base de la dificultat en donar suport a les comunicacions amb qualitat de servei està en els mateixos principis de disseny de la xarxa. Internet és una xarxa de commutació de paquets no fiable (servei datagrama), coneguda popularment com una xarxa "best effort". És a dir, el disseny de la xarxa inclou que no hi hagi garanties en la transmissió dels paquets. A partir d'aquí qualsevol solució que es vulgui adoptar en la capa de xarxa (protocol IP) implica d'alguna manera trencar els principis de disseny de la xarxa.

Malgrat això, i dels corresponents debats interns en el si de l'IETF entre els defensors dels principis de disseny i els partidaris de donar una solució al problema, s'han definit dos models per donar suport a la qualitat de servei: els serveis integrats ("Integrated Services") i els serveis diferenciats ("Differentiated Services"). Ambdues solucions impliquen: marcar o classificar els paquets donant prioritats a uns paquets en front dels altres; reservar d'alguna manera alguns recursos (amplada de banda) per a classes determinades de paquets; i limitar l'accés a la xarxa ja que funcionen només si hi ha un control d'admissió que reguli el nombre de fluxos i paquets que són marcats per tenir un tracte preferent. En resum, tres atemptats directes als principis de disseny originals.

Des del punt de vista pràctic, els serveis integrats, si bé permeten assignar la qualitat de servei per flux, suposa establir una mena de connexió lògica extrem a extrem obligant a guardar informació d'estat per a cada flux a cada un dels encaminadors del camí origen-destinació. Això fa que no sigui viable desplegar aquest model en les xarxes troncales i en ISP grans, i el seu possible ús queda restringit a petites xarxes d'accés sota un únic gestor de la xarxa.

D'altra banda, els serveis diferenciats classifiquen els paquets en grups o classes. Cada classe té associada un tractament (prioritat) i els encaminadors només apliquen les regles per classe i proporcionen una determinada qualitat de servei per classe, no per flux individual. El fet de garantir la qualitat de servei pel tràfic agregat dins una mateixa classe fa que el control d'accés sigui el responsable d'assegurar que els fluxos agrupats en una mateixa classe no interfereixen entre ells degradant la qualitat del conjunt de fluxos agregats. Quan es tracta de desplegar els serveis diferenciats, és justament aquest un dels punts conflictius ja que cal una coordinació entre els diferents operadors per garantir la qualitat de servei, i els acords entre ells i sobre la informació que s'han d'intercanviar fa que en la pràctica no estiguin disponibles. S'afegeix aquí un problema de caire no tècnic: el model de negoci no està clar. La qualitat de servei s'ha de garantir extrem a extrem i un operador o ISP no invertirà en aquests mecanismes de provisió de qualitat de servei si els altres no ho fan ja que llavors no pot garantir res i no pot cobrar pel servei. El fet d'introduir les consideracions econòmiques fa que els acords entre operadors siguin més complexos. La qualitat de servei que pot oferir un ISP no depèn d'ell solament sinó també de tots els altres operadors i ISP involucrats en la comunicació extrem a extrem.

Per tal de sortir d'aquesta situació, la manera més comuna de proveir la qualitat de servei per part dels operadors es basa en la utilització de MPLS ("Multi-Protocol Label Switching"). Aquesta tecnologia permet establir camins o túnels per sota del protocol IP, de manera que el tràfic és commutat sense la intervenció dels encaminadors ("routers") IP. Aquests túnels poden tenir una amplada de banda reservada i els dispositius de control s'encarreguen de classificar el tràfic que pot ser introduït en els túnels MPLS. A l'hora d'establir un túnel MPLS es pot utilitzar la informació d'encaminament IP o bé aplicar altres criteris amb encaminament explícit. Aquests darrers normalment es basen en polítiques d'enginyeria de tràfic ("Traffic Engineering") i són els emprats majoritàriament. D'aquesta manera tenim una xarxa lògica per sota de la xarxa IP que és la que transporta la informació independent dels protocols d'encaminament IP.

L'IETF en resposta a aquesta alternativa està treballant en la definició de l'arquitectura, protocols i mecanismes que permetin interconnectar correctament xarxes MPLS. L'arquitectura del "Path Computation Element" (PCE) defineix un conjunt d'RFC amb els protocols corresponents i les interaccions amb els protocols d'encaminament [4] [5] [6] [7]. Donat que molts operadors ja utilitzen la generalització de MPLS per a xarxes òptiques (GMPLS) l'IETF ja inclou GMPLS en l'arquitectura del PCE.

Seguretat

Dins l'apartat genèric de seguretat s'inclou tota una sèrie de problemes relacionats amb el mal ús de la Xarxa i dels seus protocols i funcions. El principi de facilitat de connexió fa que qualsevol usuari pugui connectar un terminal o dispositiu sense cap tipus de control ni d'identificació.

En la categoria d'usos abusius trobem: el correu no desitjat ("Spam") i la propagació de virus i cucs ("worms"). L'enviament de correu no desitjat és facilitat pel fet de no suposar cap cost l'enviament dels correus i pel fet que el protocol SMTP ("Simple Mail Transfer Protocol") és molt senzill i fàcil de manipular juntament amb l'ús de servidors de correu no autoritzats, no autenticats o compromesos. L'IETF sembla que no ha trobat adient canviar el protocol SMTP

per un de més segur i més robust i ens hem de conformar a rebre nombrosos missatges de correu no sol·licitats. Normalment, els virus i els cucs poden tenir una finalitat dolenta i poden preparar una intrusió no autoritzada o bé un atac. Actualment més del 60% dels missatges de correu que processa un servidor de correu són “spam” i la majoria són eliminats directament pels filtres corresponents. Hi ha una sèrie d’entitats dedicades a elaborar llistes negres de servidors de correu no fiables.

En la categoria d’atacs trobem les intrusions no autoritzades, l’accés a informació restringida, accés a informació de dades personals suplantant la identitat, i els atacs de denegació de servei. La major part de les intrusions són per guanyar accés a la màquina i per utilitzar-la després com a robot (“bot”) per fer atacs o per enviar missatges de correu “spam”. Les intrusions aprofiten forats de seguretat dels sistemes operatius i de les aplicacions més usuals. Els usuaris que no tenen al dia les versions de programari són potencials víctimes a que la seva màquina estigui compromesa i participi en atacs a tercers sense adonar-se’n. Finalment, els atacs de denegació de servei estan orientats a causar una caiguda del sistema de la víctima i que no pugui funcionar correctament. Usualment són atacs de “força bruta”, és a dir, es basen en col·lapsar l’aplicació o el servidor amb una quantitat molt elevada de peticions, o bé en col·lapsar l’enllaç de comunicació a base d’enviar una gran quantitat de tràfic des de moltes màquines (“bots”) distribuïdes per tota la xarxa.

Els atacs de denegació de servei s’han convertit en una plaga: és la forma d’extorsionar d’avui dia; hi ha màfies dedicades a fer atacs i a cobrar per no fer-los. Això és possible per un conjunt de factors: qualsevol pot connectar-se a la xarxa sense identificar-se de cap manera, moltes màquines estan mal administrades (en especial particulars que no posen al dia el seu programari) i són víctimes fàcils per ésser convertides en “bots” des d’on llençar atacs. Hi ha moltes “eines” disponibles a la xarxa per fer atacs de forma fàcil, és un gran negoci per les esmentades màfies, i són molt difícils de detectar i prevenir. Les empreses que basen el seu negoci en la xarxa han d’utilitzar sistemes de detecció d’intrusions (IDS) i sistemes per detectar possibles atacs sense confondre un augment de tràfic inesperat però vàlid amb un atac de denegació de servei. El sistema de prevenció d’atacs passa molt sovint per replicar i distribuir els servidors de manera que no hi ha un únic servidor. La detecció d’anomalies de tràfic i d’atacs és un tema de recerca molt actual.

Fiabilitat

Els aspectes de fiabilitat es veuen sovint com a una extensió de la qualitat de servei, ja que es tracta d’assegurar el servei i la seva qualitat malgrat la fallida d’enllaços i d’equips de comunicacions. La situació actual és que degut a la complexitat de la multitud de tecnologies de xarxa implicades tenim un comportament poc previsible en cas de fallida d’enllaços i equips de comunicacions. Quan es produeix una fallida cada una de les capes o tecnologies evoluciona de forma independent per tal de solucionar el problema; així, per exemple, si es trenca una fibra la xarxa òptica disposa dels seus mecanismes de recuperació, però si la desconexió és detectada per la capa GMPLS, aquesta també inicia el seu procés de recuperació. Si a més s’hi implica la capa IP llavors el protocol BGP re-encamina el tràfic per una altra ruta. Tot plegat, els resultat final no és previsible. Les interaccions entre les diferents capes òptica, G/MPLS, IP no són gestionades. Aquesta és una de les àrees de recerca important

ja que per tal de disposar d'un sistema de recuperació determinista cal intercomunicar d'alguna manera les diferents capes, tot i que això va en contra del principi genèric d'independència de les funcions que fa cada una de les capes.

Després de les darreres experiències de fallides greus, per desastre natural o provocades, s'ha demostrat que cal una planificació de cara a la redundància real de camins alternatius. Si tots els cables de fibra de diferents xarxes i de diferents operadors passen pel mateix túnel, pont, o infraestructura, si aquesta és destruïda tots els operadors i totes les xarxes queden inoperatives i la connectivitat global queda en entredit. Aquest punt requereix una planificació coordinada de les infraestructures de xarxa i els diferents operadors tenint en compte una redundància real en la infraestructura física.

Protocols de transport (TCP/UDP)

Com ja s'ha comentat abans, el protocol TCP ha anat evolucionat al llarg dels anys però actualment ens trobem en una etapa d'estancament. El funcionament d'Internet com a xarxa "best effort" depèn del protocol TCP. Això condueix a que no es vulgui fer cap modificació i a que no es contempli la inclusió d'altres protocols que no siguin "TCP friendly", és a dir, que en el fons respectin i reproduïxin el mecanisme de control de congestió del TCP. Així, per exemple, en comptes d'utilitzar el protocol UDP per a la transmissió d'àudio i vídeo tal i com estava previst, donat que no té control de flux ni control de congestió i pot provocar congestions en la xarxa, els operadors limiten el seu ús, i per tant al final també per l'àudio i vídeo s'utilitza majoritàriament el protocol TCP.

Hi ha propostes interessants com el SCTP ("Stream Control Transport Protocol") i el RTSP ("Real-Time Streaming Protocol") però amb un ús molt restringit.

L'altre aspecte problemàtic, a part del suport a la transmissió d'àudio i vídeo, és que el TCP no està adaptat per a grans volums d'informació a gran distància i a alta velocitat com requereixen avui dia aplicacions que processen grans volums d'informació. La situació actual és que s'estableixen simultàniament un nombre determinat de connexions TCP per fer transferències de volums grans ja que el temps total de transmissió és més curt que si es fa una única connexió. Cal doncs també una solució a aquest problema intrínsec al disseny del protocol TCP.

Encaminament inter-domini (BGP)

El protocol d'encaminament BGP, tot i que processa tota la informació dels possibles camins, només utilitza un únic camí anomenat el "shortest AS-path". El protocol s'adapta i proporciona un nou camí quan detecta que ja no està disponible el camí original, tot i que el temps de convergència és de l'ordre de segons i la connectivitat queda interrompuda durant aquest període. Per a aplicacions crítiques amb un temps de resposta petit això no és acceptable.

Per tal de donar suport a la provisió de qualitat de servei extrem a extrem s'ha definit el protocol MBGP ("Multiprotocol BGP"). La idea és considerar simultàniament diverses topologies de la xarxa segons la classe de servei de manera que cada una d'elles va amb el seu propi BGP. La gestió és complicada i té un ús molt restringit.

La solució que s'utilitza actualment és prescindir del BGP i buscar solucions a través de MPLS i mecanismes d'enginyeria de tràfic.

Com ja s'ha comentat abans, el protocol BGP és crític per a l'estabilitat de la xarxa globalment i es considera intocable en la pràctica.

Traducció d'adreces (NAT)

Fruit de l'escassetat d'adreces IP a la vegada que es definí el CIDR ("Classless InterDomain Routing") es definí també el mecanisme de traducció d'adreces NAT ("Network Address Translation") el qual permet utilitzar adreces privades dins una xarxa i tenir connectivitat a Internet a través d'una única adreça IP pública. Des del punt de vista de l'arquitectura de la xarxa vulnera el principi extrem a extrem i afegeix un dispositiu extra dins la xarxa però el pragmatisme s'imposà un cop més i avui dia se'n fa un ús molt estès, sobretot en els països on la disponibilitat d'adreces IP és reduïda. L'aparició del nou protocol IPv6 hauria d'haver acabat amb l'ús del NAT però, d'una banda IPv6 no està implantat de forma majoritària i, d'altra, molts administradors de xarxa utilitzen el NAT com a punt d'accés controlat.

A més de constituir una anomalia en l'arquitectura original, el NAT introdueix un mecanisme que no és escalable ja que per a cada flux requereix guardar informació per tal de poder fer la traducció de les adreces en els paquets d'anada i de tornada. La situació es complica quan, com ja s'ha esmentat abans, degut al disseny incorrecte d'algunes aplicacions, aquestes utilitzen l'adreça IP com a identificador de l'usuari. Llavors cal que el NAT també canviï l'adreça IP dins el missatge de l'aplicació corresponent, complicant tota la gestió encara molt més. Aquest és el cas del NAT H323, necessari per a les aplicacions H323 de videoconferència.

Des del punt de vista de la seguretat, el NAT no és compatible amb IPSEC ja que modifica la capçalera IP dins la xarxa i IPSEC detecta aquesta modificació com a una anomalia i descarta el paquet.

Xarxes sobreposades ("overlay")

La proliferació de les xarxes sobreposades està generant també una sèrie de problemes de rendiment i d'ús de recursos de la xarxa. El motiu principal és que aquestes xarxes lògiques s'estableixen de forma completament independent de la topologia real física de la xarxa i dels seus mecanismes d'encaminament, generant fluxos de tràfic que passen diverses vegades pels mateixos enllaços o encaminadors fent un ús ineficient dels recursos de la xarxa. Si s'hi afegeixen les consideracions econòmiques llavors el problema és més greu.

2.5.4 Requeriments de la nova arquitectura de xarxa

Al plantejar-se el fet de dissenyar una nova arquitectura de xarxa el primer pas és concretar els requeriments. Tot seguit es presenta de forma esquemàtica el conjunt de requeriments de la nova arquitectura. La majoria venen de l'experiència assolida en els darrers anys i volen salvar les deficiències detectades. També impliquen un canvi d'alguns dels principis bàsics de disseny de la Internet actual.

Fiabilitat i disponibilitat. La Xarxa ha de ser fiable com ho és actualment una infraestructura bàsica com la xarxa telefònica convencional. El seu comportament ha de ser previsible i ha de poder proveir diferents tipus de garanties.

Suport de terminal mòbils. La mobilitat deixa de ser una excepció o cas particular i passa a ser la situació normal i per tant és transparent a l'usuari.

Inherentment segura. La seguretat i la protecció enfront possibles atacs és una prioritat indefugible, com ho és en altres infraestructures bàsiques i crítiques per a la societat. Ha de poder suportar l'anonimat, quan sigui aconsellable, i la monitorització, quan sigui necessària.

Viabilitat econòmica. Es fa palesa la necessitat de definir un model econòmic des de l'inici per tal d'evitar situacions de canvis continus.

Com es pot veure, el darrer requeriment respon a una situació polèmica molt actual, en especial als Estats Units, anomenada popularment com el problema de la "neutralitat de la xarxa". Cal definir quin és el paper dels operadors de telecomunicacions que posen la infraestructura física, és a dir quin és el seu negoci i d'on treuen els beneficis de l'explotació de la xarxa física, quin és el paper dels proveïdors de servei de xarxa (ISP) i quin és el paper dels proveïdors de serveis amb valor afegit. També cal afegir un tercer actor, els usuaris que es converteixen en productors i consumidors d'informació, serveis i aplicacions.

Els tres primers requeriments tenen un caire més tecnològic tot i que les possibles alternatives no estan lliures de polèmica al voltant dels principis bàsics de disseny alhora que estan molt condicionats per l'evolució de la tecnologia en els dispositius i en els equips de transmissió i commutació.

2.5.5 Algunes àrees de recerca en l'arquitectura de la xarxa

L'activitat de recerca en aquest camp és molt activa i s'aborda des de molts aspectes diferents. Per això és difícil fer una síntesi del que s'està fent i extreure'n els punts més importants o els que tindran més impacte. Malgrat tot es poden identificar les àrees de recerca següents, sense pretendre ser exhaustius ni encabir totes les activitats de recerca que s'estan desenvolupant.

Commutació

Respecte a l'arquitectura pròpiament dita es replanteja el principi de "xarxa senzilla" i complexitat als extrems ("dumb network and smart end-nodes"). Avui dia funcions realment complexes són fàcilment realitzades per dispositius molt senzills i reduïts. Els mateixos microprocessadors de xarxa ("network processors") de la majoria dels equips de commutació i d'encaminament actuals fan funcions realment complexes. En aquest sentit, la integració de les xarxes sobreposades ("overlay networks") com a un servei més de xarxa i la integració de la commutació a nivell físic (òptica), MPLS i IP són alternatives que s'estan investigant molt activament.

Molt relacionat amb el fet d'afegir processament dins la xarxa està la recerca sobre nous paradigmes de commutació. En xarxes G/MPLS i IP ja tenim avui dia una coexistència de commutació de circuits (òptics o no) i commutació de paquets, encara que no del tot integrades. Es planteja també la conveniència d'estudiar la viabilitat de la commutació de

fluxos i la seva coexistència amb els modes commutació clàssics. Bona part d'aquesta coexistència efectiva passa per simplificar i eliminar les funcions redundants que es fan a diferents nivells ("cross-layer design").

Adreçament i encaminament

Actualment l'adreça IP identifica una interfície física de xarxa. Cal generalitzar el concepte d'adreçament per poder referir-se a serveis i persones; no a interfícies de xarxa. Aquest és un punt clau pel suport transparent a la mobilitat i als dispositius amb més d'una interfície de xarxa, cada cop més usuals.

Una primera aportació en aquest sentit ja s'ha comentat abans. Es tracta del HIP ("Host Identity Protocol"). Darrerament l'IETF està treballant en altres alternatives per separar la localització (adreça de xarxa pròpiament dita) d'identificació de l'extrem de la comunicació (aplicació, servei, persona).

Ara l'adreça IP fa les dues funcions: especifica com està connectada a la xarxa un dispositiu ("Routing Locator") i qui és el dispositiu ("Endpoint Identifier"). El fet d'utilitzar espais d'adreces diferents per la localització (RLOC) i la identificació (EID) permet simplificar l'encaminament i fer-lo més escalable agregant millor els subconjunts d'adreces. L'adreça RLOC s'hauria d'assignar de forma coherent amb la topologia de la xarxa per poder agregar les adreces, reduir les taules d'encaminament i simplificar la gestió del mateix. De fet, això és el que es pretén amb l'assignació de les adreces d'IPv6 seguint un esquema jeràrquic. D'altra banda, els identificadors s'assignen típicament per entitats o dominis de gestió. Com que la topologia de la xarxa i l'estructura organitzativa no acostumen a coincidir no és possible fer una assignació d'un únic espai d'adreces que sigui òptim. Cal tenir en compte que gran part de la complexitat de l'encaminament és degut a l'assignació de les adreces IPv4 seguint més el criteri d'identificació i dos rangs d'adreces numèricament consecutius poden estar assignats a dues xarxes molt llunyanes topològicament, per exemple en dos continents.

Hi ha dues formes bàsiques de resoldre la separació del RLOC i del EID: encapsulació i reescriure l'adreça. El model d'encapsulació ("map-and-encap") es basa en que l'encaminador de frontera ("border router") encapsula el paquet original amb l'adreça EID dins un paquet amb l'adreça RLOC. Es tracta, en definitiva del concepte clàssic de túnel i és aplicable tant per a IPv4 com per a IPv6. El segon model es basa en IPv6. Es tracta d'utilitzar els 64 bits menys significatius per a l'EID deixant sense especificar els 64 bits de més pes. L'encaminador posa els 64 bits de més pes amb el RLOC corresponent.

L'IETF està treballant en una proposta seguint el primer model d'encapsulació. Es tracta del LISP ("Locator/Identifier Separator Protocol") [8]. La proposta vol ser senzilla i permetre un desplegament incremental ja que no s'ha de modificar res als nodes i s'ha d'aplicar a un subconjunt reduït d'encaminadors. De fet, es pot veure com una xarxa sobreposada d'encaminament. La proposta té dues funcions: pel pla de dades l'encapsulació, i pel pla de control la gestió de l'associació RLOC-EID. Això permet desacoblar els espais d'adreçament d'una manera senzilla, reduir les taules d'encaminament, facilitar la mobilitat, el "multihoming" i la renumeració (canvi d'ISP).

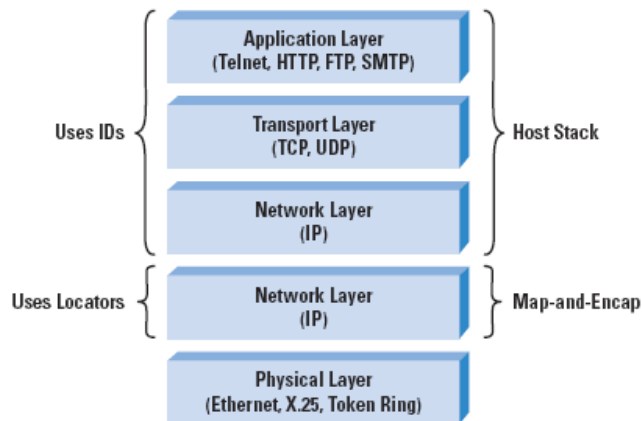


Fig. 14 - Arquitectura LISP (extreta de IJP).

2.5.6 Referències

- [1] Clean-Slate Design for the internet. White paper. A Research Project at Stanford University. April 18, 2006.
- [2] Developing a Next-Generation Internet Architecture. Robert Braden, David Clark, Scott Shenker, and John Wroclawski. July 15, 2000.
- [3] Host Identity Protocol. RFC 5201.
- [4] A Path Computation Element (PCE)-Based Architecture. RFC 4655.
- [5] Path Computation Element (PCE) Communication Protocol Generic Requirements. RFC 4657.
- [6] Path Computation Element Communication Protocol (PCECP). RFC 4927.
- [7] IS-IS Protocol Extensions for Path Computation Element (PCE) Discovery. RFC 5089.
- [8] The Locator Identifier Separator Protocol (LISP). David Meyer. Internet Protocol Journal (IPJ). Volume 11, Number 1, March 2008. <http://www.cisco.com/ipj>

2.6 Internet i les xarxes de transport i accés

En els darrers anys s'ha produït un increment sense precedents en la complexitat i dimensions d'Internet, així com en la velocitat d'intercanvi d'informació entre els usuaris. Hi ha hagut una clara tendència cap a aplicacions que inclouen tot tipus de tràfic i d'informació a transmetre, com ara els serveis "triple play" que conformen en un paquet únic els serveis de vídeo (VoD i IPTV), veu i dades o inclús serveis per a comunitats, xarxes socials o jocs en xarxa. Aquesta tendència està generant una demanda de xarxes flexibles amb capacitats extremadament elevades, que permetin manegar aquests grans volums d'informació de la manera més eficient possible i oferint els requeriments de qualitat demandats.

Per poder oferir aquests nous serveis als usuaris es fa imprescindible una revolució en la infraestructura d'accés fixa i mòbil, i alhora un canvi en la xarxa de transport amb l'objectiu d'agregar i transportar aquest nou tràfic.

En aquest escenari, es pot afirmar que les xarxes de fibres òptiques són, indubtablement, la tecnologia més adequada per a les actuals i les següents generacions de xarxes d'accés fixa i de transport. Si la Internet actual no ha arribat al col·lapse ha estat en gran mesura gràcies a l'ajut que la tecnologia òptica està prestant per donar més i més ample de banda als usuaris. El secret de la creixent capacitat de les tecnologies xDSL és el desplegament de fibra òptica que té darrere. Més encara, les xarxes inalàmbriques donaran cada vegada més i més cobertura gràcies a la capillaritat de les xarxes fixes i la seva base òptica. Per això, la Xarxa del Futur tindrà com estructura bàsica una xarxa òptica.

El fet que la fibra òptica sigui l'elecció per a la infraestructura de gran amplada de banda prové dels darrers anys de la dècada dels 90, en els que els amplificadors de fibra dopats amb erbi (EDFA, *Erbium Doped Fiber Amplifiers*) juntament amb la tècnica de multiplexat per divisió en longitud d'ona (WDM, *Wavelength Division Multiplex*) van permetre un ràpid increment de la capacitat de la fibra i alhora un decrement significatiu en el cost de transmetre la informació.

En aquest sentit, no hi ha cap dubte que en totes les àrees estarà present la tecnologia òptica WDM permetent multiplexar a nivell òptic els diferents serveis i transportar-los a llargues distàncies sense la necessitat de regenerar elèctricament el senyal i minimitzant els recursos de fibra necessaris.

Des del punt de vista de les xarxes de transport, existeixen diferents tendències més o menys disruptives d'evolució d'una xarxa òptica clàssica basada en circuits a xarxes de transport optimitzades per a tràfic de dades o paquets. No obstant, tot sembla indicar que l'arquitectura de xarxa òptica futura consistirà en una barreja raonable d'equips de transmissió i commutació de paquets i equips de transport orientats a connexió entre la xarxa d'accés i la xarxa de transport per permetre connexions extrem a extrem.

2.6.1 Estat de l'art i futur immediat

En la fase actual de ràpid creixement d'Internet, la situació de la xarxa des del punt de vista tecnològic és complexa i és inevitable trobar una barreja de tecnologies electròniques i òptiques, donant lloc a colls de botella a nivell electrònic que no permeten fer ús de la gran amplada de banda que ens ofereix la fibra òptica.

Actualment la tecnologia de transmissió per fibra òptica basada en la multiplexació per divisió de la longitud d'ona, Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM), és la manera més eficient d'augmentar la capacitat (ample de banda) de les xarxes de transmissió. La tecnologia DWDM utilitza diferents longituds d'ona ("llum a diferents colors") per a la transmissió de múltiples canals d'informació dins de la mateixa fibra òptica. Degut que tots els canals DWDM utilitzen el mateix medi de transmissió, aquesta tecnologia és la manera més econòmica de transmetre la informació, menor cost de transmetre un bit d'informació per quilòmetre.

Degut fonamentalment al desenvolupament de làsers monomode amb gran estabilitat freqüencial, de fibres òptiques amb poca atenuació i dispersió, i de Amplificadors Òptics (AO) del tipus EDFAs (Erbium Doped Fibre Amplifier), actualment els sistemes DWDM s'han centrat majoritàriament en las bandes òptiques C (1530nm a 1565nm) i L (1565nm a 1625nm). A dia d'avui els sistemes DWDM comercials tenen canals equiespaiats de: 50 GHz (aprox. 0.4nm) i 100 GHz (aprox. 0.8nm), l'estat de l'art permet treballar amb 80 canals dins de la banda C i al menys 160 canals dins de las bandes C+L.

Per cadascun dels canals DWDM es poden transportar diversos canals d'informació digital, mitjançant la multiplexació en el temps (Time Division Multiplexing, TDM). L'estat comercial de l'art en TDM està centrat en els sistemes SDH (Synchronous Digital Hierarchy, Jerarquia Digital Síncrona) a la velocitat sèrie de 10 Gbits/s, actualment els sistemes a 40 Gbits/s s'estan començant a comercialitzar. També és molt important el transport i l'agregació d'informació en el format Ethernet, actualment l'estat comercial d'aquesta tecnologia està centrat a la velocitat de 10 Gbits/s (la propera tecnologia a 100 Gbits/s està en fase d'investigació). Utilitzant les tecnologies DWDM, TDM i Ethernet es poden aconseguir capacitats totals de varis Terabits/s per fibra òptica.

Tradicionalment els sistemes DWDM s'agrupen en les següents categories: a) Metropolitans (Metro): distàncies metropolitanes, utilització de CoarseWDM i DWDM, b) Long-Haul (LH): distàncies de l'ordre dels 600Km, c) Ultra Long-Haul (ULH): distàncies de l'ordre dels 2000Km, d) eXtra Long-Haul: distàncies majors de 2000Km.

Estat actual i evolució de la xarxa de transport de commutació òptica de circuits

Avui en dia les xarxes de transport més esteses utilitzen tecnologia SDH, ofereixen un transport de les dades amb bona qualitat de servei (QoS), i tenen mètodes de protecció eficients. Durant aquests últims anys s'ha vist que la demanda de tràfic per dades creix de forma exponencial, superant en l'actualitat al tràfic de veu, impulsada pel creixement de Internet, els serveis IP/Ethernet. La limitació més important de SDH es troba a nivell de transport, ja que va ser dissenyada quan el tràfic de veu predominava de forma clara, i no s'adapta eficientment a les noves necessitats dels formats de dades i la commutació en mode datagrama. L'arquitectura IP basada en commutació de paquets en mode datagrama te que ser transportada sobre una xarxa de transport òptic basada en commutació de circuits òptics (portadores o longituds d'ona).

Els problemes derivats d'aquest *overlay d'arquitectures* més importants són els següents: Aprovisionament lent de connexions, complexitat de planificació, escalat de cost elevat, i poca flexibilitat per l'agregació o grooming. Amb la nova generació de SDH (NG-SDH), mitjançant

VCAT (Virtual Concatenation), LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme), GFP (Generic Framing Procedure), els equips SDH poden solucionar algunes de les anteriors deficiències.

S'ha de senyalar que no tot són inconvenients, SDH té una sèrie d'avantatges que han de ser conservats i que bàsicament es poden resumir en: a) mecanismes eficients de protecció / restauració, b) temps de restauració de l'ordre de desenes de ms, c) monitorització del rendiment, i d) aïllament de fallades. L'objectiu que es persegueix en el disseny de noves solucions de xarxa, és eliminar els inconvenients de la tecnologia SDH, conservant els avantatges de la forma més eficient possible, evitant xarxes molt complexes de gestionar i de grans costos d'instal·lació (Capex), i sobre tot reduir els costos d'operació i manteniment (Opex).

Les futures xarxes de telecomunicació hauran de ser dinàmiques, intel·ligents i reconfigurables per poder implementar, per exemple, l'ample de banda sota demanda (Bandwidth on Demand, BoD) en temps real. Un dels principals problemes a solucionar per les operadores de xarxa és l'eficient gestió de la capacitat disponible, i així evitar d'una banda la necessitat de sobredimensionar la xarxa de transport i, per l'altre, optimitzar la utilització dels recursos mitjançant la definició d'estratègies d'enginyeria de tràfic, és a dir, proporcionar l'ample de banda que es necessiti, on es necessiti, quan es necessiti, durant el temps que es necessiti, i amb un cost solament en funció del servei ofert i realitzat. Les futures xarxes intel·ligents estaran basades en fibres òptiques amb la tecnologia DWDM pel transport tot òptic (all optical) de la informació. Mitjançant la introducció d'amplificadors òptics i dispositius que permeten compensar les dispersions (degradació de l'ample de banda) de les fibres òptiques, es poden implementar xarxes òptiques en les que el senyal sempre romandrà en el format òptic, és a dir, la informació des d'ingrés fins a la sortida de la xarxa es mantindrà en el format òptic, cosa que farà que les funcionalitats que actualment es realitzen en diverses capes elèctriques s'hauran de realitzar a la capa òptica. La xarxa resultant serà molt més simplificada i eficient.

Per un transport efectiu s'ha d'optimitzar el cost de la multiplexació i de la commutació en un rang ampli de volums de tràfic. Amb la tecnologia DWDM s'optimitza el transport i s'incrementa la capacitat de les fibres. En els últims anys s'han produït grans avenços en els components òptics de la capa física, tals com OADM (Optical Add Drop Multiplexing) i dispositius OXC (Optical Cross Connect), capaços de commutar portadores òptiques DWDM. Aquestes prestacions fan preveure que aquests siguin els dispositius que en un futur pròxim tinguin la capacitat suficient de commutació pel creixent tràfic de dades, és a dir, en un futur es passaran funcionalitats de la capa elèctrica a la capa òptica.

D'altra banda, per un ús més eficient del gran ample de banda que ofereixen els canals òptics és necessari formar els agregats per omplir eficientment la capacitat dels canals DWDM. Avui en dia la tecnologia Ethernet és la que ofereix millors perspectives futures per el multiplexat (ja es disposa de commutadors amb ports de sortida/entrada a velocitats de 10 Gigabit Ethernet) i el transport de les aplicacions i serveis. La tecnologia Ethernet és la més estesa en les xarxes d'àrea local (LAN), i ja disposa de grans avantatges: tecnologia econòmica, ample de banda escalable i flexible. L'opció desitjable seria estendre aquesta tecnologia a xarxes MANs (Metropolitan Area Networks) i WANs (Wide Area Networks). El principal inconvenient de la

tecnologia Ethernet és que no assegura la qualitat de servei (QoS), i té uns mecanismes de protecció/restauració menys eficients que ATM/SDH. Actualment existeixen propostes que treballen per proporcionar QoS pel transport amb Ethernet: Carrier Ethernet i T-MPLS (Transport-MultiProtocol Label Switching). A curt termini la introducció del format Digital Wrapper (ITU-G.709) serà fonamental per transportar Ethernet amb qualitat de servei (QoS) i implementar funcionalitats avançades de monitorització digital.

Els beneficis d'utilitzar Ethernet en les xarxes MAN/WAN són: a) aprovisionament ràpid amb una granularitat molt fina, b) cost reduït, c) ample de banda flexible (des de desenes de Kbits/s fins a 10 Gbits/s) i reconfigurable, i d) complexitat reduïda de protocols (l'eliminació de protocols intermedis simplifica el procés d'aprovisionament i redueix els requeriments de configuració).

Evolució del pla de control en commutació òptica de circuits

Per la implementació de IP/DWDM i eliminar les capes SDH i ATM dels sistemes de transmissió, és necessari que les seves funcionalitats les adquireixin altres elements de la xarxa òptica. Per aconseguir-ho, la ITU (International Telecommunication Union) proposa l'arquitectura ASON (Automatically Switched Optical Network, ITU-Telecommunication Recommendation G.8080). En aquesta recomanació es proposa que existeixi una xarxa de control paral·lela a la de dades per realitzar les funcions de configuració, protecció i restauració del pla de transport òptic.

La solució futura de l'exposat anteriorment bàsicament es realitzarà mitjançant xarxes de transport òptiques (Optical Transport Networks, OTN) basades en nodes òptics reconfigurables, amb capacitat d'extracció i inserció (Reconfigurable Add Drop Multiplexing, ROADM) i commutació òptica (Optical Cross Connect, OXC), per establir camins òptics (LightPath, LP) amb canals d'informació basats en la tecnologia DWDM. S'eliminaran les capes ATM/SDH i es dotaran als routers, ROADMs, OXCs, AOs i altres components DWDMs de les funcions de les capes que s'eliminen.

Una xarxa òptica és per definició intel·ligent, sense intel·ligència no es pot parlar de xarxa sinó, únicament, d'un conjunt d'equips de transmissió interconnectats. Una xarxa és intel·ligent si es pot gestionar mitjançant un software que permeti aprofitar i optimitzar al màxim els recursos de la xarxa. Actualment, les xarxes òptiques són utilitzades com a mitjà de transport de grans volums de dades. Per establir una connexió entre dos extrems de la xarxa, l'operació s'ha de realitzar manualment, a través d'un administrador de xarxa, cosa que fa que el temps d'establiment d'un canal LP pugui ser d'hores o fins i tot dies. Es diu doncs, que les xarxes òptiques actuals no tenen dinamisme. A més, la commutació existent actualment per aquest tipus de xarxes és bastant primitiva, cosa que porta problemes d'escalabilitat quan es desitja augmentar la capacitat. Les xarxes ASON són una solució als problemes de dinamisme i escalabilitat de les xarxes de transport òptiques actuals, i proporcionen l'establiment dinàmic de canals òptics als routers (IP/MPLS) clients connectats a la xarxa. A aquestes característiques se'ls afegeixen mecanismes de protecció i restauració directament en la capa òptica, claus a l'hora de proporcionar qualitat en el servei.

L'arquitectura d'una xarxa ASON es compon de tres plans diferenciats. Al nivell més baix es troba el pla de transport, format pels components òptics per on circula les senyals òptiques. La intel·ligència de la xarxa la proporciona el pla de control. Aquest s'ocupa de la configuració del pla de transport, amb la finalitat d'establir i mantenir dinàmicament canals òptics. Finalment, trobem al nivell superior el pla de gestió, amb funcionalitats de supervisió i monitorització de la xarxa.

El pla de control ha d'assegurar que qualsevol servei requerit a la xarxa òptica pugui estar operatiu instantàniament. Per això, associat a cada node de la xarxa òptica es tindrà un "router" que estarà intercomunicat amb els "routers" dels altres nodes de la xarxa, mitjançant protocols IP amb la tecnologia GMPLS (Generalized Multi-Protocol Label Switched). Diferents organitzacions existents, com la ITU, la IETF (Internet Engineering Task Force) i la OIF (Optical Internet Forum) s'han posat d'acord per utilitzar en l'arquitectura ASON els protocols GMPLS desenvolupats per la IETF. Mitjançant els protocols GMPLS els nodes òptics basats en la tecnologia ROADM es podran reconfigurar remotament (R-ROADM) de forma automàtica, per establir el transport de serveis mitjançant la formació de camins òptics basats en la commutació, extracció i inserció de longituds d'ona (canals DWDM).

L'evolució futura de les xarxes òptiques a curt termini estarà basada en: dispositius RROADM (Remotament Reconfigurables-OADM), transmissors DWDM amb làsers sintonitzables, i tecnologia GMPLS.

El hardware del futur també evolucionarà i la nova generació de mòduls òptics per poder implementar els sistemes DWDM s'haurà de centrar en les següents tendències: a) reducció de costos, b) flexibilitat d'aplicacions, i c) eficiència operacional. Les anteriors tendències es poden concretar, d'una forma més precisa, en desenvolupar noves targetes optoelectròniques amb hardware intel·ligent que puguin suportar, mitjançant reprogramació per software, múltiples: clients, protocols i canals òptics.

Els nous desenvolupaments hardware per DWDM es centraran bàsicament:

- utilització de transceivers òptics insertables amb làser sintonitzable del tipus: SFP (Small Form factor Pluggable), XFP (10Gigabit Small Form factor Pluggable), etc.
- utilització de transceivers òptics MSA de 300 pins amb laser sintonitzable.
- hardware electrònic programable: multiprotocol (SDH, Ethernet, G.709, Forward Error Correction, Fibre Channel,...) amb recuperació de rellotge 3R multivelocitat ("multirate").
- integració de funcionalitats avançades de monitorització òptica: canals DWDM, dispersions, etc.
- integració de funcionalitats avançades de monitorització digital: SDH, Gigabit Ethernet, Digital Wrapper o G.709, Bit Error Rate (BER), etc.
- multiplexació i agregació programable i reconfigurable de canals digitals multiprotocol i multirate.

- nous formats de modulació avançades per 40 Gbits/s i 100 Gbits/s.
- integració de la compensació electrònica de les dispersions de la fibra òptica.
- integració amb un pla de control àgil i dinàmic.

En el futur la tendència és treballar amb xarxes mallades (mesh) implementades per nodes OXC (commutació de canals DWDM entre diverses fibres d'entrada i sortida), també anomenats nodes ROADM, de grau més gran que 2.

Les xarxes inicials en anell evolucionaran cap a xarxes mesh amb OXC. Cada OXC podrà estar format pel ROADM inicial al que se li afeixaran altres mòduls òptics per a poder commutar longituds d'ona entre les diferents fibres òptiques que arriben al node de la xarxa mesh.

Els nous ROADMs tindran funcionalitat multicast "drop and continue", els canals extrets localment també estaran presents a la seva sortida. En cada port local els OXCs han de poder operar amb qualsevol conjunt de canals òptics DWDM entre les diferents fibres òptiques que arriben al node, amb la qual cosa es diu que el ROADM és "colorless" i "directionless", amb un control remot i dinàmic, a través de la implementació integrada d'un pla de gestió i un pla de control distribuït basat en els protocols GMPLS.

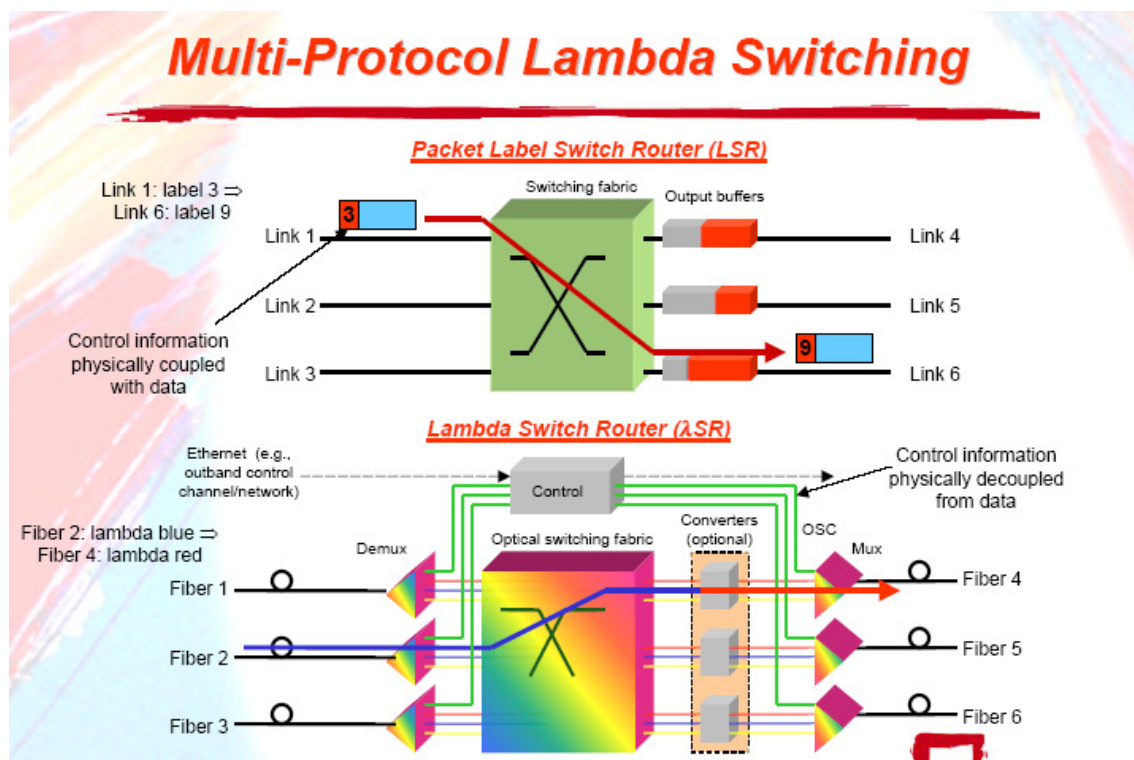


Fig. 15 - Commutació de canals DWDM entre diverses fibres d'entrada i sortida.

Les funcionalitats més importants del ROADMs de grau més gran que 2 seran les següents:

- Reconfigurabilitat completa: Aquesta característica es refereix a la possibilitat d'extreure un conjunt de longituds d'ona d'entrada en qualsevol port de sortida del ROADM, i inserir qualsevol longitud d'ona en qualsevol port d'entrada al dispositiu. Mitjançant aquesta característica s'obté la màxima flexibilitat d'operació.

- Interconnexió flexible amb les altres capes: A més de les interfícies òptiques transparents d'inserció i extracció, també es desenvoluparan interfícies digitals mitjançant la tecnologia 10-100GigabitEthernet, SDH a 10-40Gbits/s, la utilització de OTU-2, 3 i 4, NG-SDH: GFP, LCAS, VCAT, i grooming Ethernet per permetre una integració simple i directa amb xarxes locals i aplicacions d'usuari.
- Enginyeria de tràfic: Capacitats de commutació a nivell electrònic, diferents estratègies d'agregació (grooming), assignació dinàmica d'ample de banda. Mitjançant la incorporació de EXCs (Electrical Cross Connect) es permetrà la commutació elèctrica de canals digitals amb l'objectiu de que, mitjançant GMPLS, siguin enrutats formant part d'un agregat elèctric de canal òptic.
- Monitorització òptica, equalització òptica i gestió d'alarmes.
- Monitorització digital de la qualitat.
- Protecció: Donat que el ROADM està dissenyat per treballar en un escenari de xarxa DWDM on les connexions i la commutació han de ser proporcionades per una capa òptica, és desitjable incorporar funcionalitats de protecció i restauració tenint en compte el pla de control GMPLS.
- Multicast òptic en un escenari de xarxa metropolitana, amb la implementació de funcions Drop-and-Continue.
- Mitjançant el desenvolupament de les corresponents interfícies del ROADM amb els plans de control i de gestió.
- Integració dels amplificadors òptics en el node, compensadors de dispersió i convertidors de longitud d'ona.

La provisió dels recursos de xarxa per part de l'usuari

A part del software GMPLS, adequat per les futures xarxes ASON dels operadors de telecomunicacions, també s'està desenvolupant el software "User Controlled LightPaths" (UCLP) que permet als usuaris, ja siguin humans o aplicacions sofisticades, representar els recursos de xarxa (enllaços, nodes) com uns serveis web i, a partir d'aquests recursos, crear les seves pròpies xarxes virtuals privades. Amb UCLP els usuaris poden manipular els recursos de xarxa (provinents d'una sol domini o de varis dominis independents) i cedir-ne la gestió a altres usuaris.

El software UCLP està dissenyat per a que els usuaris creïn les seves pròpies xarxes virtuals dedicades a una aplicació o a un domini específic, satisfent d'aquesta manera els requeriments d'aplicacions sofisticades com el Grid i la e-Science. A més a més aquest tipus de xarxes poden ser reconfigurades pels usuaris finals, sense la necessitat de la participació dels gestors de les xarxes més grans d'on provenen els recursos. *Així doncs es pot definir el sistema UCLP com una eina de partició i configuració de xarxes, que exposa cada enllaç i cada node d'una xarxa física com a objectes o serveis que poden ser posats sota control de diferents usuaris de xarxa, de*

manera que aquests puguin combinar varis d'aquests objectes per crear la seva pròpia xarxa dedicada.

Els futurs desenvolupaments software també serviran perquè les aplicacions i els serveis interaccionin directament sobre la xarxa òptica. Es desenvoluparà una capa que interaccioni (middleware) entre la xarxa òptica i les aplicacions. Tot això permetrà l'evolució de les xarxes òptiques cap a xarxes intel·ligents i orientades a serveis, aptes para la provisió de serveis de telecomunicacions avançats de gran interès futur, com per exemple les aplicacions GRID.

Xarxes d'accés òptiques

Respecte al desplegament de fibra-fins-a-la-llar (FTTH, fiber-to-the-home), les noves iniciatives pretenen establir una infraestructura òptica passiva i transparent sobre una àrea estesa, les anomenades xarxes òptiques passives de nova generació (ngPON), capaces de servir a un número superior d'usuaris i de suportar les seves demandes futures de banda ampla. Escalabilitat, flexibilitat i protecció estan esdevenint propietats rellevants, a l'augmentar el número d'usuaris i l'abast en distància. A més, si s'incorporen funcionalitats de xarxes metropolitanas, es pot intuir una convergència entre xarxes d'accés i xarxes metropolitanas. Els nous desenvolupaments combinen de forma transparent el domini de la multiplexació en longitud d'ona (WDM) amb el domini de la multiplexació digital en el temps (TDM) i la multiplexació en codi (OCDM), per tal d'assolir una elevada densitat d'usuaris a partir d'una infraestructura mínima.

El desenvolupament de les futures tecnologies d'accés es basarà fonamentalment en una xarxa d'accés òptica, tant passiva (xPON) com activa (active Ethernet) basada en Ethernet que transportarà simultàniament veu, vídeo i dades (Triple Play). Les velocitats de transmissió entre la capçalera (optical line terminal, OLT) i el mòdem d'usuari (optical network unit, ONU) estaran entre 1, 10, 40,.. Gbit/s. Aquesta xarxa podrà ser gestionada seguint l'estàndar IEEE 802.3ah que permetrà transportar trames Ethernet de manera transparent des de la xarxa d'accés, passant per la metropolitana i/o troncal sense manipular la trama Ethernet de nivell 2, creant un canal transparent extrem-extrem.

La xarxa resultant serà altament escalable i pot sotmetre's a un creixement continu. També pot oferir balanceig de tràfic, focalització dinàmica del ample de banda per una utilització dels recursos més eficient, concentrant recursos en aquelles àrees que més ho demandin (segons la hora del dia, etc), i protecció a trencament de la fibra. Gràcies a la concentració de la complexitat a la capçalera, a la minimització de l'equipament d'usuari, i a la maximització del nombre d'usuaris, es podrà reduir el cost global de la xarxa per usuari. La xarxa òptica també ha de permetre el transport directe de senyals ràdio, que es poden difondre en pico-cel·les en els punts d'accés final d'una forma simple, amb tècniques RoF (Radio over Fibre).

Paral·lelament les xarxes d'accés es convertiran en xarxes d'accés híbrides interconnectan-se amb les xarxes ràdio cel·lulars, inalàmbriques o de sensors.

2.6.2 Visió de la Futura Internet

Des d'un punt de vista tecnològic, els problemes que presenta la Internet actual són alhora els reptes de la nova arquitectura de xarxa de la Internet en un futur més o menys immediat. Els

nous desafiaments en el disseny de l'arquitectura de la xarxa tenen l'objectiu d'aconseguir una xarxa heterogènia escalable, segura, robusta, fiable, re-configurable, que permeti la mobilitat dels usuaris i que ofereixi la qualitat de servei que els usuaris i les aplicacions actuals requereixen. Si bé la Internet inicial va ésser dissenyada per suportar connectivitat permanent, retard baix, taxes de dades simètriques i comunicacions amb baixa taxa d'error, la situació actual ha portat a tenir connectivitat intermitent, retard variable, taxes de dades asimètriques i altres taxes d'error, tot això a més de requerir comunicacions de gran velocitat a llarga distància.

Analizant els canvis que s'han produït a Internet podem intuir que es deuen al fet d'haver passat d'un entorn fiable a un entorn poc segur, de tenir usuaris del món de la recerca a clients de la xarxa, de fer un ús de la xarxa orientat a les màquines a fer un ús centrat en les dades i de passar de tenir operadors sense ànim de lucre a tenir operadors amb finalitats comercials, entre d'altres.

La Futura Internet hauria de ser segura, escalable, manejable, sostenible i flexible per tal de poder integrar nous serveis encara desconeguts. Altres atributs situen a la Futura Internet com una xarxa distribuïda, auto-gestionable, auto-configurable, auto-regulable, auto-descrita, auto-optimitzable, proporcionant una infraestructura composta per diferents tecnologies capaç de imposar decisions i informació local, sense que afecti a les prestacions, robustesa i confiabilitat global de la xarxa. Tots aquests atributs s'engloben en el que es coneix com a conjunt de "auto-*" (self-*) característiques de la xarxa.

En definitiva, sembla que la Futura Internet s'espera que sigui caòtica, sense objectius ni nivells de servei imposats de forma centralitzada, sense estàndards ni protocols acordats universalment, i fins i tot, sense un coneixement a priori de la topologia ni de la seva composició. En aquest plantejament la xarxa esdevé un vehicle per al creixement econòmic i els canvis socials.

Una de les tendències per a la Futura Internet és la integració fotònica mitjançant el desenvolupament de circuits integrats fotònics o PIC (*Photonic Integrated Circuit*). Aquesta arquitectura alternativa permet realitzar el maneig dels senyals digitals a nivell de bit dins la xarxa i, per tant, permet l'ús d'un gran ventall de tecnologies ja disponibles per a la gestió de senyals digitals, com ara la commutació, agregació, encaminament, monitoratge, tractament de fallides, etc. D'aquesta manera es torna a re-establir l'ús de les conversions OEO, eliminant els beneficis dels ROADMs òptics.

La tecnologia dels PIC integra la funcionalitat de més de seixanta components òptics discrets en dos xips fotònics, un de transmissió i un de recepció. El nivell d'integració ha assolit les fites de les xarxes òptiques, és a dir, aconseguir que les conversions OEO siguin viables econòmicament ocupant un espai reduït. La tecnologia PIC proporciona una plataforma amb habilitats per escalar a majors capacitats, amb més longituds d'ona per xip i també majors taxes, i amb majors funcionalitats com ara l'amplificació òptica.

D'aquesta manera, apareix el concepte d'una capa de transport òptica que combina les funcionalitats i els beneficis d'una xarxa digital amb l'escalabilitat i cost efectiu en amplada de banda pròpia de les xarxes WDM analògiques. Aquesta nova arquitectura prendrà el nom de

xarxa òptica digital i re defineix el transport òptic proporcionant la capacitat WDM amb la flexibilitat i la simplicitat de gestió de tràfic dels sistemes de transport digital i les solucions a gran escala viables econòmicament de la integració fotònica.

En aquesta nova arquitectura el dispositiu per excel·lència serà el ROADM digital. Aquest sistema diferirà dels ROADM òptics en el fet que la inserció/extracció i commutació es realitzarà en digital després d'haver aplicat una conversió OEO a totes les longituds d'ona del node. Això permet tenir accés a diferents amplades de banda d'una lambda.

La lògica de silici dels PIC s'usa per implementar el servei i la reconfiguració del hardware en el node, incloent multiplexat digital a nivell de sub-lambda, inserció/extracció i commutació digitals a diferents granularitats, distribució de serveis punt a multipunt, monitorització digital de capçaleres, protecció digital ràpida, i traçats, diagnòstics i test d'errors digitals. Totes aquestes funcionalitats, juntament amb intel·ligència provinent de software empotrat, permet automatitzar la xarxa, el descobriment de la topologia i l'aprovisionament de serveis, aproximant-se al que seria una xarxa òptica amb propietats "auto-*".

El fet de tenir PICs programables és un repte que ofereix la tecnologia d'integració fotònica. Aquests dispositius permeten dissenyar aquest software empotrat que fa les funcions d'un pla de control electrònic integrat permetent la implementació de funcions que han estat dutes a terme típicament de forma manual i que ara es podran fer ràpida i remotament. D'aquesta manera, s'aconsegueix transformar la tecnologia òptica amb components inherentment estàtics, com ara làsers fixes o senyalització fixa, a tecnologia dinàmica que pugui ser controlada electrònicament.

L'avantatge d'aquesta nova arquitectura és que desacobla els serveis de la transmissió, permetent que la capa de serveis sigui independent de les restriccions físiques.

Una de les revolucions que s'entrevéu amb aquesta tecnologia és fer arribar el nivell òptic fins a l'extrem final, és a dir, fins al dispositiu o ordinador de l'usuari, trencant la dicotomia entre la computació electrònica i les comunicacions òptiques. En aquest sentit, es planteja realitzar connexions òptiques en el disseny de les plaques de circuits integrats, connectar les diferents targetes òpticament, a través dels coneguts backplanes però òptics en lloc d'elèctrics, trencar la separació entre la computació electrònica i la connexió òptica a la xarxa.

També es planteja la possibilitat de redefinir el disseny dels routers o dels nodes de xarxa, implementant solucions que no requereixin refrigeradors cada vegada més grans, com succeeix actualment, amb requeriments de cost i espai inviables. Actualment un augment de velocitat suposa un augment d'energia i el conseqüent augment de dissipació de potència que requereix més refrigeració.

En aquest sentit, una solució és aconseguir tècniques de modulació sobre la fibra òptica que permetin una eficiència espectral millor que un bit per Hz de manera que es requereixi menys energia. Al mateix temps, la tecnologia PIC que no requereix refrigeració pot ser un element crític per fer viable l'augment de velocitat. La majoria dels dispositius fotònics no dissipen potència per cada bit que els travessa com succeeix en el cas dels dispositius electrònics.

Tenint en compte aquest fet, es planteja com a repte per al futur la integració de la lògica d'encaminament típica d'un router en un PIC i implementar memòries òptiques dins d'un xip PIC, en un disseny que balancegi de forma òptima la part òptica i la part electrònica.

En tot aquest escenari apareix la necessitat d'implementar nous algorismes i un nou pla de control que permeti tenir una infraestructura de xarxa òptica dinàmicament reconfigurable. Al mateix temps, també s'han de definir les interfícies entre la tecnologia òptica i altres tecnologies com pot ser la tecnologia mòbil i sense fils.

En aquest cas es torna a replantejar la possibilitat d'utilitzar diferents paradigmes de commutació que no siguin exclusivament commutació de paquets, alternant commutació de circuits, commutació de ràfegues i commutació de paquets.

Els nous algorismes han de ser dissenyats per incrementar la interacció entre les aplicacions, l'arquitectura de xarxa i el nivell físic, reduint les barreres científiques i de llenguatge de les diferents comunitats que tracten amb cadascun d'ells. Per arribar a tenir comunicacions autònomes pròpies de xarxes amb propietats "auto-*", es planteja aplicar Intel·ligència Computacional (CI) la qual té com a avantatges la seva àmplia aplicabilitat, robustesa en front a entorns dinàmics i capacitat d'auto-optimització.

L'arquitectura de la Futura Internet és la d'una xarxa intel·ligent que oferirà un entorn de comunicacions flexible i auto-organitzable per als usuaris i els serveis. Aquesta xarxa es compondrà de nodes intel·ligents capaços de suportar les necessitats dels usuaris i les aplicacions, i capaços de percebre i adaptar connexions dinàmicament en funció de l'estat de la xarxa i la qualitat de servei requerida. Aquestes idees són les que s'apliquen en les xarxes cognitives, en les quals s'utilitzen algorismes amb un comportament basat en la natura, mitjançant models inspirats en la biologia.

Així doncs, en la Internet del futur, els nous algorismes garantirán les propietats emergents del sistema amb informació contextual limitada i control local, fent el sistema auto-organitzable. Han de tractar amb entorns heterogenis i canviabls i seran els encarregats de proporcionar capacitats de fiabilitat i auto-correcció a la xarxa, de la manera més independent possible de la tecnologia específica de comunicacions. També influiran en el disseny i l'evolució dels futurs algorismes per als sistemes de comunicació, els avenços en els codis a nivell d'aplicació.

Adicionalment a tota aquesta revolució en l'arquitectura de xarxa, també es planteja l'ús de la virtualització com una manera d'incrementar l'eficiència de l'ús de la infraestructura, estenent l'escalabilitat de les xarxes. Aplicat sobre l'amplada de banda, la virtualització desacobla o crea una abstracció entre la creació i lliurament de serveis de transport òptics i l'enginyeria de la capa òptica que assigna longituds d'ona. D'aquesta manera es podria aconseguir oferir un ventall flexible de tipus de serveis sobre una única infraestructura de xarxa, millorar l'eficiència en l'ús de l'amplada de banda i oferir nous serveis de transport.

Fins ara les evolucions de les xarxes òptiques bàsicament s'ha produït mitjançant els desenvolupaments de nous dispositius òptics per fer noves funcionalitats que abans només es podien fer a nivell elèctric. En una primera aproximació es van considerar els desenvolupaments de ROADMs i OXCs com una extensió de l'existent xarxa digital síncrona

(SDH). Aquests dispositius es varen aplicar en les xarxes WRN (Wavelength Routed Network) les quals es basen en commutació òptica de circuits (OCS, Optical Circuit Switching). Uns dels inconvenients d'aquests tipus de xarxes és que la granularitat de capacitat assignada a un camí òptic és tota una longitud d'ona, la qual cosa suposa un desaprofitament dels recursos, el transport de tràfics per sota de la capacitat d'una lambda no és òptima, fet que es tradueix en malgastar recursos i tenir costos extrems.

Donada la limitada granularitat de les xarxes WRN es plantegen alternatives que a més es basin en la commutació de paquets per tal d'acomodar-se més dinàmicament a les demandes del tràfic canviant, ja que, ara per ara, la commutació de paquets és la manera en que es transmet la informació a Internet.

Circuits integrats fotònics

Una de les tendències futures és el desenvolupament de circuits integrats fotònics o PIC (Photonic Integrated Circuit). En PICs es podran realitzar múltiples conversions O-E-O treballant a velocitats ≥ 10 Gbits/s amb làsers sintonitzables i formats de modulacions avançades. Amb la introducció d'aquesta tecnologia es podrà realitzar el maneig dels senyals digitals a nivell de bit (de sub-lambda) dins la xarxa i, per tant, permet l'ús d'un gran ventall de tecnologies ja disponibles per a la gestió de senyals digitals, com ara la commutació digital a diferents granularitats, agregació, encaminament, distribució de serveis punt a multipunt, monitorització digital de capçaleres, protecció digital ràpida, i traçats, diagnòstics i test d'errors digitals, etc. En principi, si es fes un ús massiu de PICs no faria falta compensar les degradacions introduïdes per les dispersions de les fibres òptiques i d'altres dispositius ja que a nivell de node òptic es faria una completa regeneració O-E-O del tipus 3R.

La tecnologia dels PIC integra les funcionalitats de components òptics discrets i d'electrònics amb un alt nivell d'integració, és a dir, per aconseguir que les conversions O-E-O siguin viables econòmicament i ocupant un espai reduït. D'aquesta manera, apareix el concepte d'una capa de transport òptica que combina les funcionalitats i els beneficis d'una xarxa digital amb l'escalabilitat i cost efectiu en amplada de banda pròpia que proporcionen les xarxes DWDM. Aquesta nova arquitectura xarxa òptica digital el dispositiu per excel·lència serà el ROADM digital, que diferirà dels ROADM òptics en el fet que la inserció/extracció i commutació es realitzarà en el format electrònic digital després d'haver aplicat conversions O-E-O a totes les longituds d'ona del node. Això permetrà implementar el multiplexat digital a nivell de sub-lambda, la inserció/extracció i commutació digitals a diferents granularitats, distribució de serveis punt a multipunt, monitorització digital de capçaleres (protecció digital ràpida, traçats, diagnòstics i test d'errors digitals).

Totes aquestes funcionalitats, juntament amb intel·ligència provinent de software empotrat, permet automatitzar la xarxa, el descobriment de la topologia i l'aprovisionament de serveis, aproximant-se al que seria una xarxa òptica amb propietats "auto-*".

El fet de tenir PICs programables és un repte que ofereix la tecnologia d'integració fotònica. Aquests dispositius permeten dissenyar aquest software encastat que farà les funcions ordenades per un pla de control electrònic integrat, permetent la implementació de funcions que es podran fer ràpidament i remota. D'aquesta manera, s'aconsegueix transformar la

tecnologia òptica amb components inherentment estàtics, com ara làsers fixes o senyalització fixa, a tecnologia dinàmica que pugui ser controlada electrònicament.

Les xarxes de commutació de paquets òptics

Si el futur immediat de les xarxes òptiques són les xarxes ASON i pla de control GMPLS, amb nodes basats en la tecnologia RROADM i làsers sintonitzables, en un futur a més llarg termini actualment també està clara l'evolució cap a les xarxes de commutació de paquets òptics (Optical Packet Switching, OPS).

Alguns estudis presenten com la solució per al futur, la commutació òptica de paquets (OPS, Optical Packet Switching) que permet una granularitat a nivell de paquet en la transmissió i en la commutació, oferint un ús flexible i eficient de l'amplada de banda en una Internet totalment òptica. No obstant, una xarxa OPS requereix de memòries òptiques i commutadors totalment òptics que efectuïn commutacions a la velocitat de transmissió dels paquets i reconeixement de capçaleres a nivell òptic. Les primeres implementacions pràctiques de xarxes OPS seran del tipus de commutació de ràfegues (Optical Burst Switching, OBS) i etiquetes òptiques (Optical Label Switching, OLS).

La principal diferència entre una xarxa de commutació de ràfegues òptiques i una de commutació de paquets òptics rau en el fet que les ràfegues òptiques són d'una longitud molt més gran, les ràfegues òptiques s'entenen com contenidors òptics de gran capacitat. Aquest fet fa que el funcionament més apropiat de les xarxes de commutació de ràfegues òptiques sigui el mode datagrama, en el que els recursos de xarxa per a transmetre les ràfegues es reserven de forma independent per a cada una de les ràfegues que entren a la xarxa, enviant-se prèviament (amb una anticipació d'un temps: Offset Time) i per a cadascuna de les ràfegues un paquet de control que li prepara el camí, reservant-li si es pot, els recursos necessaris per a la seva transmissió a través de tota la xarxa. En OBS el processament de les capçaleres es realitza a nivell electrònic i la informació està encapsulada en ràfegues de longitud en general variable. Sobre aquestes xarxes, els recursos de transmissió i de commutació es reserven a través d'un pla de control només durant el temps d'utilització per part d'una ràfega. Finalment es transmeten les ràfegues transparentment en el domini totalment òptic extrem a extrem.

L'arquitectura OBS aporta avantatges en multitud d'aspectes com ara l'optimització de recursos, tant pel que fa a la seva reserva com al seu ús, la provisió de qualitat de servei (gestió de ràfegues prioritàries), etc. Tenint en compte que de moment les especificacions de les xarxes OBS són un processat de capçaleres a nivell elèctric, una operació sense la necessitat de buffers i uns requeriments de commutació suficientment lents, es planteja com una solució pràctica i es considera com el pas següent de l'evolució cap a la Futura Internet. Les xarxes OBS evolucionaran cap a les xarxes OLS.

Per a que tecnològicament sigui possible desenvolupar i fabricar nodes de la commutació òptica de paquets s'està desenvolupant la commutació d'etiquetes òptiques. Per a tal objectiu, als paquets òptics que entren en una xarxa se'ls afegeix una etiqueta (label) òptica que determina la ruta del paquet dins la xarxa. Aquests paquets es transporten per la xarxa utilitzant també la tecnologia DWDM. En els nodes intermedis s'ha de extreure i llegir la etiqueta mantenint intacte el paquet òptic. Mentre la informació de la taula d'encaminament

del node determina el port de sortida del paquet, però prèviament s'haurà de canviar, si és necessari per evitar col·lisions, la longitud d'ona (DWDM) que transporta aquest paquet i afegir-hi la nova etiqueta òptica per a que el pugui processar el següent node. En l'últim node de sortida de la xarxa s'haurà de treure l'etiqueta al paquet òptic de sortida.

En un futur el processat d'etiquetes més interessant serà el processat òptic (All Optical Label Processing, AOLP) amb tecnologia Optical Code Division Multiple Access (OCDMA) per incorporar les etiquetes als paquets òptics, i per implementar codificadors i descodificadors d'autocorrelació òptica. Amb aquesta tecnologia es podran implementar nodes amb processat òptic passiu d'etiquetes a velocitats de commutació molt elevades.

Amb OBS i OLS es podrà aprofitar al màxim l'ample de banda i s'entrarà definitivament a la Internet Òptica. L'avantatge d'aquesta nova arquitectura és que desacobla els serveis de la transmissió, permetent que la capa de serveis sigui independent de les restriccions físiques. Sembla evident que les previsions apunten a que en un futur també coexistiran les xarxes híbrides ASON + OBS/OLS amb pla de control comú GMPLS per donar suport a diferents serveis i QoS.

Les futures xarxes òptiques de transport han de permetre connexions òptiques automàtiques i dinàmiques, amb la fi de poder suportar i gestionar un rang de diversos serveis avançats i noves aplicacions emergents. En conseqüència, és de rellevància construir xarxes òptiques orientades a serveis. Es necessitaran innovacions tècniques significatives, tant en la gestió de serveis com en la mesura dels paràmetres que garanteixen la provisió dinàmica.

2.6.3 Referències

[1] GENI: Global Environment for Network Innovations. Tom Anderson, Dan Blumenthal, Dean Casey, David Clark, Deborah Estrin, Larry Peterson, Dipankar Raychaudhuri, Jennifer Rexford, Scott Shenker, John Wroclawski. January10, 2006.

[2] The Future Internet: the operators' vision EURESCOM EDIN 0546-1657 Project P1657, November 2007.

[3] Report of "US/EU Workshop on Key Issues and Grand Challenges in Optical Networking" e-PhotonOne, June 2006.

[4] IP over DWDM Srinivasan Seetharaman. seethara@cis.ohio-stste.edu.

[5] Evolution to Colorless and Directionless ROADMs Architectures Peter Roorda, Brandon Collings NWE2, OFC/NFOEC 2008.

[6] Building Agile Optical Networks Serge Melle NME2, OFC/NFOEC 2008.

[7] Market drives and Implementation options for 100GbE Transport over the WAN Serge Melle, John Jaeger, Drew Perkins and Vijay Vusirikala. IEEE Applications & practice, pp.18-24, vol.45, Suppl.3, November 2007.

[8] Optical Packet-Switched WDM Networks: A cost and Energy Perspective Rodney S. Tucker OMG1, OFC/NFOEC 2008.

3 Conclusions

Un cop analitzades les principals problemàtiques de la Internet actual en les vessants tecnològica, social i econòmica, i les possibles solucions que s'han presentat en cadascun dels capítols anteriors ens "atrevim" a proposar una visió de l'arquitectura de la Internet del Futur.

Tal com s'ha anat expressant en els diferents capítols, existeixen dues possibilitats per resoldre la problemàtica que té plantejada la Internet:

- Evolucionant l'arquitectura actual
- Creant una nova arquitectura IP o post IP (Clean Slate)

En aquest segon cas la Futura Internet es pot fonamentar en els següents principis bàsics:

- Ha de ser una arquitectura de protocols i serveis "virtual" en el sentit que és independent de les tecnologies físiques associades a la xarxa de transport i accés tan amb fils com sense fils i les seves especificitats (ample banda, retard, etc.).
- Ha de ser una arquitectura de protocols agnòstica tant al format, contingut i qualitat del mèdia creat o transportat, com al tipus de comunicació (objecte-objecte, home-home, objecte-home), i mode (punt a punt, punt-multipunt i multipunt-multipunt).
- Internet ha de ser capaç de localitzar, generar, transportar i consumir tot tipus d'informació multimodal (àudio, vídeo, dades, imatge, informacions sensorials, telemetria, etc.).
- Les interfícies de la xarxa seran multimodals, que interconnectaran les persones, els objectes i la natura en punts molts propers o interiors a ells convertint-los en nusos de la xarxa.
- Els nodes finals, que a la vegada són les interfícies, es poden convertir en nodes de la xarxa, capaços de generar i consumir informació, i encaminar o transportar la informació rebuda. Els dispositius finals de procés (computadors òptics, sensors, etc.) passen a formar part de la pròpia xarxa.
- La Futura Internet estarà composta per una xarxa de xarxes fetes a mida, auto adaptables, auto configurables i regulables. Aquest model donarà lloc a la creació de xarxes específiques fetes a mida per les diferents comunitats (xarxes socials, etc.).
- Les entitats o objectes de la Xarxa (usuaris, dispositius, recursos, informació,) s'identificaran mitjançant identificadors semàntics capaços de ser cercats i localitzats geogràficament de mode unívoc.
- L'arquitectura es compondrà d'un conjunt de funcions genèriques i distribuïdes, no organitzades en capes de protocols, que oferiran funcionalitats adaptades a les necessitats específiques i instantànies de cada comunicació. Aspectes com la qualitat

de servei, la seguretat o fiabilitat entre d'altres, seran específiques i definides dinàmicament per cada comunicació.

- La Internet serà per a tothom i de tothom. Serà neutral on cada entitat podrà crear i consumir informació, serveis i aplicacions.
- La xarxa serà un laboratori de recerca i innovació permanent i obert a tots els usuaris.
- L'arquitectura ha de ser eficient en escalabilitat, cost, adaptabilitat i funcionalitats apta per arribar a ser el servei universal de la societat del coneixement.
- La informació, els serveis o les aplicacions poden estar majoritàriament allotjades en els nusos productors, modificant substancialment els models de negoci de la Internet actual.

Finalment, cal dir que aquestes conclusions només són una breu síntesi que anirem ampliant a mida que s'enriqueixi el document amb noves visions i aportacions de tots vostès.

Aquest document ha estat elaborat per en J. Alcober, C. Cervelló, J. Domingo, G. Fernández, G. Junyent, M. Oliver, J. Paradells, S. Sallent i A. Serra tots ells membres del Comitè Tecnològic de la Fundació i2CAT amb la col·laboració d'en A. Vidal.