

# Conceptes de xarxes de computadors

Xavier Vilajosana Guillén

PID\_00147707



Universitat Oberta  
de Catalunya

[www.uoc.edu](http://www.uoc.edu)



# Índex

<b>Introducció</b> .....	5
<b>Objectius</b> .....	6
<b>1. Conceptes de xarxes i comunicacions a Internet</b> .....	7
<b>2. Què és Internet i què és un protocol</b> .....	8
<b>3. Maquinari de xarxa</b> .....	9
3.1. Topologies de xarxa .....	9
3.2. Tipus de commutació .....	10
3.2.1. Commutació de circuits .....	10
3.2.2. Commutació de paquets .....	11
3.2.3. Commutació de paquets amb circuit virtual .....	14
3.3. Abast de les xarxes .....	14
3.3.1. Xarxes de gran abast .....	15
3.3.2. Xarxes d'àrea local .....	15
3.4. Tecnologies de xarxa .....	16
3.4.1. Tecnologies de xarxa cablejada .....	16
3.4.2. Tecnologies de xarxa sense fils .....	16
<b>4. Dispositius de xarxa</b> .....	18
<b>5. Programari de xarxa</b> .....	20
5.1. Arquitectura de la xarxa: disseny per capes .....	21
5.2. Consideracions de disseny .....	24
<b>6. Jerarquia de protocols i encapsalament</b> .....	26
<b>7. Interfícies i serveis</b> .....	28
7.1. Tipus de connexió de serveis .....	32
<b>8. Models de referència</b> .....	34
8.1. Necessitat d'estandardització .....	34
8.2. El model de referència OSI .....	35
8.2.1. Procés d'encapsulació i desencapsulació .....	37
8.3. Model TCP/IP .....	38
8.3.1. Encapsulació de la informació en el model TCP/IP .....	40
8.4. El model OSI comparat amb el model TCP/IP .....	41
<b>9. Breu història de les comunicacions</b> .....	43

<b>Resum</b> .....	55
<b>Bibliografia</b> .....	57

## Introducció

Les xarxes d'ordinadors actuals són una composició de dispositius, tècniques i sistemes de comunicació que han anat apareixent des del final del segle XIX amb la invenció del telèfon. El telèfon es va desenvolupar exclusivament per a transmetre veu, tot i que encara avui s'utilitza, en molts casos, per a connectar ordinadors entre si. De llavors ençà han aparegut les xarxes locals, les connexions de dades a llarga distància amb enllaços transoceànics o satèl·lits, Internet, la telefonia mòbil, etc.

Dedicarem aquest mòdul a introduir les idees i els conceptes bàsics de les xarxes d'ordinadors que tractarem en profunditat a partir d'ara. Primer de tot, seran introduïts els conceptes fonamentals d'una xarxa. Les topologies de xarxa i els conceptes de commutació, el maquinari i el programari. És important tenir una visió general de la tipologia de xarxa, normalment classificada pel seu abast. Seguidament, el mòdul introdueix les diferents tecnologies de xarxa més rellevants actualment, Ethernet o 802.3 és la més usada en xarxes d'àrea local cablejades. Les tecnologies de xarxes sense fils s'han estandarditzat en la darrera dècada i tenen l'exponent més important en el 802.11 o Wi-Fi, que és usat també per la majoria de dispositius d'usuari en xarxa.

El mòdul aprofundeix en la definició d'una xarxa de computadores i ens presenta el model de referència d'una xarxa, constituïda per diferents nivells que permeten abstraure les complexitats derivades de la transmissió de la informació. Com veurem, cada nivell de la xarxa ofereix serveis al seu nivell predecessor, mentre que usa els serveis del seu nivell antecessor. Quan es vol transmetre una informació, és transmesa entre els diferents nivells de la xarxa tot encapsulant la informació dels nivells predecessors i afegint nova informació que permet recuperar la informació original en el receptor.

Veurem que en un principi es va definir una jerarquia anomenada *open systems interconnection* (OSI) amb 7 nivells, i que va evolucionar envers el model de xarxa actual, el model TCP/IP que regeix avui dia el funcionament d'Internet. Finalment el mòdul fa una breu repassada de la història de les comunicacions. Conèixer la història ens permet tenir una bona perspectiva d'aquestes tecnologies i entendre per què s'han creat, com han evolucionat i per què tenim el model de comunicació actual.

## Objectius

En finalitzar l'estudi d'aquest mòdul, haureu d'haver assolit els objectius següents:

- 1.** Conèixer el concepte de xarxa de computadors, servei i protocol i Internet.
- 2.** Conèixer els components d'una xarxa de computadors, tant de maquinari com de programari.
- 3.** Conèixer l'arquitectura d'una xarxa de computadors, la separació per capes o nivells i els models de referència fonamentals.
- 4.** Saber diferenciar les xarxes pel seu abast.
- 5.** Tenir una visió general de l'evolució de les xarxes de computadors des dels seus inicis.

## 1. Conceptes de xarxes i comunicacions a Internet

Durant les dues primeres dècades d'existència dels computadores, aquests eren sistemes de maquinari fortament centralitzats, normalment ubicats en un únic espai físic. Les empreses i centres que posseïen un computador feien que servís totes les necessitats computacionals de la institució. A mesura que les capacitats dels computadores creixien, la centralització va esdevenir un problema, tant de gestió com de recursos. D'aquesta manera el model centralitzat es va anar substituint per un model en què múltiples computadores amb menys capacitat però interconnectats entre ells eren capaços de fer les tasques d'un computador centralitzat. Aquesta nova organització es va anomenar **xarxa de computadores**. El disseny i l'arquitectura de la xarxa són els aspectes que tractarem durant aquest curs.

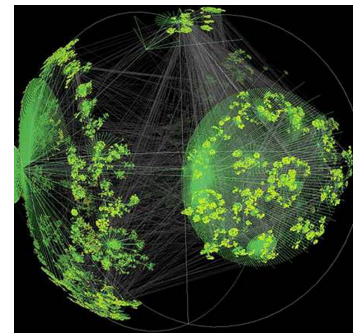
L'evolució de les tecnologies va portar a un creixement progressiu de l'ús dels sistemes en xarxa fins a arribar al model d'avui dia en què no es pot concebre un sistema informàtic sense la presència dels elements de comunicació. Internet ha estat la materialització de la xarxa de computadores i ha esdevingut un eix principal de les tecnologies de la informació. La comunicació a Internet no deixa de ser una jerarquització de la comunicació en xarxa. Internet és una gran xarxa constituïda per una infinitat de petites xarxes interconnectades entre si.

## 2. Què és Internet i què és un protocol

La idea d'Internet aparegué a mitjan anys seixanta, quan l'Agència de Projectes d'Investigació Avançada (ARPA, segons les sigles en anglès), al si del Departament de Defensa dels Estats Units, va finançar un projecte anomenat *ARPANET* que pretenia interconnectar diferents ordinadors distribuïts en les seves seus.

D'ençà d'això, Internet ha evolucionat fins al sistema d'avui dia en què milions de màquines estan interconnectades i accedeixen a continguts distribuïts arreu. L'estructura de la xarxa és complexa i no podem pensar en una connexió de tots amb tots, ja que això faria el sistema del tot inoperant i inviable tecnològicament. Internet segueix una estructura jeràrquica en què pocs nodes estan connectats amb molts altres, mentre que la majoria manté una connexió amb el seu proveïdor de servei.

Per a fer possible tota la complexitat d'Internet i permetre que la infinitat d'aplicacions d'avui dia es puguin comunicar mitjançant la Xarxa cal un conjunt de regles que regeixin les comunicacions i que regulin com i quan els nodes de la xarxa es poden comunicar. El conjunt de regles i convencions que permeten que això sigui possible s'anomenen **protocols**.



Connectivitat a Internet



### 3. Maquinari de xarxa

Les xarxes de computadores es poden classificar de diferents maneres. Generalment aquestes classificacions es fan basant-se en la topologia, el tipus de commutació, l'abast i la tecnologia de la xarxa, entre d'altres. Aquest apartat detalla aquestes diferents classificacions i dóna la base necessària per a poder entendre posteriorment el disseny dels protocols que hi ha actualment.

#### 3.1. Topologies de xarxa

Una topologia de xarxa és la manera com estan distribuïts els nodes que la formen.

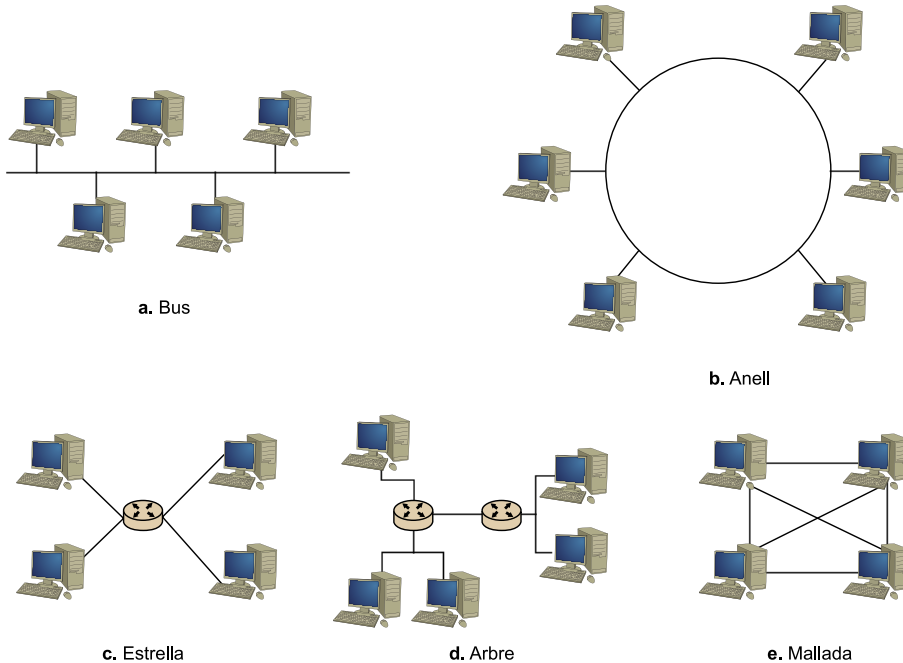
Les xarxes actuals estan formades per tres tipus d'entitats: els equips finals (amfitrions o *hosts*), els equips intermedis (commutadors o encaminadors) i els enllaços (*links*), que uneixen els equips finals i els encaminadors entre si.

Les topologies més conegudes són:

- **Bus.** Tots els equips estan connectats a un únic medi de transmissió compartit entre totes les estacions de la xarxa i, per tant, és necessari establir un sistema d'accés al medi per a evitar que més d'una estació transmeti al mateix instant de temps i es produeixin col·lisions. Un exemple d'una topologia en bus es pot veure a la figura següent.
- **Anell.** Com mostra la figura, una topologia en anell està formada per un enllaç que forma un bucle, de manera que cada estació està connectada a l'anell per mitjà de dos enllaços, el d'entrada i el de sortida. Generalment quan l'estació emissora rep el seu paquet propi l'elimina de la xarxa.
- **Estrella.** Aquesta topologia està formada per un node central, que actua com a node intermedi de la xarxa (commutador o encaminador), i és el que gestiona l'enviament i la recepció de les dades; tota la resta d'estacions es connecten a aquest node principal.
- **Arbre.** Una topologia en arbre es considera una topologia mixta de les topologies en bus i en estrella, i de vegades també es coneix com a *topologia jeràrquica*. Un exemple es pot veure a la figura, en què diversos nodes intermedis es connecten entre ells, i a la vegada tenen connectats equips finals. Aquesta topologia és la més utilitzada actualment.

- **Mallada.** La topologia mallada és aquella en què tots els equips estan connectats contra tota la resta. Hi ha casos de xarxes mallades no totals, en què les estacions no formen una malla completa. Generalment aquesta topologia és la utilitzada en el nucli de les grans xarxes com Internet, on es connecten només equips intermedis, i no equips finals.

Exemples típics de topologies de xarxa



### 3.2. Tipus de commutació

En l'entorn de les xarxes, la commutació fa referència a l'establiment d'un circuit (real o lògic) entre dos punts de la xarxa, que permet la interconnexió, i per tant, el trànsit d'informació, entre els punts. Essencialment aquesta commutació es pot dividir en dues classes diferents: la commutació de circuits i la commutació de paquets.

#### 3.2.1. Commutació de circuits

La commutació de circuits es basa a establir un circuit físic entre els dos interlocutors de la xarxa. Aquest circuit físic s'estableix abans de poder transmetre cap tipus d'informació i està conformat per diferents enllaços entre els nodes. En commutació de circuits es distingeixen tres fases per a l'enviament d'informació:

1) **Establiment del circuit.** Aquesta fase s'encarrega de buscar un camí entre els nodes intermedis que portin a la destinació; així l'estació origen demana la creació del circuit al node al qual està connectada, que envia la petició al node següent. Aquest altre node farà el mateix cap al següent, i així fins a arribar a la destinació final. A mesura que es va formant el circuit cada node intermedi verifica que hi hagi prou recursos per a establir-lo, i en el cas que no sigui

així s'avorta la petició de circuit. Contràriament en cas que l'establiment sigui viable, un cop arribat a la destinació aquest enviarà un senyal a l'origen per fer-li saber que ja pot enviar informació.

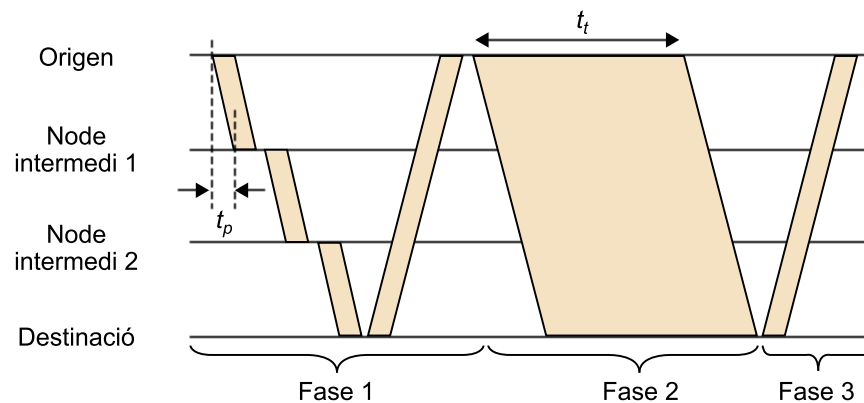
2) **Transferència de dades.** Ara les estacions ja poden intercanviar la informació que volen.

3) **Desconnexió.** Un cop s'ha acabat la comunicació és obligatori alliberar recursos, per tal que estiguin disponibles més endavant per a altres connexions.

### Exemple de creació de circuits

Un exemple de creació de circuits és el que es mostra en el diagrama de temps a la figura següent. La figura mostra les tres fases en el cas que hi ha dos nodes intermedis. El diagrama de temps s'ha d'interpretar d'esquerra a dreta amb l'evolució temporal, en què cada bloc representa l'enviament d'informació cap al node següent.

Diagrama de temps de l'establiment d'un circuit



Com es pot veure a la figura, les línies tenen una certa inclinació, fet que indica el temps de propagació del senyal, mentre que el gruix de cada bloc indica el temps de transmissió necessari per a enviar-lo. Inicialment a l'establiment del circuit cada equip intermedi ha de processar el senyal i enviar-lo al node següent, i per això abans d'enviar-lo s'ha d'esperar a tenir tota la informació del circuit. Un cop establert ja pot funcionar d'extrem a extrem de manera transparent i sense més retards addicionals dels nodes intermedis.

### Xarxa telefònica bàsica

L'exemple més clàssic de la commutació de circuits és l'antiga xarxa telefònica bàsica (XTB), en què per mitjà de les centraletes situades de manera jeràrquica a través de tota la xarxa, anaven multiplexant els circuits de veu i dirigint-los cap al seu destinatari. Avui dia, amb l'era digital, aquest establiment del circuit es produeix només des del telèfon de l'usuari cap a la centraleta més pròxima, on es digitalitza la veu i s'utilitzen altres tècniques per a enviar la informació, com per exemple la commutació de paquets.

### 3.2.2. Commutació de paquets

Un dels principals problemes que trobem amb la commutació de circuits és l'exclusivitat dels recursos, ja que quan hi ha un circuit creat, encara que no hi hagi dades passant pel circuit, els recursos estan reservats i no poden ser utilitzats per cap altra estació. El problema es veu agreujat, ja que per a connexions de dades com les que hi ha avui dia, el trànsit en comptes de ser constant arriba a ràfegues; per exemple, quan l'usuari carrega una pàgina web, la càrrega només representa uns pocs centenars de mil·lisegons, mentre que la lectura

pot comportar uns quants minuts. Un altre problema imposat per la commutació de circuits és la necessitat que tots els nodes de la comunicació treballin a la mateixa velocitat, ja que els nodes intermedis no fan cap processament de la informació, cosa que en una xarxa actual no és cert, ja que cada usuari té una velocitat diferent, que a la vegada és diferent de la que tenen els operadors.

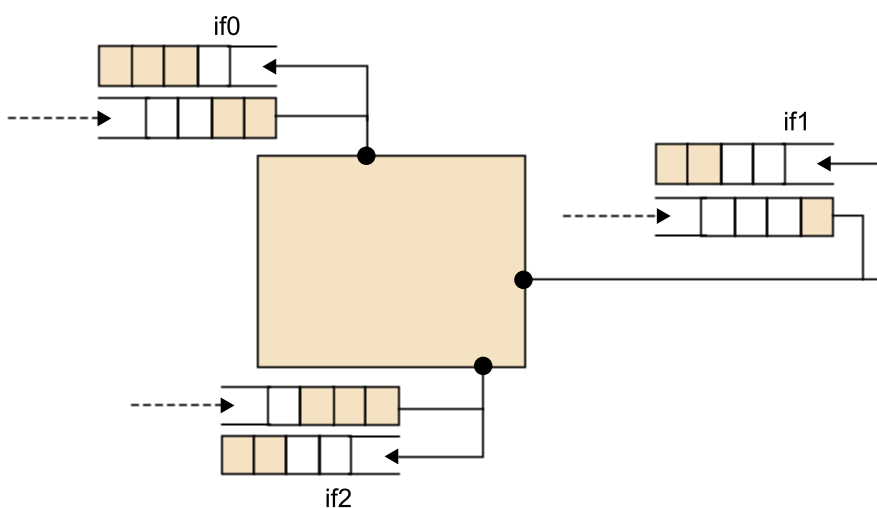
Així, per tal de millorar la commutació de circuits en aquestes noves necessitats es va dissenyar la commutació de paquets, amb els objectius següents:

- Optimitzar la utilització que es fa dels canals de comunicació.
- Interconnexió de terminals amb diferents velocitats.
- Creació de connexions de manera simultània sense reserva de recursos.

Així, la commutació de paquets, en comptes de reservar recursos amb un circuit, dota als nodes intermedis de capacitat de procés i d'un sistema de cues, que permet emmagatzemar temporalment un paquet, mirar quin és el destinatari i enviar-lo cap al node que correspongui.

Com s'ha comentat la commutació de paquets ha de permetre diferents velocitats de transmissió, i per això s'utilitzen les cues de recepció i les cues de transmissió, tal com mostra la figura següent. Com es pot comprovar, un node de commutació està compost per interfícies, i aquestes interfícies estan compostes, entre d'altres coses, per una cua d'entrada i una altra cua de sortida al sistema, i s'utilitzen per a controlar l'accés al node de commutació, que ara, en comptes de ser passiu, processarà tots els paquets que arriben per les cues d'entrada i els col·locarà a la cua de sortida de la interfície corresponent per a ser enviats.

Cues en la commutació de paquets

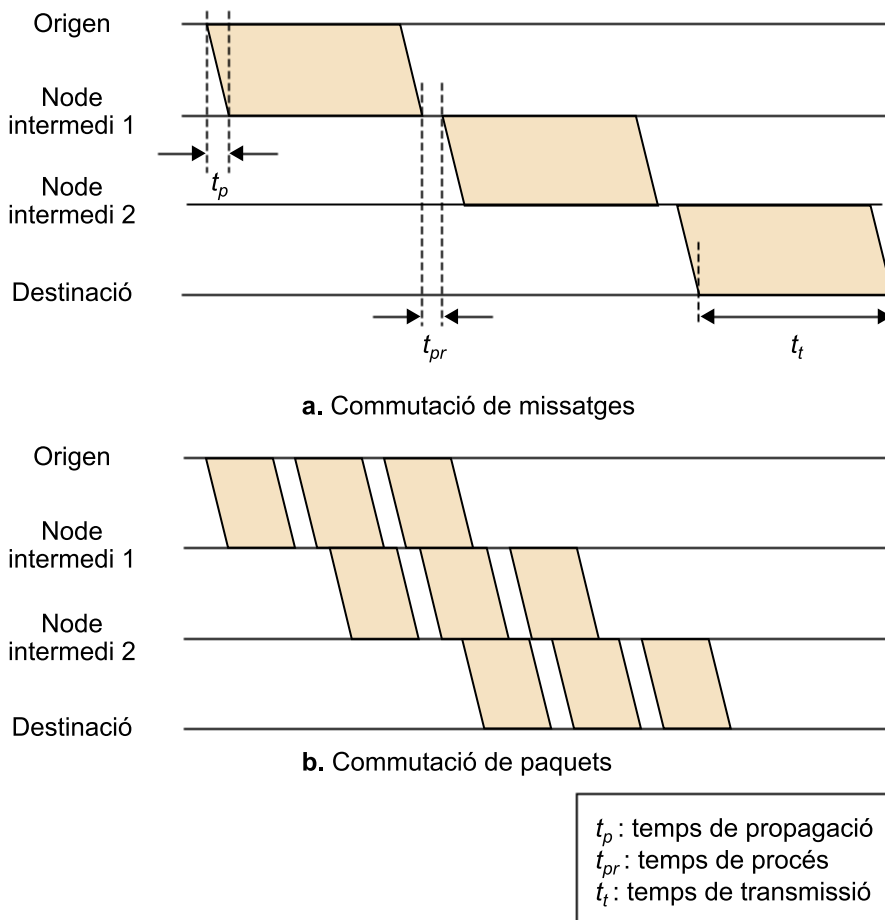


Les cues del node de commutació tindran una mida determinada, fet que implica que si una cua s'omple abans de ser processada, hi haurà paquets que han de ser descartats. En mòduls posteriors veurem com la xarxa gestiona i evita aquestes pèrdues.

Una altra consideració important en aquest entorn és la mida del paquet per transmetre; inicialment els paquets es va pensar de fer-los tan grans com el missatge per enviar (commutació de missatges), però de seguida es va veure que per a missatges grans els nodes intermedis necessitaven massa memòria –ja que emmagatzemen el paquet en la seva totalitat abans d'enviar-lo–, i massa temps per a processar-lo. Així actualment el que es fa és dividir els missatges en una mida màxima fixada (generalment 1.500 octets).

Un exemple d'això es pot trobar a la figura següent: les dues subfigures mostren l'enviament del mateix missatge, primer amb commutació de missatges i després amb commutació de paquets. Com es pot veure en aquest exemple, el missatge ha estat enviat amb tres paquets diferents de mida inferior. A causa de l'emmagatzemament en els nodes intermedis (anomenat *store and forward*) la commutació de paquets és generalment més ràpida.

Funcionament de la commutació de paquets i de missatges



### 3.2.3. Commutació de paquets amb circuit virtual

Tot i que la commutació de paquets és millor que la commutació de missatges, totes dues solucions tenen el problema que depenent de la mida i l'estat de les cues dels nodes intermedis el retard en l'arribada de la informació és variable. Això implica que en comunicacions crítiques en temps (com una conversa de veu) això pot arribar a ser un problema; per exemple, si un paquet de veu arriba massa tard, no podrà ser descodificat i l'altre interlocutor notarà un petit tall a la conversa.

Per a minimitzar aquest problema va aparèixer el que es coneix com la commutació de paquets amb circuit virtual, que té per objectiu agafar els avantatges dels dos paradigmes. Així en comptes d'enviar de manera independent tots els paquets d'una connexió els circuits virtuals el que fan és decidir el camí prèviament (com amb commutació de circuits) però mantenint l'enviament de paquets individuals, de manera que ara tots els paquets seguiran el mateix camí, i per això podem tenir una reserva de recursos.

### 3.3. Abast de les xarxes

Una classificació força clàssica que es fa de les xarxes és depenent del seu abast, tot i que depenent de l'entorn aquesta classificació pot canviar. Generalment es consideren dues categories: les xarxes de gran abast<sup>1</sup>, i les xarxes d'abast local<sup>2</sup>.

Abans de detallar que són les LAN i les WAN és convenient introduir primer els conceptes de xarxes de difusió i xarxes punt a punt.

Una xarxa de difusió (o *broadcast*) és aquella en què el medi és compartit entre totes les estacions que formen la xarxa, i així tots els equips reben tots els paquets, però només processen els dirigits cap a ells.

Entre d'altres coses, una xarxa de difusió comporta seriosos problemes de privacitat, i per això en aquest tipus de xarxes és recomanable utilitzar mecanismes de xifratge en les connexions, com per exemple en les xarxes sense fils.

Les xarxes punt a punt, en contraposició de les xarxes de difusió, són aquelles en les quals les connexions són dedicades entre dos punts determinats de la xarxa.

<sup>(1)</sup>En anglès, *wide area networks* (WAN).

<sup>(2)</sup>En anglès, *local area networks* (LAN).

#### Altres categories de xarxes

Hi ha altres categories de xarxes com les xarxes metropolitanes (*metropolitan area network*, MAN) o les xarxes personals (*personal area network*, PAN), però normalment poden ser incloses dins de les xarxes LAN.

Tot i que un enllaç punt a punt pot semblar poc flexible, en la realitat és el tipus de connexió més utilitzada actualment, ja que es pot estendre per a formar topologies amb estrella, amb arbre o mallades de manera molt senzilla. Depenent del sentit de la comunicació que permeten, els enllaços punt a punt poden ser:

- **Símplex**. La comunicació és unidireccional, dels dos punts un sempre és l'origen i l'altre és la destinació.
- **Semidúplex (*half duplex*)**. La comunicació pot ser bidireccional, però sempre que els dos punts de la comunicació alternin la generació de trànsit, ja que si enviessin al mateix temps es provocaria una col·lisió que invalidaria totes dues transmissions.
- **Dúplex (*full duplex*)**. El cas més comú actualment, és quan el medi està preparat per a poder enviar i rebre informació de manera simultània sense cap problema.

Cal notar que amb les comunicacions bidireccionals la velocitat pot ser igual (connexió simètrica) o diferent depenent del sentit de la comunicació (connexió asimètrica).

### 3.3.1. Xarxes de gran abast

Xarxes de gran abast<sup>3</sup> es consideren aquelles que s'utilitzen en espais geogràfics extensos. Generalment les WAN s'encarreguen de la interconnexió de LAN, i faciliten així la connexió dels usuaris de diferents localitzacions. La transmissió les dades s'acostuma a fer mitjançant grans operadors de comunicacions amb línies de comunicació contractades (*leased lines*), amb infraestructures que es consideren públiques (per a evitar monopolis).

<sup>(3)</sup>En anglès, *wide area networks* (WAN).

Les connexions WAN són pràcticament sempre punt a punt, exceptuant els enllaços via satèl·lit, que pel fet d'utilitzar l'aire com a medi de transmissió són inherentment medis de difusió. Per la seva gran extensió, les xarxes WAN en general estan compostes per topologies en arbre, que estan connectades a topologies mallades, formades per milers de nodes.

### 3.3.2. Xarxes d'àrea local

Per contra, en les WAN, les xarxes d'abast local<sup>4</sup> estan dissenyades per a tenir un abast més reduït, que pot oscil·lar entre els pocs quilòmetres i alguns metres (fins i tot centímetres). Les tecnologies LAN estan pensades per a connectar usuaris amb pocs equips, edificis empresarials o fins i tot campus sencers. Normalment aquestes LAN s'acaben connectant a WAN; actualment aquesta interconnexió massiva de LAN i WAN a escala global es coneix com a Internet.

<sup>(4)</sup>En anglès, *local area networks* (LAN).

Clàssicament les LAN han utilitzat un medi de difusió per a enviar la informació, però des de l'aparició de commutadors i altres equipaments més actuals, han passat, mitjançant topologies en arbre i estrella, a ser un conjunt de connexions punt a punt. L'excepció a aquesta regla tornen a ser les xarxes que utilitzen l'aire com a medi de transmissió, les xarxes sense fils, que utilitzen difusió per a enviar la informació.

#### Xarxes sense fils

De xarxes sense fils n'hi ha de molts tipus, i no totes poden ser classificades com a LAN, com per exemple les xarxes de telefonia mòbil.

### 3.4. Tecnologies de xarxa

La darrera classificació del maquinari de xarxa fa referència a les diferents tecnologies existents per a fer una xarxa, la llista de tecnologies de xarxa existents actualment és massa extensa per a poder-la enumerar, i aquí s'introdueixen les tecnologies més importants actualment; la llista comprèn les tecnologies cablejades i les tecnologies sense fils.

#### 3.4.1. Tecnologies de xarxa cablejada

Dins de les xarxes cablejades la família de tecnologies per excel·lència és Ethernet (definida en l'estàndard IEEE<sup>5</sup> 802.3), que va començar com una tecnologia a 10 Mbps amb una topologia amb bus i medi compartit, i que ha anat evolucionant a una topologia amb estrella a 1 Gbps (Gigabit Ethernet), passant per Fast Ethernet, i és molt utilitzada actualment a 100 Mbps.

<sup>(5)</sup> IEEE és la sigla de l'Institute of Electronic and Electrical Engineers.

#### 10 Gigabit Ethernet

També hi ha models de 10 Gigabit Ethernet, però la implantació encara està en els inicis.

Ethernet, tot i començar essent una tecnologia limitada a LAN, pel seu baix cost i la seva gran adopció va evolucionar fins al punt que actualment hi ha enllaços WAN construïts amb aquesta tecnologia.

Pel que fa a les topologies basades amb anell, com Token Ring (IEEE 802.5) i FDDI (definit en l'estàndard ANSI X3T12), han anat caient en desús comparats amb Ethernet, principalment a causa del seu cost més alt i el rendiment pitjor. Actualment una topologia amb anell molt utilitzada és Resilient Packet Ring (IEEE 802.17), una tecnologia per a transportar altres tecnologies a través d'anells amb fibra òptica; normalment es transporta directament trànsit Ethernet i serveis IP.

#### 3.4.2. Tecnologies de xarxa sense fils

Un punt on hi ha hagut una gran expansió en els darrers anys és en l'aparició de tecnologies de xarxa sense fils. D'aquest tipus de xarxes se'n poden extreure principalment dos tipus: les xarxes de telefonia mòbil i les xarxes sense fils d'abast més curt.

De xarxes de telefonia mòbil n'hi ha de molts tipus: es pot distingir la Global System for Mobile Communications (GSM), que va ser dels primers sistemes que va aparèixer, que permetia un enviament de dades de 9,6 kbps, que va evolucionar envers el més actual General Packet Radio Service (GPRS), amb una amplada de banda màxima teòrica de 171,2 kbps; però de fet el canal de



baixada és de 64 kbps i el de pujada de 14 kbps. La darrera implementació en tecnologies de xarxa mòbils és el Universal Mobil Telecommunication Services (UMTS), també conegut com el sistema de tercera generació (3G), que amb uns sistemes més avançats és capaç d'arribar a velocitats teòriques de 21 Mbps, però amb velocitats efectives de 7,2 Mbps de baixada amb 384 kbps de pujada.

Pel que fa a les xarxes sense fils d'abast més curt, la tecnologia usada per excel·lència és la Wireless LAN (Wi-Fi, IEEE 802.11), que inicialment va ser definida amb una velocitat d'11 Mbps, però que en posteriors revisions de l'estàndard va arribar a suportar velocitats de 54 Mbps, amb un abast aproximat de 100 metres. En els darrers anys, per tal de reduir el consum energètic de les comunicacions sense fils amb equips de baixa potència, ha aparegut l'estàndard *de facto* per a la comunicació d'equips petits (mòbils, PDA...), que és Bluetooth, amb una velocitat d'1 Mbps i amb un abast aproximat de 10 metres, però amb un consum energètic molt baix, que el fa molt atractiu per a transferències de dades curtes.

Finalment, una tecnologia que es queda entremig de l'abast curt i el llarg és WiMAX (IEEE 802.16), que és una tecnologia sense fils molt utilitzada actualment per a donar connectivitat a zones aïllades i de difícil accés, en què la comunicació cablejada és molt cara. WiMAX té una velocitat màxima aproximada de 150 Mbps de baixada i 35 Mbps de pujada, amb un abast d'uns 70 kilòmetres.

## 4. Dispositius de xarxa

Les xarxes d'avui dia funcionen perquè hi ha un seguit de dispositius que són capaços de gestionar tant la informació de control i presència dels nodes d'una xarxa com la informació que es transmeten aquests nodes. Bàsicament els dispositius de xarxa són els següents:

- **Encaminador o router<sup>6</sup>**. És un dispositiu de xarxa de nivell 3 del model OSI<sup>7</sup>. Pren la informació del nivell de xarxa (adreça IP) per a prendre les decisions d'encaminament: escollir el camí o ruta més adequada per a reenviar les dades rebudes. La successió de decisions de diferents encaminadors possibilita l'arribada de la informació des del seu origen fins al sistema informàtic de destinació.
- **Concentrador<sup>8</sup>**. És un dispositiu de xarxa que permet agrupar un conjunt de dispositius Ethernet en un mateix segment de xarxa. Actua en el primer nivell del model OSI o nivell físic, sense entrar, per tant, a analitzar les adreces MAC de destinació. És per això que tot el que hi arriba és reenviat indiscriminadament a tots els ordinadors connectats.
- **Commutador<sup>9</sup>**. És un dispositiu digital de lògica d'interconnexió de xarxes de ordinadors que opera en la capa 2 (nivell d'enllaç de dades) del model OSI. La seva funció és interconnectar dos o més segments de xarxa, de manera similar als ponts (*bridges*), passant dades d'un segment a un altre d'acord amb l'adreça MAC de destinació de les trames a la xarxa. Els commutadors s'utilitzen quan es volen connectar múltiples xarxes, fusionant-les en una de sola. Igual que els ponts, ja que funcionen com un filtre a la xarxa, milloren el rendiment i la seguretat de les LAN.
- **Pont de xarxa<sup>10</sup>**. És un dispositiu d'interconnexió de xarxes d'ordinadors que opera en la capa 2 (nivell d'enllaç de dades) del model OSI. Interconnecta dos segments de xarxa (o divideix una xarxa en segments) fent de passatge de dades d'una xarxa a l'altra, usant la direcció física de destinació de cada paquet. Un pont connecta dos segments de xarxa com una sola xarxa fent servir el mateix protocol d'establiment de xarxa.
- **Targeta d'interfície de xarxa**. Físicament és una targeta d'expansió inserida dins l'ordinador amb una o més obertures externes, per on és connectat el cable de xarxa. Conceptualment, la targeta de xarxa<sup>11</sup>, també anomenada *adaptador de xarxa*, permet la comunicació entre els diferents dispositius connectats entre si i també permet compartir recursos entre dos o més equips. Hi ha diversos tipus d'adaptadors en funció del tipus de cablejat o arquitectura que s'utilitzi en la xarxa (coaxial fi, coaxial gruixut,

<sup>(6)</sup>En anglès, *router*.

<sup>(7)</sup>OSI és la sigla d'*Open Systems Interconnection* ('interconnexió de sistemes oberts').



Encaminador

<sup>(8)</sup>En anglès, *hub*.



Concentrador

<sup>(9)</sup>En anglès, *switch*.



Commutador

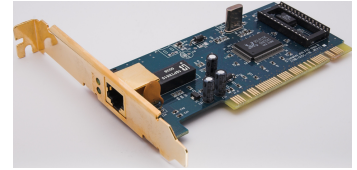
<sup>(10)</sup>En anglès, *bridge*.



Pont de xarxa

Token Ring, etc.), però actualment el més comú és l'Ethernet, que utilitza una interfície o connector RJ-45. Cada targeta de xarxa té un número d'identificació únic de 48 bits en hexadecimal anomenat *direcció MAC*. Aquestes direccions de maquinari són úniques i són administrades per l'Institute of Electronic and Electrical Engineers (IEEE).

<sup>(11)</sup>En anglès, *network interface card* (NIC)



Targeta de xarxa

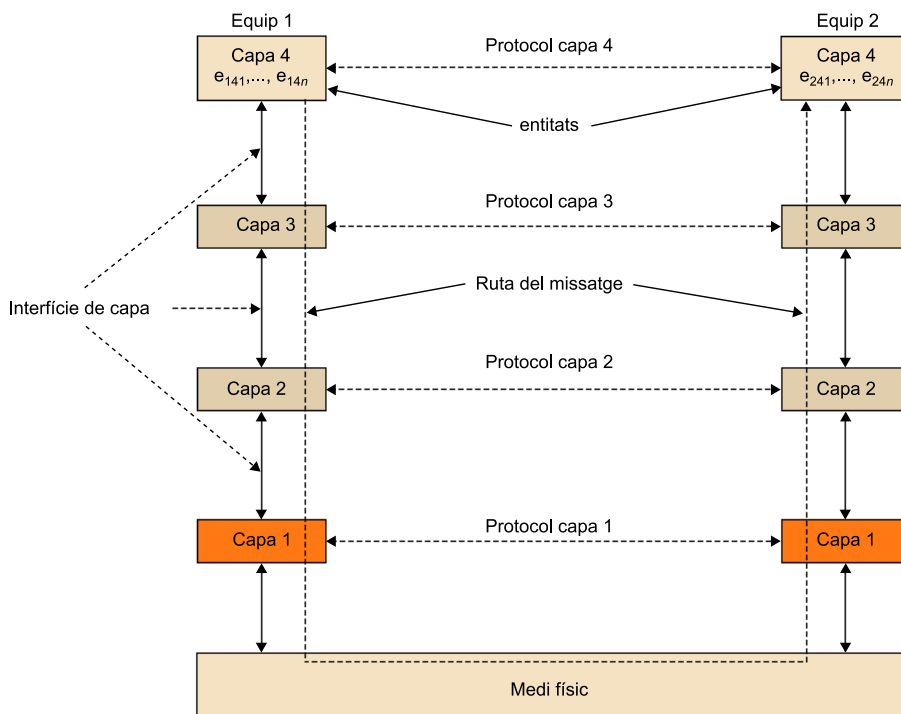
## 5. Programari de xarxa

Inicialment, quan van aparèixer les xarxes de ordinadors, els fabricants feien el disseny pensant que tot el procés de xarxa es faria mitjançant maquinari, i a més assumien que els protocols i els mecanismes que calia utilitzar serien de propietat, sense un sistema estàndard, ni un consentiment conjunt entre els fabricants per a interactuar.

De totes maneres, a mesura que van anar evolucionant les xarxes es va veure que si no es plantejava algun tipus d'estandardització, una via comuna per a interconnectar tecnologies i utilitzar mecanismes regulats, els esforços de cada fabricant serien massa grans i la lluita no beneficiaria ningú. Va ser llavors quan fabricants com IBM van començar a veure que era més viable passar una bona part de la càrrega de la xarxa al programari, molt més flexible i barat de produir que no el maquinari. Per això va aparèixer el que es coneix com les arquitectures de xarxa organitzades per capes, de les quals els exemples més importants són OSI i TCP/IP<sup>12</sup>.

<sup>(12)</sup>TCP/IP és la sigla de *Transmission Control Protocol/Internet Protocol*.

Exemple d'arquitectura de xarxa amb quatre capes



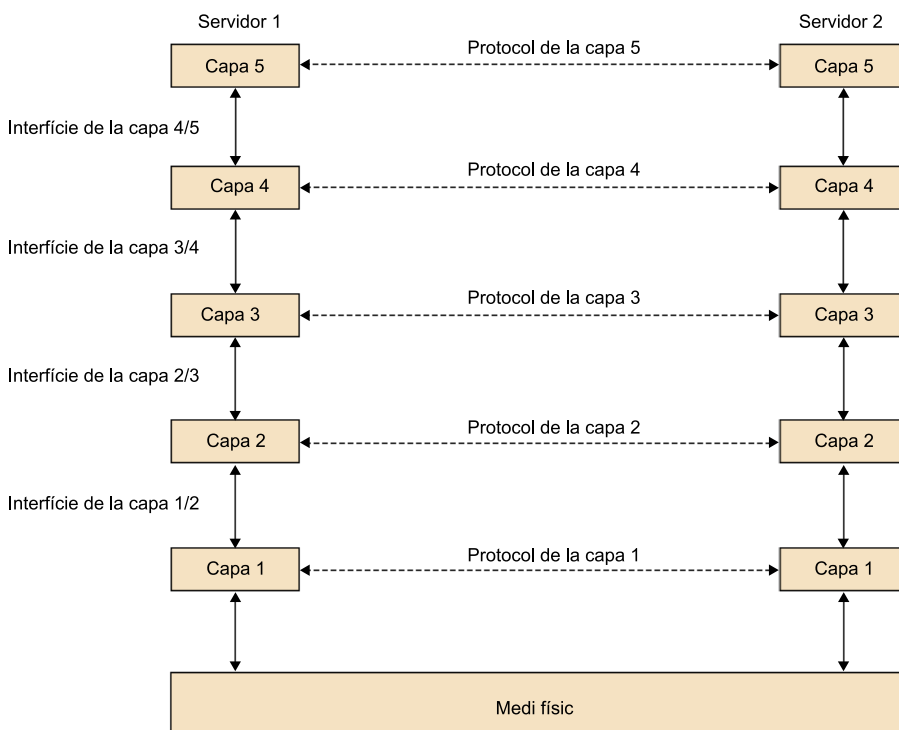
## 5.1. Arquitectura de la xarxa: disseny per capes

Històricament les primeres xarxes es van dissenyar només tenint en compte el maquinari de les comunicacions. Aquesta estratègia no va tenir molt de futur i les xarxes van evolucionar envers una combinació de programari de xarxa molt estructurat i maquinari genèric.

Per a reduir la complexitat del disseny, les xarxes estan organitzades en una sèrie de capes o nivells, cada una situada sobre una altra. El nombre de capes, el nom de cada capa, el contingut de cada capa i les funcions de cada capa difereix d'un tipus de xarxa a una altra. En totes les xarxes, l'objectiu de cada capa és oferir determinats serveis a les capes superiors, amagant en les capes superiors els detalls de com els serveis que s'ofereixen estan implementats.

La capa de nivell  $N$  d'un ordinador manté comunicació amb la capa de nivell  $N$  d'un altre ordinador. Aquestes regles i convencions usades en la capa de nivell  $N$  s'anomenen *protocol*. Bàsicament un protocol és un acord entre les parts de la comunicació per a fer-la.

En la figura següent es mostra una pila de protocols: les entitats que utilitzen les capes corresponents en els diferents ordinadors s'anomenen *parells* (*peers*). En altres paraules, els parells es comuniquen usant un protocol.



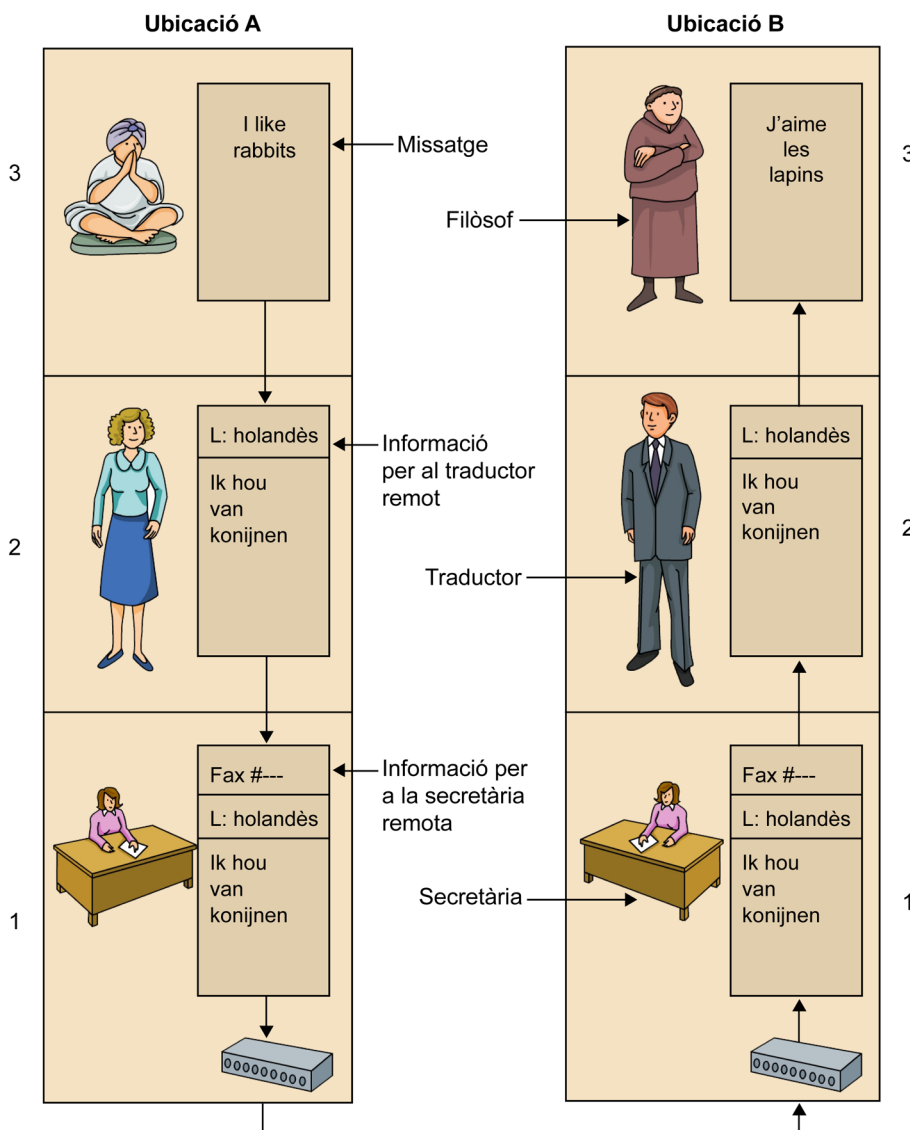
En la realitat, la informació no és directament transferida d'una capa  $N$  d'una màquina a la capa  $N$  de l'altra màquina. Cada capa passa la informació i el control d'aquesta a la capa immediatament inferior, i així successivament fins a arribar a l'última capa. Aquesta última capa s'anomena *capa física*, en la qual

es produeix la comunicació real. En la figura anterior, la comunicació virtual (capa  $N$  amb capa  $N$ ) es mostra en línies puntejades, i la comunicació física o real en la capa física.

Entre cada parell de capes adjacents hi ha una interfície. La interfície defineix les operacions primitives i els serveis que la capa inferior ofereix a la capa superior. Cada capa ofereix una col·lecció de funcions perfectament ben definides. Per això, és molt simple reemplaçar la implementació d'una capa per una altra capa amb diferent implementació (si volem canviar el medi de transmissió de la informació, només cal canviar la capa de nivell 1; per exemple, canviar les línies telefòniques per canals de satèl·lit, mantenint la resta intacta).

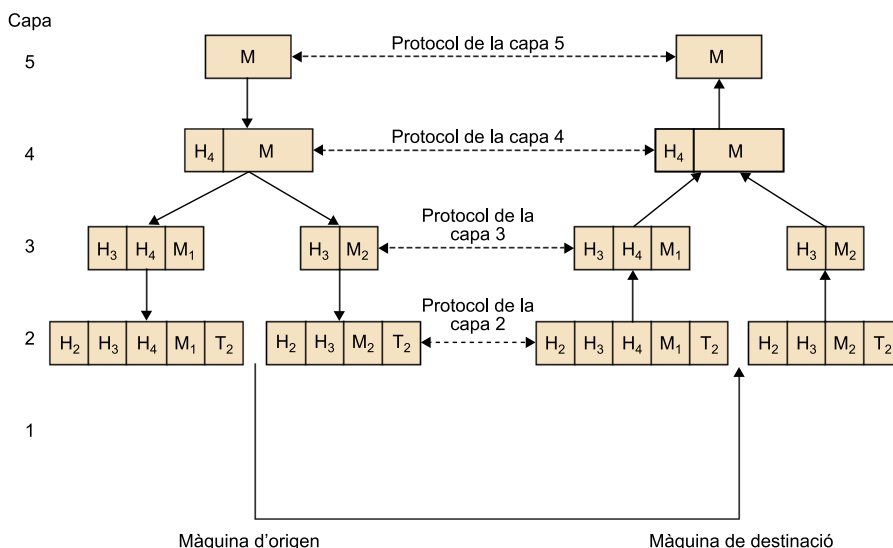
El conjunt de capes i protocols s'anomena *arquitectura de la xarxa*. La llista de protocols, un protocol per capa, s'anomena *pila de protocols*.

Per a explicar les comunicacions multicapa, observem la figura següent.



Imaginem que tenim dos filòsofs (processos parells *peer*, capa 3). Un filòsof parla urdu i anglès, i l'altre filòsof parla xinès i francès. Com que no parlen cap llengua en comú necessiten un traductor (capa 2), i cada traductor es posa en contacte amb la seva secretària (capa 1) per a enviar la informació remotament a l'altre filòsof. El filòsof 1 vol enviar un missatge al filòsof 2. Així doncs, passa el missatge en anglès a través de la interfície 2/3 al seu traductor, que tradueix el missatge a una llengua neutral (holandès). L'elecció de la llengua de la capa 2 és la mateixa en les dues entitats remotes. Després el traductor passa el missatge a la secretària, perquè el transmeti via fax (capa 1) a l'altra secretària. Quan el missatge arriba a la secretària remota, aquesta el passa al traductor remot (capa 2), i tradueix el missatge al francès per a passar-lo finalment al filòsof remot. Cal veure que cada protocol és independent dels altres en la pila del protocols, i podem canviar un protocol per un altre mentre les interfícies no canviïn. Per exemple, la secretària podria optar per transmetre el missatges, en lloc de fax, per correu postal, telèfon o correu electrònic, només canviant la capa 1 sense canviar la interfície 2/1.

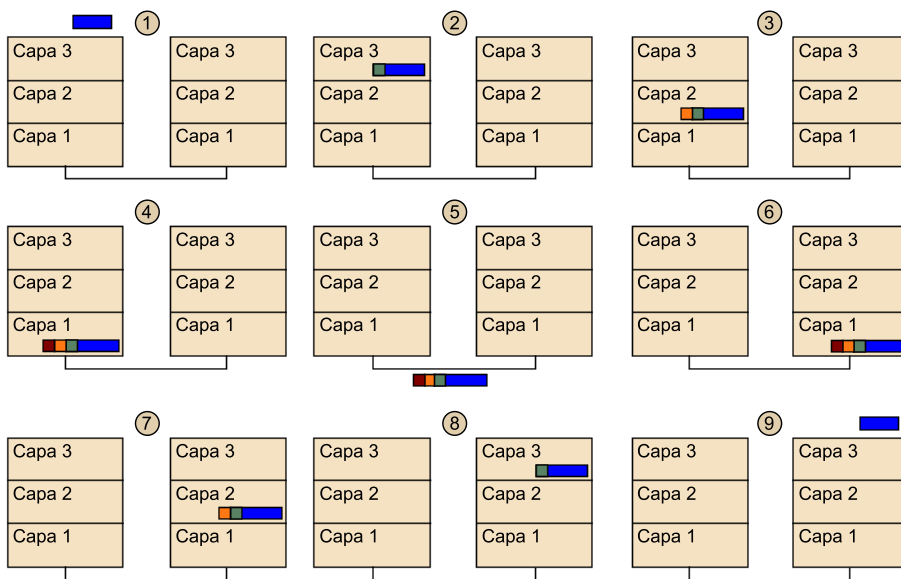
Observem la figura següent. Considerem que es produeix la comunicació de la capa superior. Un missatge *M* és produït per un programa (o procés) que funciona en la capa de nivell 5. La capa 5 envia el missatge *M* a la capa 4. La capa 4 posa la capçalera abans del missatge per a identificar el missatge i passa el resultat a la capa 3. La capçalera inclou el control de la informació, com els comptadors de control de seqüència, per a permetre que la capa 4 de la màquina de destinació rebi els missatges en l'ordre correcte, ja que les capes inferiors no tenen cap obligació de mantenir la seqüència. En les altres capes, les capçaleres mantenen mides, temps i altres camps de control.



En moltes xarxes, no hi ha límit en la mida dels missatges transmesos en la capa de nivell 4, però moltes vegades el protocol de nivell 3 sí que imposa restriccions. Conseqüentment, la capa 3 ha de partir el missatge que li envia

la capa superior en diverses unitats menors, anomenades *paquets*; la capa de nivell 3 introdueix una capçalera de nivell 3 a cada paquet. En aquest exemple,  $M$  és dividit en dues parts,  $M_1$  i  $M_2$ .

La capa de nivell 3 decideix per quina línia de sortida transmetrà els paquets a la capa de nivell 2. La capa de nivell 2 afegeix una capçalera a cada tros i ofereix el resultat a la capa de nivell 1 (física) per a la transmissió. A l'ordinador que rep la informació el missatge és enviat a la capa superior, capa per capa, amb les capçaleres que es van eliminant a mesura que es progressa ascendentment capa per capa.



## 5.2. Consideracions de disseny

El nivell per capes és una manera estructurada de dissenyar i abstraure les tasques necessàries per a enviar informació a través de la xarxa, però a part de les capes, quan es dissenya una arquitectura de xarxa hi ha molts altres factors que s'han de considerar. Els següents són els més rellevants:

- 1) **Identificació:** cada node de la xarxa ha de poder ser identificat de manera única per a poder identificar els seus interlocutors.
- 2) **Encaminament:** els nodes de la xarxa han de tenir mecanismes que permetin enviar la informació a qualsevol interlocutor de la mateixa xarxa.
- 3) **Control d'errors:** una de les parts més importants de qualsevol comunicació és garantir que quan la informació arriba a l'altre node ho faci sense errors. Cal notar que els medis de transmissió no sempre són fiables, i per tant s'ha de decidir quina o quines capes verifiquen errors i com ho faran.



**4) Modes de transferència:** quin suport tindrà el protocol per a l'enviament d'informació, si es pot enviar informació en mode dúplex, semidúplex, o simplex. I en el cas que sigui necessari si hi haurà algun tipus de prioritització en l'enviament.

**5) Control de congestió:** atès que molts cops les velocitats de transmissió d'una xarxa no sempre són homogènies i sovint hi haurà enllaços amb més càrrega que d'altres, qualsevol protocol ha de considerar la possibilitat que s'hagi de disminuir la velocitat a la qual s'envien les dades, o bé en el cas que algun paquet no arribi a la destinació s'haurà de reenviar de manera transparent a l'usuari.

**6) Mida dels paquets:** com ja hem vist anteriorment, enviar missatges molt grans no sempre és possible, i per tant s'ha de decidir quina mida màxima podran tenir els paquets que s'envien a la xarxa.

## 6. Jerarquia de protocols i encapçalament

Cada capa necessita un mecanisme per a identificar l'emissor i el receptor. Una xarxa té diversos nodes i en cada un s'executen múltiples processos. Cada procés ha de saber amb qui es vol comunicar tenint en compte que les destinacions poden ser diverses. D'aquesta manera es fa necessària una forma d'adreçament que ens permeti determinar una destinació específica.

Una altra característica del disseny d'un protocol és si les dades només viatgen en un sol sentit (comunicació símplex) o si les dades viatgen en totes dues direccions però no simultàniament (comunicació semidúplex), o si les dades viatgen en totes dues direccions simultàniament (comunicació dúplex). El protocol ha de determinar quants canals lògics ha de gestionar, i les prioritats d'aquests canals. Moltes xarxes permeten a tot estirar dos canals lògics, un canal per a dades normals i un canal per a dades urgents.

El control dels errors és un altre aspecte important, ja que els enllaços de comunicacions físics no són perfectes. S'utilitzen determinats codis de detecció i de correcció d'errors, i els ordinadors que es comuniquen s'han de posar d'acord en la utilització d'un codi corrector/detector concret. A més, el receptor de la informació ha de comunicar a l'emissor dels missatges si s'han rebut correctament o no.

No tots els canals de comunicació preserven l'ordre d'enviament dels missatges. Per a solucionar la possible pèrdua de la seqüència dels missatges, el protocol ha de gestionar els diferents trossos d'informació en una memòria (*buffer*) per a ordenar-los finalment correctament.

Un altre aspecte que es té en compte és quan un emissor transmet informació molt ràpidament cap a un receptor lent. Moltes solucions utilitzen una tècnica que consisteix en el fet que el receptor envii un senyal a l'emissor en què li indiqui la seva problemàtica. Altres solucions limiten la velocitat de l'emissor quan supera un cert llindar.

Un altre problema és que determinats nivells acceptin missatges de longitud més llarga que un cert límit. Per això s'utilitzen mecanismes de desassemblar, transmetre i reassemblar missatges.

De vegades el canal físic de transmissió és compartit per moltes connexions que intenten transmetre a la vegada sobre un mateix enllaç. En aquest cas la multiplexació i desmultiplexació de la capa física ens permet transmetre molta informació sobre pocs circuits físics.

Quan hi ha múltiples camins entre l'origen i la destinació, cal triar una ruta.  
Moltes vegades aquesta decisió es pren entre dues o més capes.

## 7. Interfícies i serveis

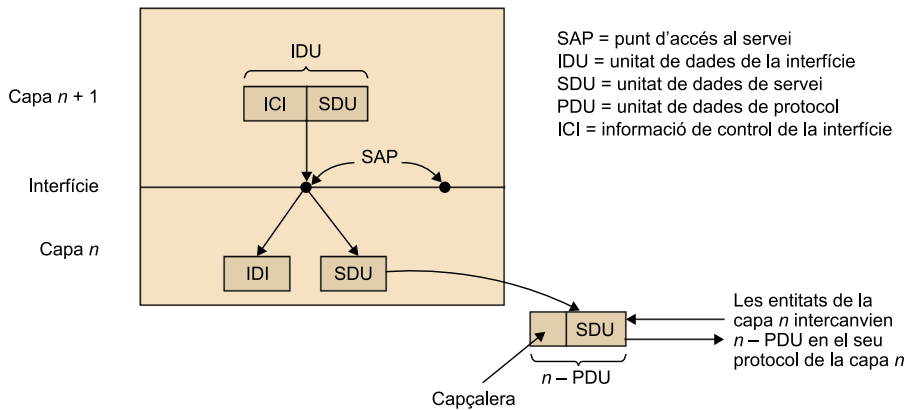
La funció de cada capa és proporcionar serveis a la capa superior. En aquest apartat estudiarem amb més detall el que s'anomenen *serveis*.

Els elements actius de cada capa s'anomenen entitats (*entities*). Cada entitat pot ser una entitat de programari (com un procés) o una entitat de maquinari (com un dispositiu intel·ligent d'entrada-sortida). Les entitats de la mateixa capa de diferents màquines s'anomenen *peer entities*. La capa  $N$  pot usar els serveis de la capa  $N - 1$  per a proporcionar el seu servei propi. Una capa pot oferir múltiples classes de serveis; per exemple, comunicacions cares i ràpides, o comunicacions lentes i barates.

Els serveis estan disponibles en els *service access point* (SAP). El SAP de la capa  $N$  són els llocs on la capa  $N + 1$  pot accedir als serveis oferts. Cada SAP té una adreça que la identifica únicament. Per fer aquest punt més clar, el SAP en el sistema de telefonia són els connectors als quals es connecten els aparells de telèfon, i l'adreça SAP és el número de telèfon d'aquest connector. En el sistema postal, l'adreça SAP és el nom del carrer i el número de la casa. Per a enviar un carta postal, has de conèixer l'adreça SAP.

Per tal que dues capes s'intercanviïn informació, s'han de definir una sèrie de normes sobre la interfície. En una interfície típica l'entitat de la capa  $N + 1$  passa una *interface data unit* (IDU) cap a l'entitat de la capa  $N$  per mitjà del SAP, tal com es mostra en la figura següent. L'IDU consisteix en un *service data unit* (SDU) i determinada informació de control (*interface control information*). L'SDU és la informació passada a través de la xarxa cap a la *peer entity* i després pujada cap a la capa remota  $N + 1$ . La informació de control es necessita per a ajudar la capa inferior a fer el seu treball (per exemple, per a indicar el nombre de bytes de l'SDU), però no forma part de la informació pura.

Per a transmetre l'SDU, l'entitat de la capa  $N$  l'ha de fragmentar en trossos, i a cada un se li assigna una capçalera i és enviat com un *protocol data unit* (PDU) o paquet. Per mitjà de les capçaleres de la PDU, la *peer entity* identifica quines PDU contenen dades i quines contenen informació de control, i proporciona números de seqüència i comptadors.



Les capes poden oferir dos tipus diferents de serveis a les capes superiors: connexions orientades i no orientades a connexió. Un servei orientat a connexió és modelitzat com un sistema de telefonia: per a parlar amb algú, primer hem de marcar el número de telèfon, parlar i finalment penjar el telèfon. Així, inicialment es produeix un establiment de connexió, després s'utilitza la connexió per a parlar i transmetre informació i finalment es tanca la connexió. Aquesta connexió actua com un tub: l'emissor envia objectes o bits cap al receptor, i el receptor els agafa en el mateix ordre que li són enviats.

Un servei no orientat a connexió és modelat com un sistema postal. Cada missatge o carta postal porta l'adreça completa del destinatari, i cada missatge o carta és enviat pel sistema independentment de les altres cartes. Normalment, en el cas de dos missatges que són enviats a la mateixa destinació, el primer enviat serà el primer a ser rebut. També és possible que el primer enviat pugui sofrir un retard i el segon missatge enviat arribi abans que el primer missatge enviat. En una connexió orientada a connexió això és impossible.

Cada servei està caracteritzat pel que s'anomena *qualitat de servei*. Molts serveis són fiables en el sentit que mai no perden informació. Normalment un servei fiable s'implementa mitjançant l'enviament de reconeixements per part del receptor de cada missatge, i així l'emissor sap que el missatge s'ha rebut correctament. El procés de reconeixements (ACK) introdueix temps de sistema (informació de control redundat, no informació útil) i un cert retard, cosa que normalment no és desitjable en termes de rendiment de la xarxa.

La típica situació en què s'utilitza un servei fiable orientat a connexió és la transmissió de fitxers. L'usuari del servei vol que els bits del fitxer arribin en l'ordre en què van ser emesos, i que arribin tots els bits del fitxer.

Per a moltes aplicacions, els retards dels reconeixements són inacceptables. Per exemple, en el cas del trànsit de veu digitalitzada. És preferible per als usuaris del telèfon sentir per l'auricular una mica de renou de la línia o una paraula mal entesa de tant en tant, que introduir un retard d'espera del reconeixement. També, quan es transmet una pel·lícula de vídeo, és preferible tenir

diversos punts (píxels) incorrectes (que en la pràctica quasi no és cap problema) que haver de veure la pel·lícula amb aturades per a corregir els errors (és molt irritant).

Les connexions no fiables (amb la no-utilització del mecanisme de reconeixement) i les no orientades a connexió s'anomenen *servei de datagrama* (per exemple, l'enviament de correu electrònic).

També en algunes situacions és convenient no haver d'establir una connexió per a enviar un missatge curt, però llavors la fiabilitat ha de ser essencial. Per això s'utilitzen els serveis no orientats a connexió amb reconeixement (ACK). Per exemple, quan s'envia un correu electrònic, el receptor del correu electrònic quan l'ha rebut li'n retorna un altre per a indicar a l'emissor que l'ha rebut.

Un altre tipus de servei és el *request-reply-service*: l'emissor transmet un datagrama simple que conté la petició. La resposta conté tant la pregunta com la resposta.

	Servei	Exemple
Orientat a la connexió	Corrent de missatge fiable	Seqüència de pàgines
	Corrent de bytes fiable	Connexió remota
	Connexió poc fiable	Veu digitalitzada
Sense connexió	Datagrama poc fiable	Correu brossa electrònic
	Datagrama reconegut	Correu registrat
	Sol·licitud-resposta	Sol·licitud de base de dades

Un servei formalment s'especifica amb un conjunt de primitives (operacions) disponibles per a l'usuari o una altra entitat per a accedir al servei. Aquestes primitives manen al servei fer alguna acció o retornar el resultat d'una acció de l'entitat parell (*peer entity*). La taula següent ens mostra les maneres de classificar les primitives del servei:

Primitiva	Significat
<i>request</i>	Una entitat vol que el servei faci alguna cosa.
<i>indication</i>	Una entitat és informada d'algun esdeveniment.
<i>response</i>	Una entitat vol respondre algun esdeveniment.
<i>confirm</i>	La resposta a la darrera petició es confirma.

Considerem com s'estableix i s'allibera una connexió. L'entitat que estableix la connexió fa una *CONNECT.request* i el receptor rep la *CONNECT.indication* i anuncia que una entitat es vol connectar al receptor. L'entitat que rep la *CONNECT.indication* utilitza la *CONNECT.response* per a comunicar que ac-

cepta o rebutja la connexió proposada. L'entitat que fa la petició de connectar rep l'acceptació o el rebuig de la seva connexió a partir de la primitiva *CONNECT.confirm*.

Cada primitiva pot portar paràmetres o no. Per exemple, la primitiva *CONNECT.request* ha d'especificar l'adreça de la màquina a la qual es vol connectar, el tipus de servei, i la longitud màxima del missatge per a utilitzar durant la connexió. Els paràmetres de la *CONNECT.indication* han de contenir la identitat de qui fa la trucada, el tipus de servei que vol i la longitud màxima del missatge proposada. Si l'entitat trucada no accepta la longitud màxima del missatge proposada, pot fer amb la *response* primitiva una nova proposta de la longitud del missatge. Els detalls de cada negociació formen part de cada protocol.

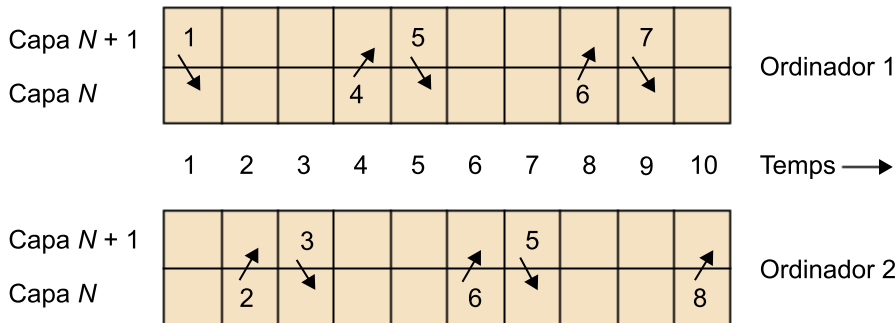
Els serveis poden ser confirmats o no confirmats. En un servei confirmat hi ha les primitives *request*, *indication*, *response*, *confirm*. En un servei no confirmat només hi ha les primitives *request* i *indication*. El servei *CONNECT* només s'utilitza en els serveis confirmats perquè l'entitat remota ha de donar el vistiplau a l'establiment de la connexió.

Les vuit primitives d'un servei orientat a connexió són les següents:

- 1) *CONNECT.request*: demanar per l'establiment de la connexió.
- 2) *CONNECT.indication*: indicar a la part trucada un establiment de connexió.
- 3) *CONNECT.response*: utilitzat per la part trucada per a acceptar o rebutjar la connexió o trucada.
- 4) *CONNECT.confirm*: indicar al qui truca si la connexió o trucada s'ha acceptat.
- 5) *DATA.request*: indicar que la informació s'envia.
- 6) *DATA.indication*: indicar l'arribada de la informació.
- 7) *DISCONNECT.request*: indicar que la connexió s'ha tancat.
- 8) *DISCONNECT.indication*: indicar a l'altra entitat el tancament de la connexió.

En aquest exemple, el servei *CONNECT* és confirmat, mentre que el servei *DISCONNECT* és no confirmat.

La figura següent mostra la mateixa seqüència descrita abans. Cada pas inclou una interacció entre dues capes d'una de les computadores. Cada petició o resposta provoca una indicació o confirmació a l'altra part. L'usuari del servei és a la capa  $N + 1$ , i la capa  $N$  és la capa que ofereix el servei.



Els protocols i els serveis són dos conceptes distints, malgrat que en general se solen confondre. Un servei és un conjunt de primitives (operacions) que una capa proporciona a la capa superior. El servei defineix quines operacions és capaç d'oferir la capa, però no diu res de com estan implementades aquestes operacions. Un servei és una interfície entre dues capes; la capa de nivell inferior és la que proporciona el servei i la capa de nivell superior la que utilitza el servei.

Un protocol és un conjunt de normes que governen el format i el significat de les trames, paquets o missatges que s'intercanvien per les entitats entre una mateixa capa. Les entitats utilitzen els protocols per a implementar les definicions del servei.

Un servei seria com un tipus abstracte de dades o un objecte en els llenguatges de programació. Defineix operacions que es poden dur a terme sobre l'objecte però no s'especifica com s'han implementat les operacions. Un protocol relata com s'implementa el servei i si és possible que no sigui visible per a l'usuari del servei.

### 7.1. Tipus de connexió de serveis

Cada servei estableix una connexió amb el servei anàleg de l'equip de destinació; depenent de com es gestioni aquesta connexió entre serveis, un servei pot ser orientat a connexió o no orientat a connexió.

El servei orientat a connexió abans de l'enviament d'informació estableix una connexió, que s'allibera quan acaba la transferència. Cal no confondre un servei orientat a connexió amb la commutació de circuits vista anteriorment; en el servei orientat a connexió no es fa cap reserva de recursos, sinó una estructura de dades que manté l'estat de la connexió. El fet que un protocol sigui orientat a connexió implica que la informació ha d'arribar ordenada i sense

#### Protocol orientat a connexió

L'exemple per excel·lència d'un protocol orientat a connexió és el TCP.



errors. El fet de mantenir la connexió implica que tots dos extrems són coneguts i, per tant, no és necessari indicar quin destinatari té la comunicació. Aquest pas es fa durant l'establiment de la connexió.

Per la seva banda, els serveis no orientats a connexió no precisen ni assumir cap connexió prèvia entre els dos interlocutors, i d'aquesta manera la informació se separa en paquets (anomenats *datagrames* en aquest tipus de serveis) i s'envia a la xarxa sense saber ni el camí que seguirà el paquet, ni si arribarà a la seva destinació, ni tan sols en quin ordre ho farà; cada datagrama s'envia de manera autònoma i independent de la resta. Per tant, per a poder enviar un datagrama amb un protocol no orientat a connexió, el datagrama ha de tenir l'adreça de destinació, i els elements intermedis de la xarxa han de tenir informació de com fer arribar la informació depenent de la destinació de cada *datagrama* rebut.

**Serveis no orientats a connexió**

L'exemple per excel·lència de serveis no orientats a connexió és IP. Curiosament HTTP també és un protocol no orientat a connexió.

## 8. Models de referència

Les dues arquitectures de xarxa més conegudes avui dia són l'Open Systems Interconnection (OSI), utilitzat com a model teòric, i Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP), l'èxit del qual en el món de les xarxes ha estat enorme.

### 8.1. Necessitat d'estandardització

Els primers ordinadors feien treballs concrets, ubicats en llocs tancats i aïllats. Cada fabricant venia el seu sistema de comunicacions integral a les empreses, i s'encarregava de tots els aspectes relacionats amb la xarxa (equips, programari, cablatge, etc.). Quan una empresa necessitava alguna ampliació o modificació, només podia tenir un únic interlocutor per a proporcionar els serveis necessaris. Això portava alguns problemes, com ara:

- Els costos eren elevats, ja que els adaptadors eren a mesura.
- Nul·la interoperabilitat, ja que resultava impossible interconnectar uns sistemes amb altres, per la falta de compatibilitat entre dispositius. Quan es triava un subministrador era per a sempre.

Amb aquestes limitacions, a partir dels anys vuitanta van començar a aparèixer organitzacions que construïen equips per a interconnectar xarxes, i passarel·les entre ordinadors de diferents fabricants. Podem destacar les fites següents:

1) Tres empreses, DEC, INTEL i XEROX (el consorci DIX), es van posar d'acord per a crear un primer estàndard per a xarxes d'àrea local per a la xarxa Ethernet. El 1982 DIX va distribuir la versió II d'Ethernet, que és la versió estàndard per a TCP/IP.

2) El comitè 802.3 de l'IEEE va recollir la versió de DIX i va començar a treballar en una trama Ethernet millorada. La xarxa Ethernet tenia un baix cost i unes altes prestacions, juntament amb la senzillesa d'operació.

3) El sistema operatiu UNIX, creat per Bell Laboratories, es va començar a popularitzar i diverses organitzacions (empreses i universitats) el van implementar en els seus sistemes (BSD-UNIX de Berkeley, Xenix, SunOS, HP-UX, etc.). Aquesta va ser la principal causa de l'extensió de TCP/IP, atès que estava inclòs en el seu nucli.

4) Creació d'un model de referència OSI d'ISO.

Aquests fets provoquen que els sistemes que fins aquest moment oferien una arquitectura tancada passessin a una arquitectura oberta i les xarxes comencessin a ser compatibles.

Es van començar a estandarditzar components i funcionalitats de cada nivell arquitectural per a poder intercomunicar els sistemes heterogenis. La informació dels estàndards es fa pública, fet que no passava amb els sistemes de propietat.

Es creen fòrums externs als organismes que els poden arribar a forçar a decidir-se per un estàndard o un altre (ATM Forum, Forum Gigabit Ethernet, Forum ADSL, etc.).

L'existència d'estàndards té els avantatges i desavantatges que es mostren a la taula següent.

Avantatges	Desavantatges
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimula la competitivitat entre els fabricants.</li> <li>• Evita monopolis.</li> <li>• Baixa els preus.</li> <li>• Flexibilitat d'instal·lar equips.</li> <li>• Heterogeneïtat de fabricants.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tardança a aprovar-se.</li> <li>• Els fabricants creen equips en condicions de propietat.</li> <li>• Els interessos dels fabricants i els organismes no són sempre els mateixos.</li> <li>• Possibilitat d'acords més polítics i comercials que tècnics.</li> <li>• Els fabricants són els que desenvolupen més R+D, la qual cosa provoca que forci els organismes a definir-se.</li> <li>• Molts organismes poden afectar l'estandardització, ja que es podria arribar a classificar geogràficament, per indústria, etc.</li> </ul>

#### Perjudicis econòmics

Hi ha importants guanys econòmics per a les empreses que han desenvolupat un sistema si es converteix en estàndard. No obstant això, pot provocar que altres empreses surtin perjudicades.

## 8.2. El model de referència OSI

Entre els diferents models proposats per les diferents organitzacions internacionals de normalització en la dècada dels vuitanta, va destacar una arquitectura de xarxes d'ordinadors basada en nivells, el model OSI definit per l'Organització Internacional d'Estàndards (ISO, International Organization for Standardization).

Al final dels setanta, l'ISO va anar definint l'arquitectura de xarxes OSI a fi de promoure la creació d'una sèrie d'estàndards que especifiquessin un conjunt de protocols independents de qualsevol fabricant. Pretenia establir les normes i estàndards perquè el programari i els dispositius de diferents fabricants poguessin funcionar junts.

A més de facilitar les comunicacions entre sistemes diferents, amb l'OSI l'ISO pretenia impedir que cap de les architectures de fabricant existents no adquirís una posició hegemònica, especialment l'SNA<sup>13</sup> d'IBM.

<sup>(13)</sup> SNA és la sigla de System Network Architecture.

Segurament l'aportació més important de la iniciativa OSI ha estat precisament la definició teòrica del seu model arquitectònic, que ha servit com a marc de referència per a descriure i estudiar xarxes "reals". Per aquest motiu generalment l'arquitectura OSI es denomina *model de referència OSI*.

El model OSI està compost per nivells o capes, i en cada nivell s'agrupen una sèrie de funcions o protocols necessaris per a comunicar sistemes. Els principis que es van aplicar per a establir aquests set nivells van ser els següents:

- 1) Una capa es crearà en situacions en què es necessita un nivell diferent d'abstracció.
- 2) Cada capa haurà de fer una funció ben definida.
- 3) Els problemes es resolen en una capa concreta sense afectar la resta de les capes.
- 4) Cada capa es recolza en els serveis de la capa immediatament inferior.
- 5) Cada capa oferirà serveis a capes superiors sense que aquestes sàpi-guen com es duen a terme els serveis.
- 6) La funció que farà cada capa s'haurà de seleccionar amb la intenció de definir protocols normalitzats internacionalment.
- 7) Els límits de les capes s'hauran de seleccionar tenint en compte que s'ha de minimitzar la quantitat d'informació que s'ha de passar entre capes. La frontera entre capes ha de com més senzilla millor.
- 8) El nombre de capes ha de ser prou gran perquè les funcions diferents no s'hagin de posar juntes en la mateixa capa. També haurà de ser prou petit perquè la seva arquitectura no sigui difícil de manejar.

Les capes són les que es mostren a la figura següent.

7	Aplicació	Procés de la xarxa a l'aplicació	} Capes superiors
6	Presentació	Representació de dades	
5	Sessió	Comunicació entre equips finals	
4	Transport	Connexions extrem a extrem	} Capes inferiors
3	Xarxa	Adreces i millor ruta	
2	Enllaç de dades	Accés als medis	
1	Física	Transmissió binària	

Les capes es poden agrupar en dos subconjunts convenientment diferenciats:

- **Capas inferiors.** Són proveïdors de serveis de transport de les capes superiors. Tracten problemes com ara errors del sistema de transmissió, cerca de rutes òptimes, etc.
- **Capas superiors.** La seva missió és donar serveis a l'usuari del sistema de comunicacions. Confien en les prestacions dels nivells inferiors

**Nota**

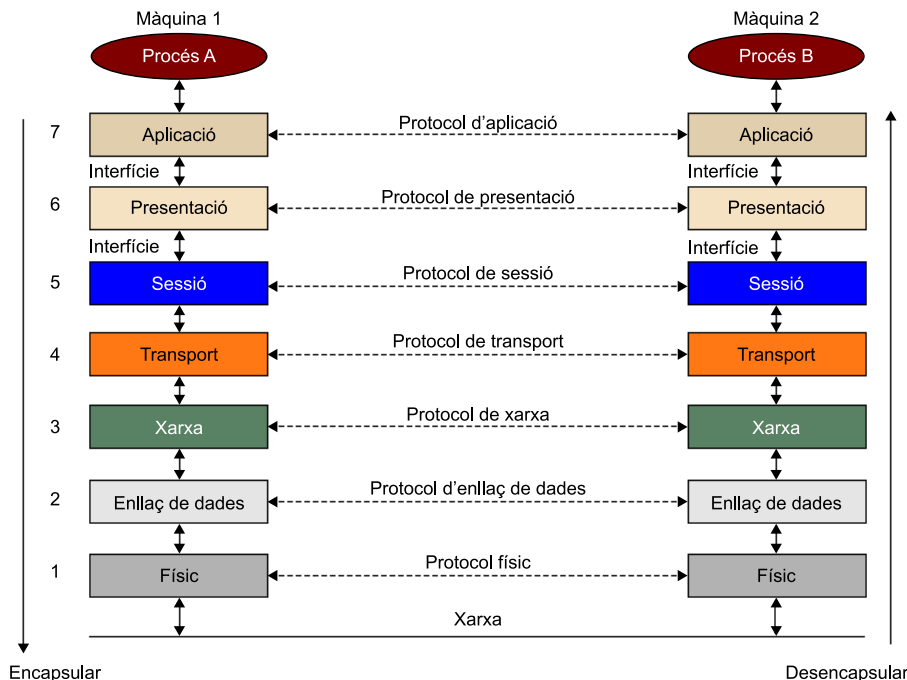
Cal assenyalar la sospitosa coincidència del nombre de capes d'OSI amb el de SNA, l'arquitectura de xarxa per a grans sistemes d'IBM, que estava en ple apogeu en el moment en què es va definir OSI.

L'objectiu del model és el desenvolupament de protocols per a desenvolupar xarxes internacionals. Alguns protocols es van desenvolupar, però en canvi d'altres es van deixar de banda a favor d'Internet (TCP/IP).

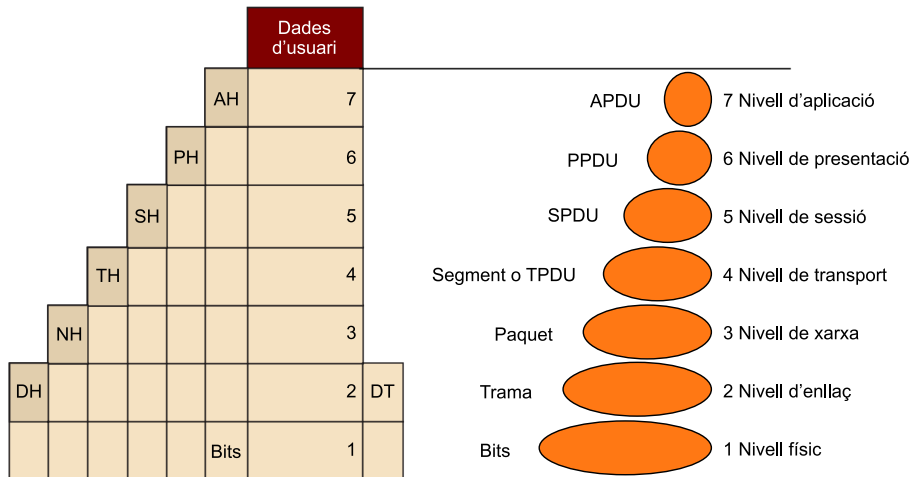
### 8.2.1. Procés d'encapsulació i desencapsulació

El model OSI descriu com es desplaça la informació des dels programes d'aplicació de diferents ordinadors en un medi de la xarxa. Cada capa fa dos processos de comunicació:

- **Comunicació horitzontal.** Comunicació amb la capa igual de l'altre sistema, que rep el nom de *protocol*.
- **Comunicació vertical.** Comunicació amb els seus nivells immediatament superior i inferior, que rep el nom de *primitives de servei*.



Quan un usuari necessita transmetre dades a una destinació, el sistema de xarxa va afegint informació de control (capçaleres) per a cada un dels serveis que utilitzarà la xarxa per a executar l'ordre de transmissió.



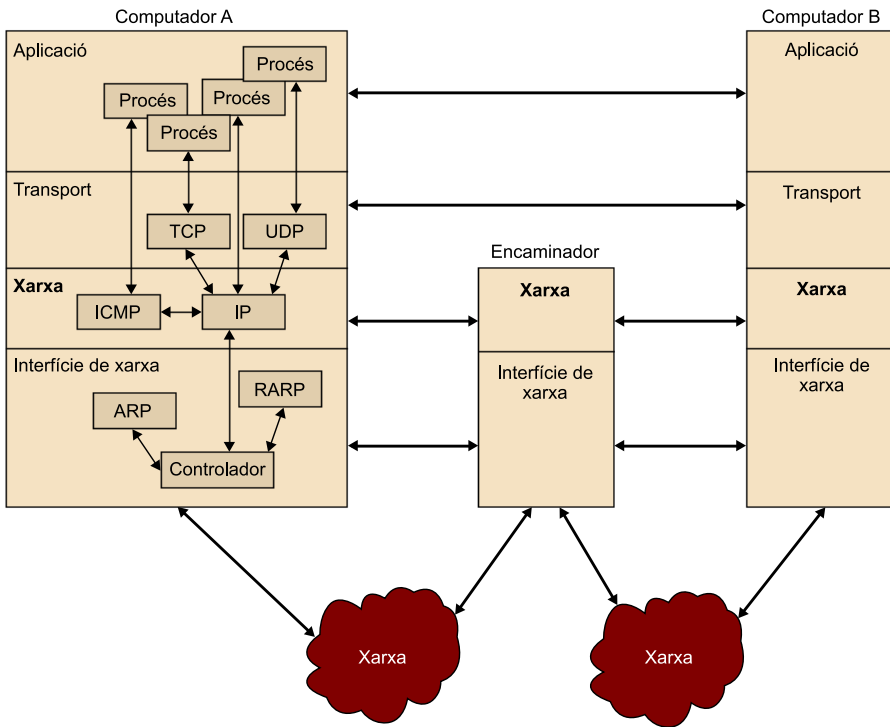
### 8.3. Model TCP/IP

En el model TCP/IP<sup>14</sup> es poden distingir quatre capes:

- La capa d'interfície de xarxa.
- La capa de xarxa o Internet.
- La capa de transport.
- La capa d'aplicació.

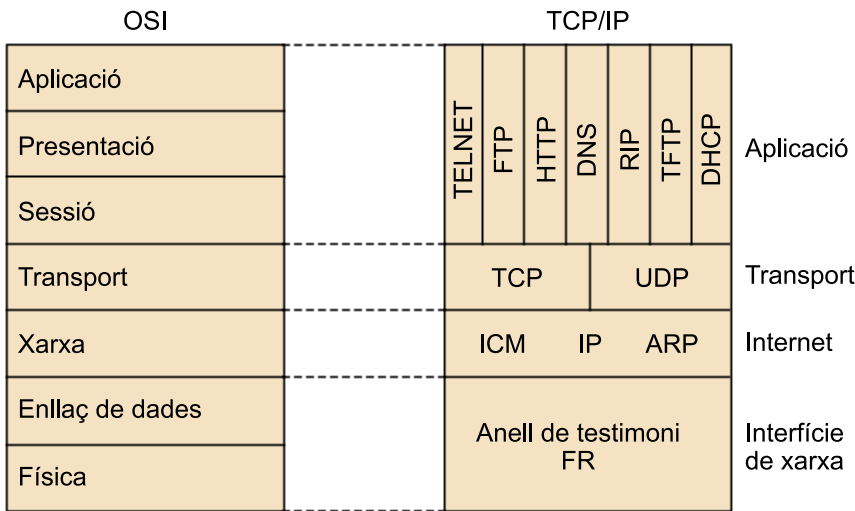
<sup>(14)</sup> TCP/IP és la sigla de *Transmission Control Protocol/Internet Protocol*.

Passem a descriure-les breument.



Aplicació	Interfície d'usuari	Telnet HTTP
Presentació	Presentació de dades	ASCII JPEG
Sessió	Manté separades les dades de les diferents aplicacions	Sistema operatiu Programació
Transport	Distribució fiable o no Correcció abans de transmetre	TCP UDP
Xarxa	Proporciona l'encaminament lògic que ens encaminadors utilitzen per a determinar la ruta	IP
Enllaç de dades	Combina bits en bytes i bytes en trames Accés als medis utilitzant les adreces MAC Detecció d'errors	802.3 802.2 HDLC
Física	Especifica el voltatge, la velocitat del cable i l'extensió dels cables Mou bits entre dispositius	V.35 EIA G703/704

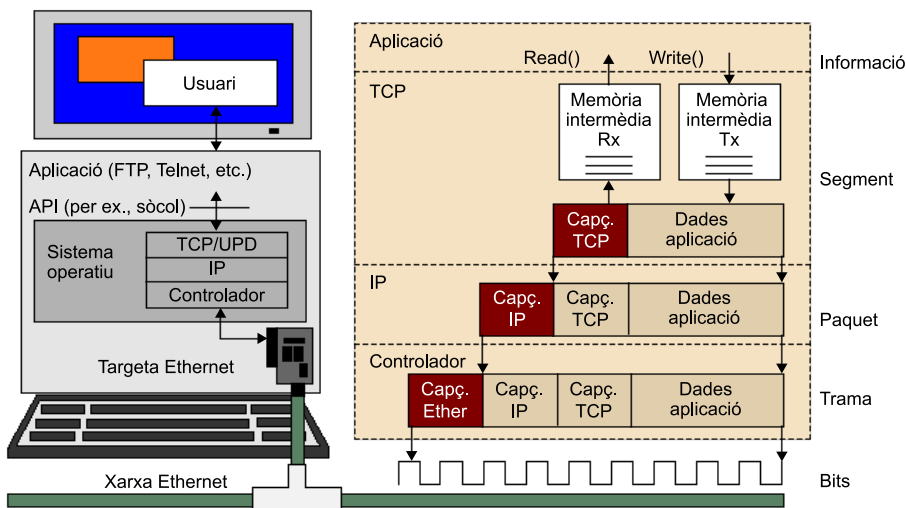
La comparació dels models arquitectònics d'OSI i TCP/IP és la següent.



El model OSI té set capes, mentre que el model TCP/IP només en té quatre. Les capes de transport i d'Internet coincideixen plenament amb els nivells 3 i 4 de la torre OSI. La capa d'aplicació engloba els nivells 5, 6 i 7 d'OSI (sessió, representació i aplicació). La capa d'interfície de xarxa inclou els nivells físic i enllaç de la torre OSI.

### 8.3.1. Encapsulació de la informació en el model TCP/IP

El funcionament del model OSI amb l'encapsulació de les dades es pot observar en la figura següent.



Les dades d'informació del nivell d'aplicació són encapsulades en la capa de transport, en què se li afegeix la capçalera del protocol TCP, i es conforma la unitat d'informació denominada *segment*. Quan el segment és enviat al nivell de xarxa, és encapsulat a dintre la capçalera del protocol IP on s'indiquen les adreces IP de la unitat d'informació anomenada *paquet* en aquest nivell. Aquest paquet és enviat a la tarja de xarxa i allà és encapsulat segons les normes del protocol del nivell d'enllaç. Normalment afegeix una capçalera del protocol d'enllaç al començament del paquet. En molts protocols també s'afegeix una



cua de dades que serveix per a la detecció d'errors al final del paquet. La unitat d'informació aquí rep el nom de *trama*. Finalment les dades són enviades pel medi de transmissió en forma d'impulsos electromagnètics o bits.

#### 8.4. El model OSI comparat amb el model TCP/IP

El model OSI, d'orientació més acadèmica, és més coherent i modular i està menys condicionat per cap protocol en particular. Per això s'utilitza principalment com a model de referència per a descriure altres tipus d'arquitectures, com la TCP/IP (el model TCP/IP mai no es fa servir per a descriure altres arquitectures que no siguin aquesta mateixa). El model OSI fa una distinció molt clara entre serveis, interfícies i protocols, conceptes que sovint es confonen en el model TCP/IP.

El model OSI mai no ha passat de ser un bonic desenvolupament teòric, malgrat que la majoria dels grans fabricants d'ordinadors i companyies telefòniques en van impulsar la utilització oferint productes i serveis basats en aquest. Les raons principals que van motivar aquest fenomen es resumeixen en el següent:

- OSI va aparèixer tard. Com tot estàndard, es va trigar anys a definir una arquitectura de capes amb funcionalitats i serveis perfectament definits. Aquest retard va motivar que OSI fos avançat per TCP/IP, el qual en aquella època ja es feia servir profusament.
- OSI, en inspirar-se en SNA d'IBM, que és una arquitectura complexa, és molt complicat i moltes vegades repeteix en diferents capes les mateixes funcions. El naixement de TCP/IP fou a la inversa: primer es van especificar els protocols, i després es va definir el model com una simple descripció dels protocols ja existents. Per aquest motiu el model TCP/IP és més simple que l'OSI.
- Els productes comercials que es van basar en OSI eren dolents i cars. La poca demanda obligava a les empreses desenvolupadores a posar uns alts preus a fi de recuperar les seves altíssimes inversions. En contrast, TCP/IP va ser ràpidament incorporat al UNIX de Berkeley, en què funcionava bastant bé, i tot això a un preu sensiblement menor: era gratuït!
- Mentre que TCP/IP era vist com a part de UNIX, és a dir, una cosa que realment funcionava i hi havia al marge de tota sospita de parcialitat, OSI era considerat un invent de l'Administració per a controlar les telecomunicacions (un engendre politicoburocràtic).

És per tot això que TCP/IP es va convertir en el líder mundial absolut en interconnexió de xarxes. No obstant això, TCP/IP tampoc no es deslliurà de la crítica. D'una banda no distingeix conceptes tan importants com servei, interfície i protocol. En segon lloc, el model TCP/IP no és cap model, és a dir, resulta bastant inútil per a utilitzar-lo com a esquema de referència en l'estudi d'altres architectures. En tercer lloc, hi ha la capa ordinador central – xarxa, que en el model TCP/IP és més aviat una interfície que una capa, ja que l'única cosa que se n'especifica és que ha de ser capaç de transmetre paquets IP.

**Difusió de TCP/IP i del model OSI**

Avui dia la difusió de TCP/IP per tot Europa és completa, mentre que els serveis basats en protocols OSI pràcticament han desaparegut.

## 9. Breu història de les comunicacions

La dècada dels seixanta va veure l'aparició dels primers ordinadors comercials. Eren grans, cars i poc potents. Només organismes oficials, grans empreses o universitats els podien comprar, i el que és més normal és que només en comprassin un (o alguns, però no un per a cada usuari, com avui estem acostumats a veure). Per això, aquests ordinadors portaven sistemes operatius multitasca i multiusuari, perquè diferents usuaris, fent diferents feines, els poguessin utilitzar simultàniament. L'accés a aquests ordinadors es feia mitjançant terminals sense cap capacitat de procés, passius.

No va trigar gaire a aparèixer la necessitat de poder allunyar els terminals de la unitat central per a connectar-se, per exemple, des de casa o des d'una delegació a l'ordinador central.

Per a poder fer aquest accés remot, la primera solució que van aportar els enginyers informàtics de l'època va ser utilitzar la xarxa telefònica, que, per la seva ubicuïtat, els estalviava generar cap infraestructura nova. Només calia un aparell que adaptés els bits a la xarxa<sup>15</sup>. Aquests aparells són els mòdems.

Els primers mòdems eren de 300 bps i generaven dos tons diferents: un per a l'1 lògic i un altre per al 0. Actualment, van a 56.000 bps, que és el màxim que permet la xarxa telefònica convencional actual. Els mòdems no solament servien per a poder allunyar els terminals passius dels ordinadors centrals; també permetien interconnectar ordinadors entre si, de manera que des dels terminals d'un es podia accedir a l'altre i viceversa.

La tecnologia de commutació de circuits es va desenvolupar originalment per a les comunicacions telefòniques i una de les seves característiques fonamentals era l'ocupació en exclusiva dels recursos mentre durava la connexió, cosa que, com ja hem vist, justificava la tarifació per temps. Però les comunicacions informàtiques no són curtes, intenses i esporàdiques, com les de veu. En connectar un terminal a un ordinador central mitjançant dos mòdems, no es passen dades tota l'estona que dura la connexió: hi pot haver llargs períodes de temps en què no passi cap bit i estones en què hi hagi un intercanvi de dades intens, tot i que a una velocitat de transmissió molt més baixa que la que es pot mantenir entre el terminal i l'ordinador connectats directament. Les factures telefòniques van començar a ser astronòmiques, i desproporcionades, respecte de l'ús real de la xarxa.

### Períodes en la història d'Internet

Internet és, com tantes altres tecnologies innovadores, un invent militar. Va néixer de l'interès de l'exèrcit nord-americà en els anys seixanta per aconseguir comunicacions fiables i descentralitzades. És a dir, per evitar que un míssil ben dirigit pogués fer saltar

(15) Recordeu que la xarxa telefònica només deixa passar sons entre uns marges de freqüència.



Mòdems dels anys vuitanta

pels aires un centre vital de comunicacions. Es poden establir quatre períodes claus en la història d'Internet:

- Primer període: 1957-1970. Naixement d'Internet.
- Segon període: 1970-1990. De l'exèrcit a la universitat.
- Tercer període: 1990-1995. Expansió fora dels àmbits militars i universitaris.
- Quart període: 1996-actualment. Multimèdia i centenars de milions d'usuaris.

### **Primer període: 1957-1970. Naixement d'Internet**

Dins del primer període de la història d'Internet podem destacar els esdeveniments següents:

- **1945.** Publicació de la primera referència a una xarxa electrònica similar a Internet: Memex, citada a l'article "As We May Think", de Vannevar Bush (Director de la nord-americana Oficina d'Investigació Científica i Desenvolupament).
- **1957.** Durant la Guerra Freda la Unió Soviètica llança l'Sputnik, el primer satèl·lit artificial de comunicació. En resposta a aquest fet, els Estats Units creen l'ARPA<sup>16</sup>, en el si del Departament de Defensa dels Estats Units.
- **1961.** Leonard Kleinrock (MIT) publica el primer article sobre la teoria de commutació de paquets
- **1962.** Licklider (MIT) llança la idea de la "galactic network": una xarxa interconnectada globalment per mitjà de la qual cada un pugui accedir des de qualsevol lloc a dades i programes. Licklider va ser el principal responsable del programa d'investigació en ordinadors en ARPA, l'agència d'investigació avançada del Pentàgon.
- **1964.** Paul Baran (RAND Corporation) fa els seus estudis sobre "Xarxes de comunicació distribuïdes o descentralitzades". També promou l'ús de xarxes de commutació de paquets de dades (*packet switching networks*).
- **1961-1965.** La idea de xarxa de paquets descentralitzada havia estat treballada en paral·lel per tres grups d'investigació nord-americans, sense que els investigadors haguessin conegut el treball dels altres.
  - MIT (1961-1967): Licklider, Roberts, Kleinrock.
  - RAND (1962-1965): Paul Baran.
  - NPL (1964-1967): Donald Davies i Roger Scantlebury. La paraula *packet* (paquet) va ser adoptada a partir del treball de l'NPL<sup>17</sup>.
- **1965.** El Ministeri de Defensa nord-americà (ARPA) inicia un projecte d'interconnexió de computadors, que es va dir ARPANET i que va ser l'antecessor del que després es diria *Internet*.
- **1966.** Es desenvolupa el concepte de xarxa d'ordinadors, que s'anomenaria *ARPANET*. La xarxa ARPANET podia interconnectar els diferents ordinadors dels investigadors que s'anessin connectant a aquesta xarxa, de manera que va néixer així la xarxa troncal.
- **1967.** La nova xarxa anomenada *ARPANET* rep el tret de sortida. Un any més tard es dissenyen els primers programes i el primer maquinari específic per a xarxes.
- **1969.** Hi ha quatre centres interconnectats, per mitjà dels seus IMP (Internet embrionària). UCLA (Los Angeles) és seleccionada per a ser el primer node d'ARPANET. El Centre d'Investigació de Stanford (SRI) va proporcionar un segon node. El tercer node era a la Universitat de Califòrnia, a Santa Bàrbara, i el quart node a la Universitat de Utah. Aquests 4 nodes van constituir la xarxa original d'ARPANET.

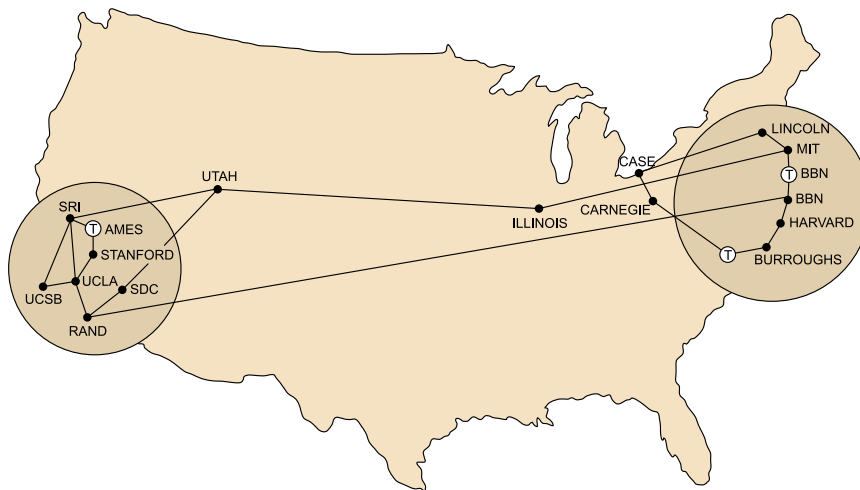
<sup>(16)</sup>ARPA és la sigla en anglès de l'Agència de Projectes d'Investigació Avançada

<sup>(17)</sup>NPL és la sigla de *National Physical Laboratories* (institució del Regne Unit).

Aviat les grans empreses van pressionar les companyies telefòniques del moment perquè desenvolupessin xarxes pensades per a transportar dades, i perquè el sistema de tarifació de les quals s'ajustés al trànsit de dades real i permetés més velocitat que els minims 300 o 1.200 bps de l'època, que s'assolien utilitzant la xarxa telefònica. La resposta van ser les xarxes de commutació de paquets. L'enviament de dades no s'ha de fer necessàriament en temps real (les transmissions de veu, sí); per tant, no cal establir el camí entre els dos punts abans de començar la transmissió i mantenir-lo mentre dura l'intercanvi de dades. En lloc d'això, s'empaqueten els bits que s'han de transmetre i es donen a la central més propera perquè els envii quan pugui a la següent, i així successivament fins que arribin a la destinació. Si quan un paquet arriba a una central tots els enllaços amb la següent estan ocupats, no passa res: el fa esperar posant-lo en una cua per a enviar-lo quan hi hagi un enllaç disponible.

### CCITT

El CCITT és un organisme internacional patrocinat per les operadores de telefonia, dedicat a tasques de normalització en l'àmbit de les telecomunicacions. L'1 de març de 1993 va passar a dir-se *International Telecommunication Union Standardisation Sector* (ITU-T).

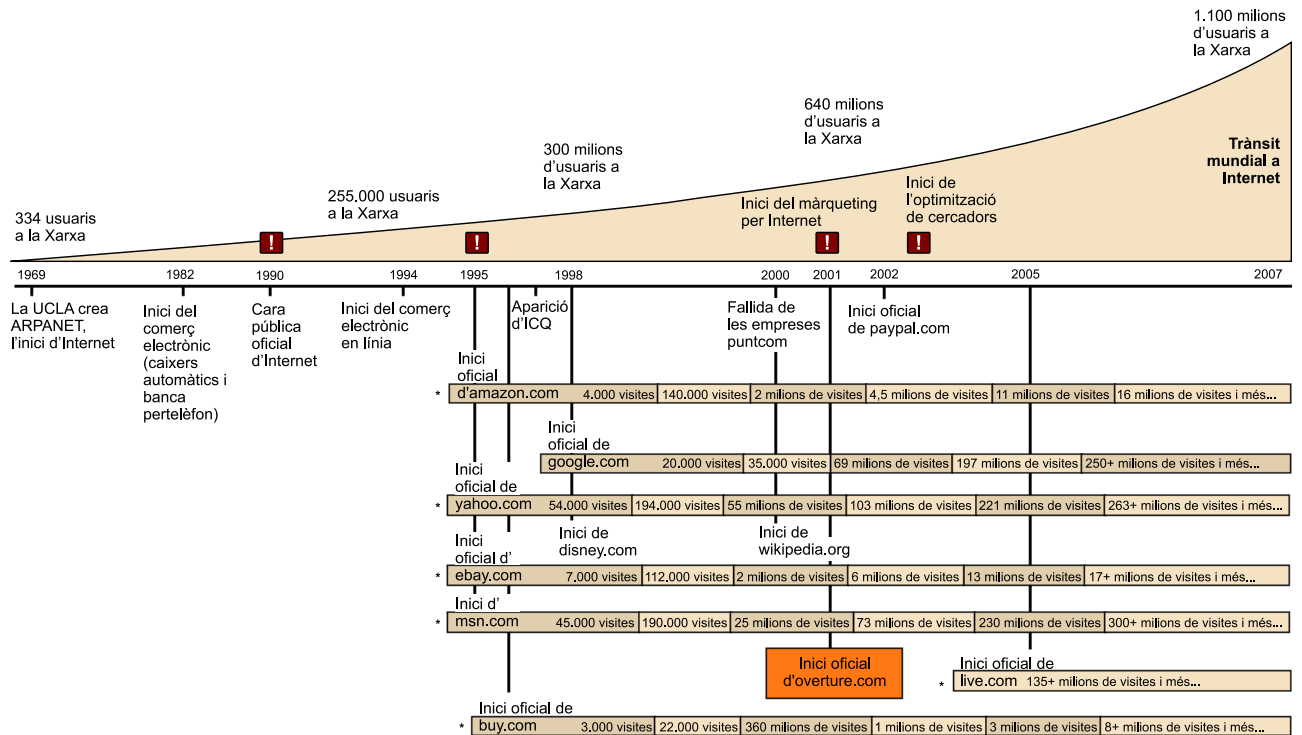


Nodes a ARPANET el 1971

La transmissió per paquets té l'avantatge que només ocupa els recursos quan realment es fan servir, no tota l'estona. Però, com a contrapartida, s'ha de suportar el retard que hi pugui haver entre el moment que els paquets surten de l'origen i arriben a la seva destinació, el qual és variable, perquè les esperes a les cues són aleatòries, i depenen de l'estat de la xarxa. Però, com hem dit, això, en comunicació de dades, és fins a cert punt tolerable. Pel que fa a la qüestió econòmica, no té sentit que es cobri per temps de connexió: en les xarxes de dades es paga per bits transmesos.

Hi ha un altre perill: els paquets es poden perdre. Cal tenir present que les cues són limitades i, si arriba un paquet quan una ja és plena, no es podrà desfer i es perdrà. Cal preveure mecanismes que evitin aquestes pèrdues i regulin el flux d'informació entre els nodes de commutació.

Les companyies telefòniques van desenvolupar xarxes d'aquest tipus, i el CCITT va emetre un estàndard, l'X.25, que a la llarga és el que ha seguit tot-hom fins fa poc.



\* Càlcul del trànsit d'usuaris al dia

## Segon període: 1970-1990. De l'exèrcit a la universitat

Dins del segon període de la història d'Internet podem destacar els esdeveniments següents:

- **Anys setanta.** Durant aquest període, aquesta xarxa va ser d'accés restringit als investigadors i a les empreses privades que participaven en projectes finançats per l'Administració.
- **1970.** El Network Working Group (NWG), liderat per S. Crocker, va acabar el protocol ordinador central a ordinador central inicial per a ARPANET, anomenat Network Control Protocol (NCP, 'protocol de control de xarxa'). Kevin MacKenzie s'inventa la primera emoticon: :-). Vinton Cerf escriu per primera vegada la paraula *Internet*. És considerat el pare de la xarxa. Més tard va dissenyar el protocol TCP/IP, que actualment regeix les comunicacions per Internet.
- **1971.** Ray Tomlison (BBN<sup>18</sup>) crea els protocols bàsics del correu (*email*), incloent-hi la convenció de la rova per a separar el nom de la persona de l'identificador de l'ordinador.
- **1972.** Es presenta públicament ARPANET en la International Computer Communication Conference. Els investigadors del MIT van donar a llum el germen del que seria el sistema de transferència d'arxius FTP i Telnet. El Sistema d'Agències d'Informació de Defensa crea l'IANA o Autoritat d'Assignació de Números d'Internet, responsable d'assignar una adreça única a cada computador connectat a Internet.
- **1973.** Vint Cerf i Bob Kahn especifiquen la primera versió del Programa de Control de Transmissió (TCP), que després va ser desenvolupat fins que es va convertir en el Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP), els protocols que actualment permeten el funcionament d'Internet. Berkeley va desenvolupar el BSD UNIX. ARPA va donar una còpia de TCP/IP a Berkeley, i s'incorporà a la versió UNIX. Neix la possibilitat de fer un FTP.
- **1979.** Neix Usenet. Creada per tres estudiants: Tom Truscott, Jim Ellis i Steve Bellovin. Usenet és un servei de grups de notícies, les populars *news*.
- **1980.** Apareixen les primeres aplicacions TCP/IP. Internet ja té 212 servidors.
- **1981.** L'any 1981, IBM llança el primer PC, amb el sistema operatiu d'una pime anomenada Microsoft.

- **1982.** ARPANET adopta el protocol TCP/IP com a estàndard. L'European Unix Network (EuNet), connectada a ARPANet, es va crear el 1982 per a proporcionar serveis de correu electrònic i serveis Usenet a diverses organitzacions usuàries als Països Baixos, Dinamarca, Suècia i Anglaterra.
- **1983.** És el 1983 quan es considera que va néixer realment Internet, en separar-se la part militar i la civil de la xarxa. Fins a l'1 de gener de 1983 la naixent Internet va estar funcionant amb un antecessor dels protocols TCP/IP; aquell dia els ja milers d'ordinadors connectats es van canviar al nou sistema. Internet ja disposa de 562 servidors (ordinadors interconnectats). El mateix any es va crear el sistema de noms de dominis (.com, .edu, etc., més les sigles dels països), que pràcticament s'ha mantingut fins ara.
- **1984.** L'ordinador passa a ser a l'abast de la gent, i la implantació s'accelera quan es presenta el Macintosh. El nombre de servidors connectats a la xarxa havia superat ja els 1.000. A l'any següent es forjava Well, la primera comunitat comercial d'usuaris. Es crea a Winsconsin el primer servidor de noms, amb el qual no es va necessitar més conèixer la ruta de localització d'un computador, precursor del servei DNS d'Internet.
- **1985.** Entra en funcionament el Domain Name Server (DNS), un mètode per a resoldre noms d'adreces numèriques. El primer domini s'atorga el 15 de març a symbolics.com. Internet té ja 1.961 servidors i els sufixos .com, .net i .org afegits. L'abril apareixen els primers dominis amb lletra, que van ser: acmu.edu, purdue.edu, rice.edu i ucla.edu, tots en actiu encara i tots universitaris. El juny del mateix any va aparèixer el primer domini governamental, css.gov, i el juliol, mitre.org. El primer domini d'un país va ser el juliol d'aquell mateix any per a la Gran Bretanya: co.uk. A Espanya els ordinadors de diferents universitats es connectaven entre si i amb el Centre Europeu de Física de Partícules (CERN). El Ministeri d'Educació i Ciència, per mitjà de la Secretaria d'Universitats, va elaborar un pla per a interconnectar els centres de càlcul de les universitats. Així mateix, un grup d'experts de les universitats, centres de càlcul, organismes públics d'investigació i Telefónica, sota la coordinació de Fundesco, va fer un informe que s'anomenà *Projecte IRIS* (Interconnexió de Recursos Informàtics).
- **1987.** Neix la primera versió de Windows. Hi ha més de 10.000 servidors a tot el món
- **1988.** Es produeix el primer gran atac víric d'Internet, quan el "cuc de Morris" fa caure 6.000 dels 60.000 ordinadors que llavors la formaven. Creat per l'estudiant predoctoral Robert T. Morris com a experiment, el cuc usava un defecte del sistema operatiu UNIX per a reproduir-se fins a bloquejar l'ordinador. Arran del "cuc de Morris" es crea el Computer Emergency Response Team (CERT). Jarkko Oikarinen, un jove finlandès, va decidir modificar la instrucció *talk* de UNIX per a permetre que diverses persones poguessin xerrar de manera simultània. Així neix el xat, l'Internet Relay Chat (IRC), que permet que es pugui conversar en línia en la xarxa. El 1988 neix el programa IRIS dins del Pla Nacional d'Investigacions i Desenvolupament Tecnològic per a donar connectivitat a científics i a investigadors. El finançament i la supervisió d'aquesta xarxa l'efectuaria la Comissió Interministerial de Ciència i Tecnologia, i seria gestionada i dirigida per Fundesco.
- **1989.** Neix RIPE per a interconnectar les xarxes europees. El nombre de servidors connectats a Internet assoleix ja els 100.000. Aquest mateix any, es va inaugurar també la primera connexió d'un sistema de correu electrònic comercial a Internet (MCI i CompuServe). Neix Archie. Fins aquell moment ningú no s'havia plantejat mai la hipòtesi que a Internet les coses poguessin tenir un ordre, en crear un directori. Les adreces eren tan poques que se suposava que tothom les coneixia. Per aquest motiu, es crea el primer catàleg (un programa denominat *Archie*). Archie va tenir tal èxit que va col·lapsar el trànsit als Estats Units i al Canadà tan aviat es va saber de la seva existència. Per aquest motiu la Universitat McGill de Montreal va obligar el seu autor a tancar-lo. Per sort ho va fer després que Archie ja estigués replicat en altres ordinadors. Archie va ser el precedent de Gopher i Veronica i d'alguna remota manera el primer intent de directori de recursos d'Internet.

<sup>(18)</sup>BBN és l'abreviatura de l'empresa Bolt, Beranek and Newman.

#### CERT

El Computer Emergency Response Team (CERT) és un equip de resposta d'emergència d'ordinadors que manté dades sobre totes les incidències en xarxa i sobre les principals amenaces.

Quan va començar a ser habitual disposar de més d'un ordinador a la mateixa instal·lació, va aparèixer la necessitat d'interconnectar-los per a poder compartir els diferents recursos: dispositius cars, com ara impressores de qualitat, un disc dur que emmagatzemés les dades de l'empresa, un equip de cinta per a fer còpies de seguretat, etc.

El disseny de les xarxes d'àrea local va seguir camins completament diferents dels que es van seguir per a les xarxes de gran abast. En les xarxes d'àrea local, es necessita, habitualment, establir comunicacions "molts amb un" i "un amb molts", cosa difícil d'aconseguir amb les xarxes de commutació, pensades per a interconnectar dues estacions. Per a aquesta mena de xarxes és més adequada la difusió amb medi compartit, en què els paquets que surten d'una estació arriben a tota la resta simultàniament. A la recepció, les estacions els accepten o ignoren segons si en són destinatàries o no.

Es parla de *difusió* perquè els paquets es difonen per tot arreu, i de *medi compartit* perquè aquesta difusió es fa sobre un medi comú que comparteixen les estacions.

De la dècada dels seixanta també daten els primers estàndards d'arquitectures de protocols. Cal tenir present que l'intercanvi d'informació entre ordinadors té tot un seguit d'implicacions, entre les quals hi ha les següents:

- Aspectes elèctrics: els cables, els connectors, els senyals, etc.
- La manera d'agrupar els bits per a formar paquets i la de controlar que no es produeixin errors de transmissió.
- La identificació dels ordinadors dins de la xarxa i la manera d'aconseguir que la informació que qualsevol ordinador genera arribi a qui interessa.

Atacar tots aquests aspectes d'una manera global no és viable: massa coses i massa diferents entre si. Per això, ja des del principi, es van desenvolupar models estructurats en nivells: en cada nivell es duu a terme una tasca i la cooperació de tots els nivells proporciona la connectivitat volguda pels usuaris.

Cal tenir present que, en l'època que ens ocupa, la informàtica estava en mans de molt pocs fabricants i imperava la filosofia del servei integral: cada fabricant ho proporcionava tot (ordinadors, cables, perifèrics, sistema operatiu i programari). Per tant, quan una empresa es volia informatitzar, triava una marca i hi quedava lligada per a tota la vida.

A la dècada dels setanta, el panorama va canviar radicalment, sobretot, a causa de tres esdeveniments:

- La proposta del protocol Ethernet per a xarxes locals.



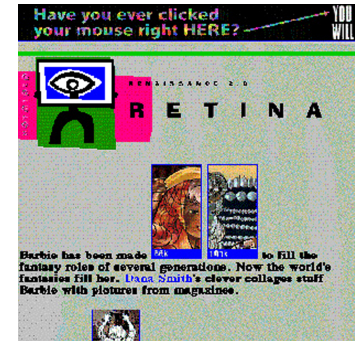
- L'aparició del sistema operatiu UNIX, no lligat a cap marca comercial, compatible amb totes les plataformes de maquinari que hi havia.
- La invenció dels protocols TCP/IP, embrió de l'actual Internet.

S'havia aplanat el camí per a l'aparició dels sistemes oberts: no calia lligar-se a cap marca per a tenir-ho tot. El maquinari podia ser d'un proveïdor, el sistema operatiu d'un altre, les aplicacions d'un altre, i els protocols, públics.

### **Tercer període: 1990-1995. Expansió fora dels àmbits militars i universitaris**

Dins del tercer període de la història d'Internet podem destacar els esdeveniments següents:

- **1990.** Neix el primer proveïdor d'accés a Internet comercial, i l'Electronic Frontiers Foundation (EFF), una ONG de defensa de ciberdrets. La Xarxa té ja centenars de milers de servidors (313.000 servidors). Aquest any també apareix Windows 3.0. A Espanya Fundesco va canviar el nom del Programa IRIS per REDIRIS i es connecta a la xarxa troncal d'Internet (NSFNET<sup>19</sup>), al costat d'Argentina, el Brasil, Xile, l'Índia, Suïssa, Àustria, Irlanda i Corea del Sud.
- **1991.** Tim Berners-Lee, investigador en el centre europeu CERN de Suïssa, va elaborar la seva proposta d'un sistema d'hipertext compartit: era el primer esbós de la World Wide Web. Com l'ARPANET vint anys enrere, el seu propòsit era posar en comunicació els científics. La WWW és una creació europea fruit del treball de Tim Berners-Lee i Robert Cailliau. El seu objectiu era buscar una eina de treball per a crear i llegir textos per mitjà d'una xarxa que permetia intercomunicar els físics de tot el món. Berners-Lee va crear l'HTML, l'HTTP i les URL.
- **1992.** Neix la Internet Society, l'"autoritat" de la Xarxa. Naixia com el lloc per a pactar els protocols que farien possible la comunicació. L'Internet Activities Board (IAB) s'integra a la Internet Society. En l'IAB va destacar la Internet Engineering Task Force (IETF), que tenia com a funció el desenvolupament d'Internet a curt termini, i tenia la responsabilitat de la direcció tècnica. La major part dels Request for Comments (RFC) s'elaboren en la IETF, i aquests anaven augmentant cada any. Internet ja té 1.136.000 servidors. A Espanya apareix Goya Servicios Telemáticos, primer proveïdor d'accés comercial.
- **1993.** Apareix el primer visualitzador gràfic de pàgines web: Mosaic, l'antecessor de Netscape. Fins aquell moment la xarxa era només text: ara sobre un fons gris apareixen documents amb gràfics i enllaços en blau. El creixement d'Internet supera el 350.000% (gairebé dos milions d'ordinadors). Marc Andreessen, cocreador de Mosaic, funda Netscape al costat del veterà executiu de Silicon Valley, Jim Clarke. El setembre la Universitat Jaume I de Castelló publica el primer servidor web d'Espanya, on ja hi havia 10 nodes i 15.000 màquines sota el domini .es.
- **1994.** Any del primer correu brossa: els advocats d'Arizona Canter & Siegel llancen el 5 de març de 1994 un anunci a 6.000 grups de notícies, i són perseguits pels furiosos internautes, que aconsegueixen que els expulsin del seu ISP (i de l'advocacia). L'octubre ATT i Zima (un refresc) posen els primers bàners comercials de la història a Hotwired. Però no tot són desgràcies: també obren el primer centre comercial, la primera ràdio i el primer banc a la Xarxa. El nombre de servidors d'Internet assoleix els 3.800.000. A la Universitat de Stanford dos estudiants creen un directori de coses interessants de la Xarxa, que bategen com Yahoo! Lycos. Es difon la versió comercial del navegador Netscape Navigator. A Espanya neix Servicom.
- **1995.** Es comencen a cobrar els dominis. Sun crea Java, i RealAudio incorpora so a la Xarxa. Microsoft llança amb gran publicitat Windows 95 i anuncia un gir estratègic envers Internet. El fabricant Digital (DEC) crea AltaVista, un cercador d'Internet. Neixen la llibreria Amazon.com i el lloc de subhastes eBay. Hi havia més de 5 milions de servidors connectats a Internet. L'espina dorsal d'NSFNET començava a ser substituït per proveïdors comercials interconnectats. Sortida a borsa de Netscape, la tercera major fins llavors, que marca el començament del *boom* d'Internet.



A la part superior de la imatge es pot veure el primer bàner d'Internet a HotWired (1994)

<sup>(19)</sup>La sigla *NSFNET* correspon a la National Science Foundation Network.

TCP/IP va néixer a partir d'un encàrrec de la Defense Advanced Research Project Agency<sup>20</sup> (DARPA) a la comunitat científica americana per a tenir una xarxa mundial que fos reconfigurable fàcilment i automàticament en cas de destrucció d'algun node o d'algun enllaç.

<sup>(20)</sup>En català, Agència de Projectes d'Investigació Avançada per a la Defensa.

La pila TCP/IP és una jerarquia de protocols que oferia connectivitat i, tot i tenir poc a veure amb les que ja hi havia, era una opció més en el mercat. Davant d'una oferta tan gran, i desaparició de protocols, l'ISO<sup>21</sup> i el CCITT van proposar un model nou que intentava reunir d'alguna manera tot el que ja s'havia proposat i que pretenia ser complet, racional i molt ben estructurat (TCP/IP té fama de ser una pila de protocols anàrquica), amb la intenció, per tant, que es convertís en un model de referència. És l'anomenada *pila de protocols OSI* (Open Systems Interconnection). Internet, que va néixer i créixer a les universitats, es va començar a fer popular a la dècada dels noranta, a mesura que els qui coneixien la Xarxa l'anaven "ensenyant", i la seva popularització va esclatar quan va saltar al món de l'empresa, en tots els seus vessants: com a aparador de productes o com a canalitzador de contactes comercials.

<sup>(21)</sup>ISO són les sigles de la International Organization for Standardization; en català, Organització Internacional d'Estandardització.



Tim Berners Lee, creador del WWW

El seu origen universitari, però, ha marcat aquesta evolució en molts sentits. Per exemple, el model client/servidor d'aplicacions distribuïdes. És un model senzill i alhora potent, i gairebé totes les aplicacions que es fan servir a Internet el segueixen. El Telnet, o obertura de sessió remota, la transferència de fitxers (FTP), el correu electrònic i sobretot el WWW (World Wide Web) són exemples clars d'aplicacions que segueixen aquest model. Les dues primeres han caigut una mica en desús, però tant el correu com el WWW són les estrelles avui dia a Internet. Tímidament, apareixen noves propostes d'aplicacions, però el WWW, que va néixer com un servei de pàgines estàtiques enllaçades amb hiperenllaços, s'està convertint en la interfície d'usuari de tota la xarxa, perquè

actualment s'empra per a servir pàgines dinàmiques (es creen en el moment en què se serveixen), i fins i tot, codi que s'executa en l'ordinador client (miniaplicacions).

En aquest moment tenim dues xarxes completament independents entre si, però d'alguna manera superposades:

- Una xarxa analògica, amb commutació de circuits, pensada per a veu.
- Una xarxa digital, amb commutació de paquets, pensada per a dades.

La xarxa telefònica, tal com l'hem descrita fins ara, és completament analògica: el senyal electromagnètic que viatja des d'un telèfon fins a un altre és analògic (varia contínuament i a cada moment pot prendre qualsevol valor) i els circuits electrònics que componen la xarxa també ho són.

Els enllaços entre centrals de la xarxa telefònica es feien amb senyals analògics amb molts canals multiplexats en freqüència, i havien de recórrer, de vegades, grans distàncies. L'atenuació del senyal inherent a la distància que havia de recórrer s'havia de corregir mitjançant repetidors que l'amplificaven, cosa que augmentava el soroll present a la línia. Molt sovint, el senyal rebut era d'una qualitat molt baixa perquè la transmissió analògica no permet d'eliminar el soroll i les interferències a la recepció. No hi ha cap manera de saber exactament què s'ha enviat des de l'origen i què és soroll afegit. L'any 1972, es van fer públics els primers resultats del tractament digital del senyal aplicat a àudio, bàsicament orientat a l'emmagatzematge. El CD estava veient la llum. Convertir un so (una magnitud física que pot prendre qualsevol valor en qualsevol moment) en una sèrie de 0 i 1 (dos únics valors, coneguts) permetia de corregir fàcilment qualsevol soroll afegit.

El descobriment del processament digital del senyal, i les seves aplicacions en els camps del so i la imatge, han estat una fita cabdal en el món de les comunicacions. Bàsicament, han permès de reduir dràsticament l'efecte del soroll, la qual cosa ha permès, d'una banda, d'incrementar la qualitat de recepció del senyals i, de l'altra, d'augmentar la velocitat de transmissió amb els mateixos medis.

Les companyies telefòniques van començar a substituir els enllaços interns (entre centrals) per senyals digitals, però mantenint el bucle d'abonat (línia i terminal) analògic. La digitalització del senyal de so es fa dins de la central local, després del filtre de 4 kHz, i es torna a passar a analògic en la central corresponent a l'altre extrem de la comunicació. Això ha fet canviar substancialment els processos de commutació: ara s'ha de treballar amb bits i, per tant, les centrals electromecàniques s'han de substituir per ordinadors.

Aquesta digitalització de la part interna de la xarxa de veu va fer que, d'alguna manera, les dues xarxes, la telefònica i la de dades, confluïssin: els enllaços digitals entre centrals s'utilitzaven indistintament per a paquets de dades i per a transmissions de veu.

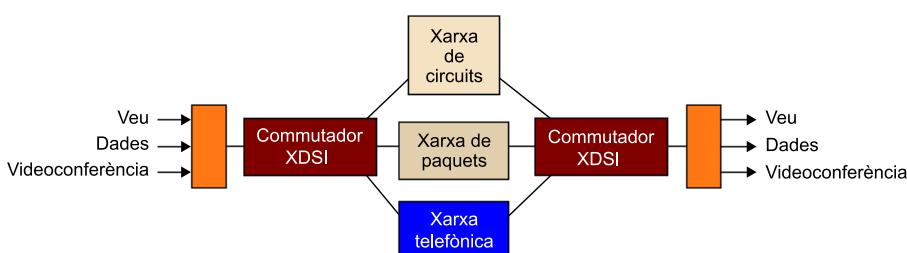
#### **Quart període: 1996-actualment. Multimèdia i centenars de milions d'usuaris**

Dins del quart període de la història d'Internet podem destacar els esdeveniments següents:

- **1996.** El 98% dels navegadors eren Netscape, i es pensa que la Xarxa pot eliminar el sistema operatiu. Microsoft respon llançant Explorer, la qual cosa dona inici a la Guerra dels Navegadors. Internet ja té més de 9.400.000 servidors. A Espanya hi ha més de 100.000 ordinadors sota el domini .es. Surten a borsa Yahoo! i Excite amb grans beneficis. Els EUA llancen la Communications Decency Act, que serà anul·lada el 1997. Es proposa la creació de 7 nous dominis genèrics; tv.com es ven a CNET per 15.000 dòlars. Procter & Gamble, el major anunciant del món, imposa el pagament per clic, que dominarà la publicitat en línia. Inclusió de continguts multimèdia: tècnica de reproducció en temps real per a la transmissió fluida de vídeo.
- **1997.** business.com es ven per 150.000 dòlars. El 1997 ja hi ha 17 milions de servidors a la Xarxa. A Espanya es crea ESPANIX per a intercanviar trànsit local; al final de l'any hi ha 500 proveïdors i un milió d'internautes, gràcies a Infovia.
- **1998.** Microsoft, amb el seu Explorer, té més del 80% dels navegadors, i és demandat per abús de posició dominant. La Xarxa té 300 milions de pàgines. Neix Google i AOL compra Netscape. Es registra el domini comercial número 2 milions. El govern dels EUA anuncia un pla per a privatitzar Internet que es rebutja; un segon pla és rebut millor.
- **1999.** Neix Napster, el primer programa d'intercanvi de fitxers (P2P). A Espanya Telefónica desactiva Infovia i funda Terra (que sortirà a borsa amb gran èxit), a la qual dota de xifres amb la compra del cercador Olé. Part de l'equip fundacional abandona per fundar Ya.com. Terra surt a borsa amb gran èxit. Es paguen 7,5 milions de dòlars per business.com. Al final d'any l'índex NASDAQ assoleix xifres desmesurades. Espanya té 300.000 ordinadors sota .es i 2 milions de navegants. El format de so MP3 desestabilitza les multinacionals del disc.
- **2000.** El temut "efecte 2000" no provoca amb prou feines problemes. En l'intermedi de la Super Bowl de futbol americà, a mitjan gener, s'anuncien 17 companyies "punt-com", que paguen 2 milions de dòlars per 30 segons d'anunci cada una. El març l'índex NASDAQ assoleix el seu pic històric: 5.048 punts; durant l'estiu s'inicia una llarga caiguda. Terra compra Lycos per 12.500 milions de dòlars, i al costat de Telefónica comença a oferir ADSL. Els operadors de cable comencen a donar servei de banda ampla domèstica a Espanya. La botiga de roba boo.com bat rècords, amb una facturació en 6 mesos de 160 milions de dòlars. Microsoft és condemnat per abusar del seu quasimonopoli en sistemes operatius. S'estima que el Web supera els 1.000 milions de pàgines.
- **2001.** Arrenca amb el plet novament llançat per les discogràfiques contra Napster per afavorir la pirateria, plet que acaba per provocar-ne el tancament. El febrer Napster havia batut el seu propi rècord, amb 13,6 milions d'usuaris. Napster tanca el juliol per ordre judicial (tornarà a sortir com a servei de pagament). America Online compra el gener Time Warner, el grup mediàtic més gran del món, en el que es considera el triomf definitiu dels nous mitjans sobre els vells. L'empresa Kozmo de venda per Internet amb lliurament ràpid fa fallida a l'abril. El seu competidor Webvan sofreix el mateix destí. El maig es llança el programa SETI@Home, el primer gran projecte de computació distribuïda; en menys d'un mes proporciona més potència de càlcul que el major superordinador disponible llavors.
- **2002.** La crisi "puntcom" es continua aprofundint. Els dominis són notícia, amb l'obertura de tres nous dominis de màxim nivell (.name per a persones, .coop per a cooperatives i .aero per a empreses aeronàutiques), que no tindran gaire èxit. L'octubre un atac concertat aconsegueix desconnectar 8 dels 13 ordinadors de què depèn tot el sistema de dominis, la qual cosa accelera els plans per a reforçar-lo. Explosió en l'ús dels blocs o *blogger*: pàgines escrites pels internautes en les quals expliquen anècdotes.

tes de les seves pròpies vides i donen a conèixer les seves opinions. El que queda de Napster és adquirit pel conglomerat alemany Bertelsmann.

- **2003.** Any de la música. La patronal musical dels EUA (RIAA) denuncia per primera vegada usuaris finals per intercanviar música en xarxes P2P. Apple treu la seva botiga de música iTunes, associada al reproductor iPod. Després de dos anys de contínua caiguda del valor AOL Time Warner elimina AOL del seu nom. Wi-Fi s'enlaira com a alternativa d'accés sense fil. Diverses plagues van escombrar Internet: des de Slammer, que es va estendre en 10 minuts, va penjar 8 servidors arrel i va afectar bancs i trànsit aeri, fins a SobigF i Blaster. Després d'una certa aturada entre el 2001 i el 2002, es recupera el vigorós ritme de creixement del nombre de servidors a la Xarxa. Aquest any també comença l'atac judicial de SCO contra Linux.
- **2004.** Comença la recuperació. Surt a borsa Google, que llança el seu correu web d'1 GB Gmail. Guerra de cercadors: Yahoo! abandona Google i compra diverses empreses, Microsoft potencia MSN Search i Amazon llança A9. La música de pagament també s'escalfa, amb l'entrada de Wal-Mart, Sony, Virgin, eBay i Microsoft; iTunes té el 70% del mercat. El navegador Firefox 1.0 fa forat en el domini de l'Explorer de Microsoft, i li arrabassa un 5%. Als EUA la banda ampla supera els mòdems i la campanya de les presidencials demostra el poder dels blocs, en l'anomenat "blogs Rathergate"; el precandidat Howard Dean usa la Xarxa per a la mobilització i recaptació de fons. A Espanya Terra ven Lycos per 105 milions de dòlars. El copyleft avança, amb l'extensió de les llicències Creative Commons.
- **2005.** Hi ha més servidors arrel fora dels EUA que al seu territori. La Xarxa té més de 300 milions d'ordinadors centrals, gairebé 60 milions de dominis actius, més de 4.000 milions de pàgines web indexades per Google i més de 900 milions de navegants. Suècia té la penetració més alta (74% de la població), i Espanya és la 22a. per accessos de banda ampla (gairebé 2,5 milions) i la 12a. per total de navegants (14 milions), però està per sota de la mitjana europea en penetració. Diversos accidents i atacs revelen informació privada a la Xarxa. Microsoft respon a Firefox amb el llançament d'una versió no prevista d'Explorer. Apple presenta l'iPod Shuffle, basat en memòria flaix. El mercat de la publicitat en línia es desperta, i diversos mitjans espanyols rellancen les seves pàgines web. A finals d'aquest any neix Youtube.
- **2006.** Apareixen els principals exponents de la revolució del Web 2.0: Facebook i Google Earth. El fenomen de la xarxa interactiva i dinàmica es comença a estendre. Es comencen a esbossar noves tendències de computació distribuïda. Apareix el terme *cloud computing*.
- **2007.** Les plataformes de descàrrega de continguts basats en tecnologies d'igual a igual aglutinen la majoria del trànsit de la xarxa. XMPP esdevé estàndard *de facto* per a les comunicacions de missatgeria instantània. Gmail deixa de ser beta i esdevé accessible per a tothom. Writely, adquirit per Google l'any anterior, és anomenat *Google Docs*. Neix Android com a sistema operatiu per a dispositius mòbils.
- **2008.** Auge en l'accés a Internet mitjançant dispositius mòbils. Àmplia adopció de la tecnologia 3G. Cinquantè aniversari del naixement de la Xarxa. El govern xinès construeix un sistema de filtratge i censura a la Xarxa per a controlar els continguts que arriben als usuaris del país asiàtic.
- **2009.** S'esbossa la Internet de les coses. Apareix 6LowPan com a iniciativa per a proveir d'adreçament IPv6 les xarxes de sensors. S'estén l'oferta de serveis a la Xarxa. Auge del *cloud computing*.
- **2010.** Facebook arriba als 400 milions d'usuaris. Google és boicotejat a la Xina. Amazon EC2 i Google Application Engine es disputen el mercat del *cloud*. IBM es desmarca de la competència pel mercat *cloud* oferint solucions basades en escriptoris remots (eyeOS). Es comença a parlar de xarxes cognitives.



Un cop digitalitzada la xarxa telefònica, el pas següent havia de ser portar la transmissió de bits fins a les cases. Això permetia, d'una banda, d'oferir als usuaris a casa seva la transmissió de dades a més de la tradicional de veu i, de l'altra, d'oferir als abonats un ventall de nous serveis associats a una comunicació enterament digital de punta a punta. Aquest servei de transmissió digital mitjançant la xarxa telefònica es coneix com a *xarxa digital de serveis integrats* (XDSI). Ofereix dos canals independents de 64 kbps, que permeten de parlar i connectar-se a Internet simultàniament, o, amb maquinari adequat, aprofitar els dos canals junts per a navegar a 128 kbps.

L'ús de la xarxa telefònica per a transmetre dades té una limitació important pel que fa al màxim de bits per segon permesos i les xarxes específiques de dades són molt cares per a l'ús domèstic. Des de la dècada dels noranta, s'han estudiat maneres d'aconseguir portar fins a les cases o les empreses un bon cabal de bits per segon (banda ampla) a un preu raonable, de manera que les noves aplicacions multimèdia es puguin explotar al màxim. Per a aconseguir aquesta banda ampla, s'han seguit dos camins completament diferents. Pel que fa al primer, s'han promogut cablatges nous amb fibra òptica que permetin aquest gran cabal, sovint duts a terme per empreses amb afany competidor contra els monopolis dominants. Aquestes xarxes s'aprofiten per a donar un servei integral: televisió, telèfon i dades. Pel que fa al segon, les companyies telefòniques de tota la vida han volgut treure partit del cablatge que ja tenen fet i, per això, s'han desenvolupat les tecnologies ADSL, que permeten de fer conviure en el bucle d'abonat el senyal telefònic i un senyal de dades que pot arribar als 8 Mbps (o 20 Mbps amb tecnologia ADSL+).

**XDSI**

La xarxa digital de serveis integrats (XDSI) correspon a les sigles RDSI en castellà i ISDN (Integrated Services Digital Network) en anglès.

## Resum

El mòdul ha introduït els conceptes fonamentals de les xarxes de computadores. Hem vist que les xarxes de computadores són una composició de sistemes de maquinari, programari i protocols que permeten la comunicació entre dispositius remots. Hem vist les topologies més comunes de les xarxes de comunicació, que també es poden classificar pel seu abast.

L'arquitectura de les xarxes de computadores està estructurada en diferents nivells. Hem vist que hi ha un model de referència anomenat *OSI* que defineix 7 nivells de xarxa. Els nivells més baixos es preocupen dels aspectes físics de la comunicació, des de la caracterització del medi a la codificació de la informació transmesa. Les capes superiors usen les interfícies d'abstracció de les seves capes subjacents i construeixen així un sistema complex que permet la transmissió estructurada d'informació entre dispositius remots. La divisió en capes i les interfícies permeten l'abstracció de les funcionalitats de les capes subjacents a les capes superiors, i permeten així que les capes es puguin modificar o canviar sense que això afecti el comportament de la xarxa. Els conceptes d'interfície i encaçalament són claus per a entendre l'estructuració en capes d'una xarxa.

No obstant això, hem vist també que el model OSI és complex i no ha estat utilitzat més enllà de fer-ho com a model de referència. En realitat Internet usa un model TCP/IP més simple però funcional. El mòdul ha presentat tots dos models i els ha comparat. Finalment el mòdul repassa la història de les comunicacions. Conèixer la història ens ajuda a entendre el perquè de determinades particularitats de les xarxes de comunicacions actuals.

En els propers mòduls aprofundirem en el coneixement dels nivells de la xarxa. En aquest curs hem pres un enfocament de dalt a baix, és a dir, des dels nivells més propers a l'aplicació fins als nivells més específics del maquinari. Aquesta aproximació pot diferir d'alguns d'altres documents de referència en què les xarxes es presenten a la inversa, primer coneixent els nivells físics i finalment presentant els nivells d'aplicació. El mòdul "Les capes de la xarxa de computadores" presenta en detall el nivells de transport, el nivell de xarxa cabdal, i els principals conceptes dels nivells d'enllaç de dades i físic, que, com veureu, estan fortament interrelacionats. El mòdul "Seguretat a la xarxa" pren un altre enfocament i ens presenta aspectes relacionats amb la seguretat de les xarxes de computadores, avui dia d'importància cabdal. El mòdul 4 ens presenta el nivell d'aplicació, en què s'aprofundeix en els conceptes fonamentals que regeixen les aplicacions a Internet (el correu, el Web, etc.). Finalment, el

mòdul "Comunicacions sense fil" aprofundeix en el coneixement de les comunicacions sense fil, que estan esdevenint l'eix principal de les tecnologies de xarxa actuals.



## **Bibliografia**

**Kurose, J.; Ross, K.** (2005). *Computer Networking: a top-down approach featuring the Internet* (5a. ed.). Boston: Addison-Wesley Publishing Company.

**Tanenbaum, A. S.** (2003). *Redes de computadores* (4a. ed.). Nova York: Prentice-Hall Professional Technical Reference.

