
Introducció

PID_00268532

Enric López i Rocafiguera
Pere Barberán Agut

Temps mínim de dedicació recomenat: 2 hores



**Enric López i Rocafiguera**

Enginyer de Telecomunicacions, en l'especialitat de Comunicacions, per l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Telecomunicació de Barcelona de la Universitat Politècnica de Catalunya. Professor de Xarxes de comunicacions i Xarxes de computadors, a les carreres d'Enginyeria Tècnica de Telecomunicacions, Enginyeria Tècnica Industrial i Enginyeria Tècnica Informàtica a l'Escola Politècnica Superior (EPS) de la Universitat de Vic (UVic). Membre del grup de recerca de la UVic. Professor del màster de Tecnologies de la informació i la comunicació a l'empresa. Ha estat cap del Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions, i membre del Consell de Direcció de l'EPS de la UVic.

**Pere Barberán Agut**

Enginyer de Telecomunicacions per la Universitat Politècnica de Catalunya. Professor de l'Escola Universitària Politècnica de Mataró, on forma part de l'àrea de Xarxes i Serveis. De 2005 a 2010 ha estat director del Departament de Telecomunicacions i Arquitectura de Computadors. Actualment responsable tècnic del laboratori de *networking* TCM NetLab a la Fundació Tecnocampus Mataró-Maresme.

La revisió d'aquest recurs d'aprenentatge UOC ha estat coordinada pel professor: Ferran Adelantado Freixer (2019)

Segona edició: setembre 2019

© Enric López i Rocafiguera, Pere Barberán Agut

Tots els drets reservats

© d'aquesta edició, FUOC, 2019

Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona

Realització editorial: FUOC

Cap part d'aquesta publicació, incloent-hi el disseny general i la coberta, no pot ser copiada, reproduïda, emmagatzemada o transmesa de cap manera ni per cap mitjà, tant si és elèctric com químic, mecànic, òptic, de gravació, de fotocòpia o per altres mètodes, sense l'autorització prèvia per escrit dels titulars del copyright.

Índex

Introducció	5
Objectius	6
1. Conceptes bàsics sobre xarxes	7
1.1. Xarxa de comunicacions	7
1.1.1. Classificació de les xarxes segons l'explotació: públiques i privades	7
1.1.2. Interconnexió de xarxes	8
1.1.3. Classificació de les xarxes segons la cobertura i la tecnologia: LAN i WAN	9
1.2. Les xarxes WAN	10
1.3. Models de referència. El model OSI	11
1.3.1. El model OSI	11
1.3.2. Conceptes bàsics d'OSI	12
1.3.3. Estructura en nivells. Funcionalitat de cada nivell	12
1.3.4. Comunicació entre nivells OSI	14
1.4. Xarxa commutada	16
1.4.1. Commutació	16
1.4.2. Multiplexatge	16
1.5. Classificació dels tipus de commutació de dades	18
1.6. Serveis de xarxa	19

Introducció

Aquest mòdul descriu els conceptes bàsics i les diverses classificacions existents de les xarxes de transmissió de dades.

A més, es repassa el concepte d'arquitectura de protocols en capes per a acabar definint el model de referència per a la interconnexió (OSI). Aquest model ens permet descriure les diverses funcions d'un sistema de comunicacions.

Objectius

Aquests materials didàctics han de permetre que els estudiants assolint els objectius següents:

- 1.** Conèixer els diferents tipus de xarxes de comunicacions: classificació i estructura.
- 2.** Conèixer el concepte de protocol en capes i el model de referència per a la interconnexió OSI.
- 3.** Conèixer els principis bàsics de funcionament de les xarxes WAN.
- 4.** Diferenciar les diverses tècniques de commutació de dades.

1. Conceptes bàsics sobre xarxes

1.1. Xarxa de comunicacions

Un sistema de telecomunicació és un conjunt de mitjans de tipus físic, lògic i organitzatiu que permeten oferir un servei de telecomunicació. Està format per una xarxa, per equips terminals i recursos tècnics i humans addicionals per a mantenir-lo, gestionar-lo i explotar-lo. ⚠

Podem definir una xarxa de comunicacions com un conjunt de mitjans de transmissió i commutació per a l'enviament d'informació entre punts separats geogràficament.

Aquesta definició resulta molt general i actualment hi ha molts tipus d'implementacions diferents que responen a necessitats específiques, com ara xarxes d'accés de dades, xarxes troncal, xarxes sense fil, etc.

Encara que puguin establir-se multitud de criteris, les xarxes es classifiquen tradicionalment segons tres paràmetres: velocitat d'accés, cobertura i tipus de propietat/explotació.

1.1.1. Classificació de les xarxes segons l'explotació: públiques i privades

Segons com sigui la forma d'administrar les xarxes podem parlar dels tipus de xarxes següents:

1) **Xarxa pública.** És una xarxa que lloga línies de comunicació als usuaris per a connectar-los amb altres usuaris o amb servidors. En aquestes xarxes l'usuari no administra les línies de comunicacions, sinó que estan administrades per l'operador de telecomunicacions. El requeriment necessari per a poder-la utilitzar és disposar dels mitjans tècnics per poder-s'hi connectar. Aquestes xarxes solen usar tecnologia WAN i els protocols corresponents.

WAN és la sigla de *wide area network*.

2) **Xarxa privada.** És una xarxa que administra les seves pròpies línies de comunicacions. Són xarxes que operen amb una finalitat determinada i els usuaris pertanyen a una corporació o a diverses corporacions amb interessos comuns.

LAN és la sigla de *local area network*.

3) **Xarxa privada virtual.** És una xarxa privada, és a dir, administrada pel propietari de la xarxa, però que utilitza una xarxa pública, és a dir, administrada per un operador per a interconnectar els seus usuaris. Aquestes xarxes poden usar tecnologia LAN o WAN.

Exemples de xarxes privades

Alguns exemples de xarxes privades són xarxes dissenyades per a aplicacions molt específiques (reserva de bitllets), xarxes d'empreses, xarxes militars, xarxes multiorganitzatives (caixers automàtics). Aquestes xarxes poden usar tecnologia LAN o WAN.

1.1.2. Interconnexió de xarxes

La interconnexió de xarxes està formada per una col·lecció de xarxes individuals connectades per dispositius d'interconnexió que funciona com una xarxa única.

Interconnexió de xarxes en anglès és internetworking.

La xarxa Internet és l'exemple més comú; és una única xarxa que connecta milions de computadors. Així, la interconnexió de xarxes fa referència a la indústria i als productes que estan relacionats amb el disseny, la implementació i l'administració de xarxes interconnectades. La interconnexió de xarxes ha evolucionat com una solució a tres problemes:

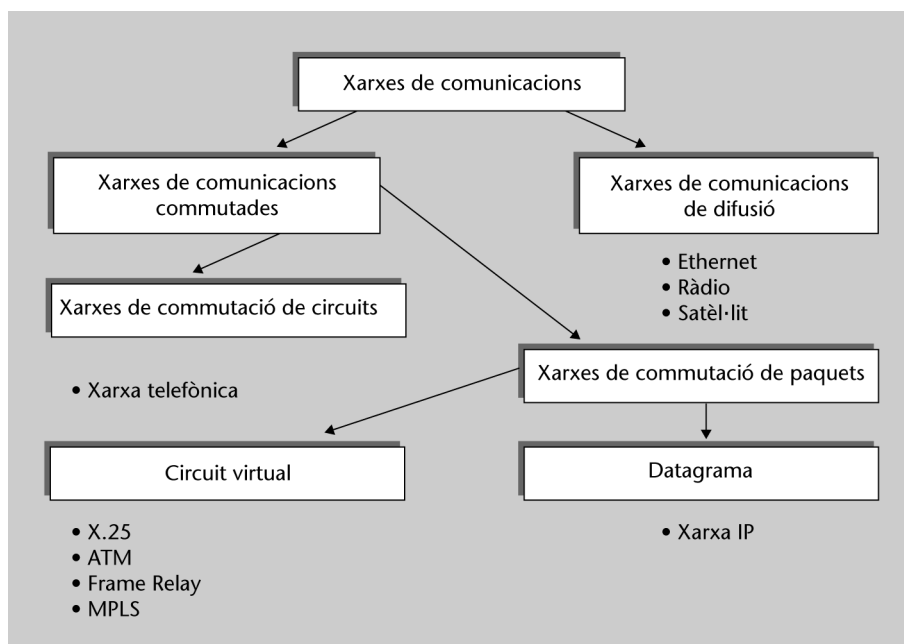
- Aïllament de les xarxes LAN.
- Duplicació de recursos.
- Falta de gestió de xarxa.

La duplicació de recursos fa referència al fet de tenir el mateix maquinari i programari en més d'un departament o oficina. La gestió de xarxa es refereix al fet que no hi havia un mètode de gestió i resolució de problemes centralitzat.

Desenvolupar una *internetwork* no és una tasca senzilla. Cal afrontar diversos reptes associats a les àrees següents: connectivitat, fiabilitat, gestió de xarxa i flexibilitat, entre altres.

El repte final quan connectem sistemes diversos és poder suportar una comunicació entre tecnologies dispars.

Figura 1. Classificació de les xarxes de comunicacions



Una classificació molt interessant de les xarxes de comunicacions les divideix en dues categories: **xarxes de comunicacions commutades** i **xarxes de comunicacions de difusió**. Com es mostra a la figura anterior, a la vegada les xarxes commutades es poden classificar en **commutació de circuits** i **commutació de paquets**. La commutació de paquets, novament, es pot classificar en **xarxes orientades a connexió** i **xarxes sense connexió**.

En commutació de circuits perquè dos usuaris es puguin comunicar cal tenir un circuit o una connexió establerta dintre de la xarxa. L'exemple típic és la xarxa telefònica. Durant la transmissió la connexió és dedicada encara que no es transfereixi cap mena d'informació.

La commutació de circuits és una bona solució per a la veu però no és una solució òptima per a la transferència de dades a ràfegues.

En el cas de la commutació de paquets, la informació s'envia en paquets, els quals passen a través de la xarxa de node a node fins arribar a la destinació. Per a tenir un servei fiable s'incorporen mecanismes de control d'errors i de flux. La commutació de paquets pot usar dues tècniques diferents: **circuit virtual i datagrames**.

Una xarxa de difusió té un únic canal de comunicació que es comparteix per totes les estacions. Les dades transmises per una estació són rebudes per totes les estacions. Per a regular l'ordre de transmissió hi ha tècniques de control d'accés al medi. Les xarxes de paquets de ràdio o les xarxes de comunicació via satèl·lit són exemples típics de xarxes de difusió.

1.1.3. Classificació de les xarxes segons la cobertura i la tecnologia: LAN i WAN

Podem fer una classificació de les xarxes de computadors segons la seva tecnologia i l'àrea de cobertura de la manera següent:

1) **Xarxes d'àrea local (LAN)**. Es caracteritzen per tenir velocitats d'accés elevades (de 0,2 a 16 Mbit/s i fins a 1.000 Mbit/s) i estan dissenyades per cobrir una àrea geogràfica reduïda, com un edifici, un campus o una empresa (de 200 m a 5 km) i de propietat/explotació privada. Estan pensades per satisfer les necessitats internes i utilitzen estàndards de l'IEEE.

2) **Xarxes d'àrea metropolitana (MAN)**. Es caracteritzen per tenir velocitats d'accés molt elevades (de 30 a 150 Mbit/s i fins als 10 Gbit/s). Estan destinades a cobrir les necessitats d'una ciutat o una zona de perímetre de radi d'uns 10 a 50 km. La seva propietat/explotació està entre pública i privada. Els operadors solen ser les empreses que ofereixen serveis amb xarxes de comunicacions públiques i permeten unir xarxes LAN. Actualment es confonen amb les xarxes d'àrea local i de gran abast d'alta velocitat. Utilitzen estàndards IEEE. Exemples d'aquest tipus de xarxes són actualment *metroEthernet* o *multiprotocol label switching* (MPLS).

Tècnica de commutació de paquets

Exemples de xarxes que treballen amb la tècnica de circuits virtuals serien ATM, Frame Relay o MPLS, mentre que en el cas dels datagrames tindriem la xarxa IP.

Exemples de xarxes LAN

Alguns exemples de xarxes LAN són Ethernet (IEEE 802.3), Token Ring (IEEE 802.5), AppleTalk (propietatària d'Apple), etc.


MAN és la sigla de *metropolitan area network*.

IEEE i ITU-T

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) i la ITU-T (International Telecommunications Union - Telecommunications Standardization Section) són dos organismes estandaritzadors internacionals.

3) **Xarxes de gran abast (WAN)**. Es caracteritzen per tenir una velocitat d'accés molt variada (d'1 a 64 kbit/s i fins a Mbit/s) i estan dissenyades per cobrir tot el planeta. Són construïdes i estan operades per empreses que ofereixen serveis públics a cada país, incloses les administracions públiques, o empreses que utilitzen la xarxa pública com a suport per a establir els seus enllaços. Utilitzen estàndards internacionals normalment desenvolupats per la ITU-T. La més estesa és **Internet**. Altres exemples d'aquest tipus de xarxes són la xarxa telefònica commutada i la XDSI, les xarxes de dades amb estàndard X.25, etc.

1.2. Les xarxes WAN

Les xarxes WAN són xarxes d'àmbit estatal o mundial que han de travessar espais públics o privats no relacionats amb la xarxa. Per això requereixen un disseny completament diferent i, a més, obliguen a refiar-se d'algun organisme, públic o privat, que tingui potestat per a estendre les línies de comunicació per espais públics. 

Les xarxes WAN depenen de les lleis elaborades per les autoritats de l'àmbit on actuen (locals, autonòmiques, estatals, europees, etc.) i són propietat d'empreses que ofereixen el servei de telecomunicacions. La gestió de la xarxa la tenen els operadors de telecomunicacions, com són les companyies telefòniques. Aquestes empreses han d'oferir el servei sense discriminació.

Les tecnologies WAN operen en les tres capes inferiors del model OSI, això fa que permetin disposar d'una gran connectivitat entre diferents tipus de xarxes i dels seus propis protocols. Les WAN permeten accedir a:

- Altres xarxes LAN (pròpies) o WAN.
- Altres terminals remots, ja siguin privats o de la mateixa empresa.
- ISP (*Internet service provider*): proveïdors de serveis d'Internet que ofereixen serveis de correu electrònic, web o notícies (*news*).

Així com les principals limitacions de les xarxes LAN són el nombre de terminals connectats i la seva cobertura, una WAN és una xarxa que permet connectar un gran nombre de terminals a grans distàncies.

La topologia de la xarxa no és un factor crític a l'hora de dissenyar una xarxa WAN, contràriament al que passa amb les xarxes d'àrea local. El millor seria interconnectar els nodes de forma mallada, però això no és viable. A la pràctica, l'únic que cal és que hi hagi un camí a través de la xarxa per poder transmetre la informació entre qualsevol parell de terminals.

En l'apartat 1.4, veurem els principis de funcionament i les característiques més importants d'aquest tipus de xarxes i analitzarem alguns dels aspectes clau del seu disseny. Presentarem també alguns exemples de xarxes de gran abast que podem trobar avui en dia.

Extensió de les xarxes WAN

Les xarxes WAN s'estenen més enllà de l'abast que poden controlar els seus usuaris: travessen carrers, ciutats, països.

Els ISP són xarxes privades que permeten l'accés a Internet.

1.3. Models de referència. El model OSI

Quan es planteja el disseny d'una xarxa hem de solucionar diversos problemes que ens permetin aconseguir una comunicació eficaç i transparent entre equips finals: transmissió de bits, accés al medi de transmissió, control d'errors, xifratge de les dades, etc. Per a poder cobrir tots aquests aspectes de manera senzilla s'aborda el disseny en capes, i això vol dir que s'agrupen funcions o tasques relacionades. Això permet obtenir un sistema més modular i, en conseqüència, més flexible.

El model en capes permet simplificar el disseny i la implementació de les xarxes de dades. Aquesta simplificació s'aconsegueix mitjançant la divisió en diferents nivells d'abstracció i la independència entre aquests nivells. Cada capa o nivell fa un conjunt de tasques que ofereixen serveis a la capa superior. La implementació de cadascuna d'aquestes funcions o tasques és transparent per a les altres capes, de manera que amb una definició correcta de les interfícies entre les capes s'aconsegueix una veritable independència.

El conjunt de capes definit i les funcions associades a aquestes es denominen *model de referència*. Des de tots els punts de vista interessa que hi hagi estàndards que permetin que hi hagi bàsicament competència.

Estàndard

Norma acceptada de manera general. Pot ser *de facto*, per mitjà d'un procés espontani, o com a conseqüència d'una acceptació formal.

1.3.1. El model OSI

El model de referència OSI descriu com la informació des d'un programari d'aplicació en un ordinador es mou a través de la xarxa a un programari d'aplicació d'un altre ordinador.

El 1977 la ISO va arribar a la conclusió que a causa de la complexitat de les tasques de comunicacions no era suficient una normalització, sinó que era necessari dividir les funcions en parts que es poguessin manejar millor i organitzar-les com una arquitectura de comunicacions. El comitè d'estandarització ISO el 1984 va crear una llista amb totes les funcions que es requereixen per a enviar dades i les van dividir en set categories o nivells. Aquest model es coneix com a model OSI (*open system interconnection model*), i és un model conceptual.

OSI és la sigla d'*open system interconnection model*.

El més important d'aquest model, i per aquest motiu s'explica encara que es pugui considerar obsolet, és el fet que serveix com a model de referència, és a dir, permet conèixer les funcions bàsiques dels protocols "reals" en funció de la seva situació dintre del model OSI.

Nota

No us confongueu: ISO és l'organització i OSI és el model.

Alguns dels organismes més coneguts en el món de les xarxes i les comunicacions són els següents:

ISO (International Organization for Standardization).
IAB (Internet Architecture Board).
ITU (International Telecommunication Union).
ETSI (European Telecommunication Standards Institute).
IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers).
ANSI (American National Standards Institute).
NIST (National Institute of Standards and Technology).
EIA (Electronic Industries Alliance).

El model OSI representa totes les coses que han de succeir per a enviar dades. El que cal recordar és que el model no especifica com s'han de fer aquestes coses, sinó el que s'ha de fer.

1.3.2. Conceptes bàsics d'OSI

En aquest subapartat es definiran diversos conceptes que s'utilitzen molt sovint dintre del model OSI:

- **Servei:** són un conjunt de primitives que una capa proporciona a la capa següent superior. El servei defineix les operacions que la capa efectuarà en servei dels seus usuaris, però no diu res de com es faran aquestes operacions. Un servei es refereix a una interfície entre les capes, de manera que la capa inferior és la que proveeix el servei i la superior la que l'utilitza.
- **Protocol:** a diferència del servei, és un conjunt de regles que governen el format i el significat de les trames, els paquets o els missatges que són intercanviats per les entitats corresponents dintre d'una capa.
- **Interfície:** la interfície indica on s'ofereix el servei, és a dir, on cal dirigir-se per a sol·licitar el servei.

Per a cada nivell es defineixen diversos serveis, i la manera com s'implementen és mitjançant protocols. El lloc situat entre dues capes al qual s'ha de dirigir l'usuari perquè li ofereixin un servei és el punt d'accés al servei (SAP).

1.3.3. Estructura en nivells. Funcionalitat de cada nivell

Com és sabut, els set nivells són els següents:

- 1) **Nivell 7. Aplicació.** És el nivell OSI més proper a l'usuari, la qual cosa vol dir que tant el nivell OSI com l'usuari interactuen directament amb el programari d'aplicació.
- 2) **Nivell 6. Presentació.** Proporciona funcions de codificació i conversió que són aplicades a les dades d'aplicació. Aquestes funcions asseguren que la informació enviada des del nivell d'aplicació d'un sistema sigui intel·ligible per al nivell d'aplicació de l'altre sistema.

3) **Nivell 5. Sessió.** Estableix, gestiona i finalitza les sessions de comunicació. Les tasques específiques són: control de diàleg i sincronització.

4) **Nivell 4. Transport.** Accepta dades del nivell de sessió i segmenta les dades per al transport per la xarxa. És el responsable de l'entrega extrem a extrem de tot el missatge. Les tasques principals són: adreçament en punt de servei, segmentació i reassemblatge, control de connexió i control d'errors.

5) **Nivell 3. Xarxa.** És l'encarregat de l'entrega de paquets des de l'origen fins a la destinació. Les tasques més importants són: adreçament lògic i encaminament.

6) **Nivell 2. Enllaç.** Proporciona una transmissió fiable a través de l'enllaç físic de xarxa. Les tasques més importants són: entramat, adreçament físic, control de flux i control d'errors.

L'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) ha subdividit el nivell d'enllaç:

- Control lògic de l'enllaç (*logical link control, LLC*).
- Control d'accés al medi (*media access control, MAC*).

7) **Nivell 1. Físic.** Defineix les especificacions elèctriques, mecàniques, de procediment i funcionals per a activar, mantenir i desactivar l'enllaç físic de comunicació entre dispositius de xarxa.

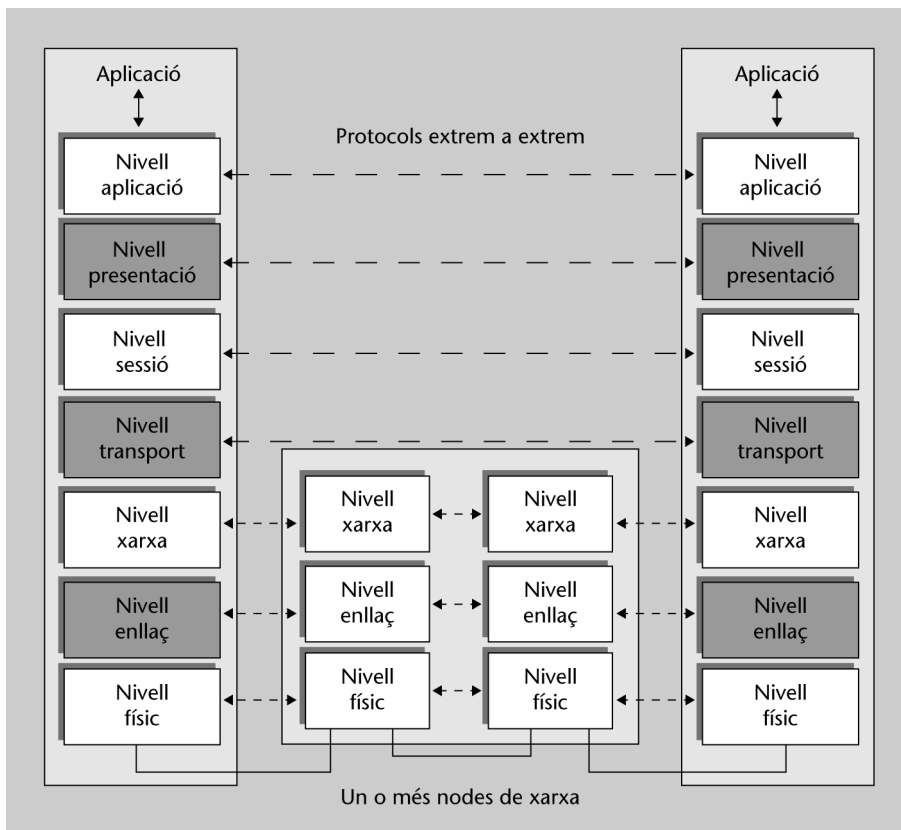
L'entrega

Cal diferenciar entre l'entrega que es fa pel que fa al transport i a la xarxa. En aquest segon cas es fa entre dispositius, mentre que en el cas de la capa de transport l'entrega de missatge és entre "processos" dintre del dispositiu. Podem tenir diversos processos en un mateix dispositiu, i per tant cal enviar el missatge al procés correcte.

Nota

És important no confondre l'adreçament físic amb l'adreçament lògic. En el primer cas està lligat a una xarxa específica, mentre que el segon cas s'encarrega de l'adreçament independentment de la xarxa en què ens trobem.

Figura 2. Model de referència OSI



Aquests nivells es poden agrupar en nivells alts (5-7) i nivells baixos (1-4). Els nivells alts estan associats a serveis i els baixos al transport de dades.

A la vegada, els tres nivells alts actualment se solen agrupar en un únic nivell anomenat d'*aplicació*.

Hi ha funcions que són responsabilitat de totes les capes, com poden ser el control d'errors, el control de flux, l'adreçament i la seguretat. Cada capa farà el que està dintre del seu abast en aquest nivell, i contribuirà a la funció general. Per exemple, el control de flux es farà en diferents capes per a poder controlar punt per punt (capa d'enllaç) i extrem per extrem (capa de transport).

El model OSI, com hem dit, proporciona un marc de treball conceptual per a la comunicació entre ordinadors, però el model per si mateix no és un mètode de comunicació. Les comunicacions actuals són possibles gràcies a l'ús dels protocols de comunicacions.

Un protocol és un conjunt formal de regles i convencions que governen com els ordinadors intercanvien la informació a través de la xarxa.

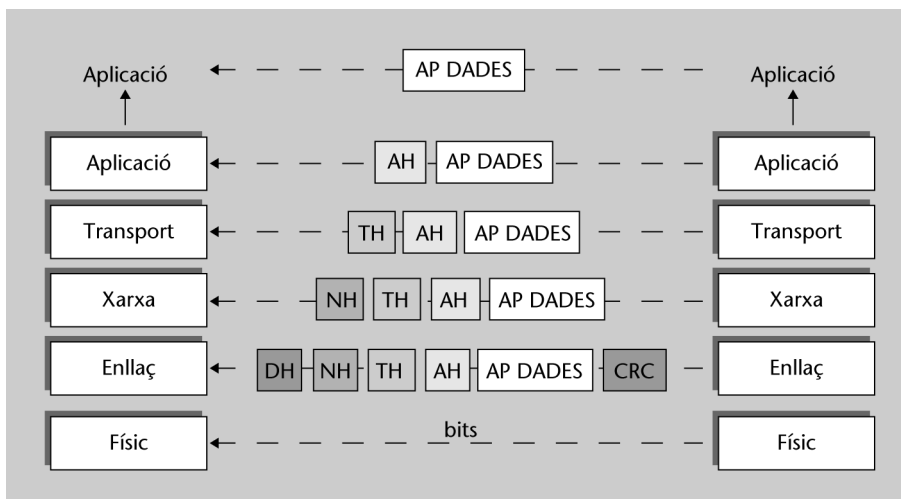
1.3.4. Comunicació entre nivells OSI

En termes del model OSI, la informació s'intercanvia entre parelles del mateix nivell, és a dir, del nivell d'aplicació d'un client al nivell d'aplicació de l'altre. Per a aconseguir-ho, la informació de capa d'aplicació ha de passar per nivells inferiors del mateix ordinador. A més, les dades de cada nivell són encapsulades per la capçalera apropiada de cada nivell. Així, cada nivell afegeix la seva pròpia informació al missatge rebut del nivell superior i passa tot el paquet al nivell inferior. La informació s'afegeix en forma de capçalera o cua.

Capçalera o cua

Les capçaleres s'afegeixen a les dades en els nivells 6, 5, 4, 3 i 2. Les cues s'afegeixen habitualment en el nivell 2.

Figura 3. Comunicació entre nivells OSI



El grup de dades usat per a l'intercanvi d'informació en un nivell OSI concret es coneix com a *unitat de dades del protocol* (PDU). Així, el PDU a nivell 4 s'anomena *segment*, a nivell 3 *paquet* i a nivell 2 *trama*. Com veieu, la mida total de la informació es va incrementant a mesura que es va baixant de nivell.

PDU és la sigla de *protocol data unit* ('unitat de dades del protocol').

- **Amb qui interactua cada nivell?** Cada nivell interactua amb el nivell que té directament per sobre, el que té directament per sota i el mateix nivell del dispositiu remot.
- **A qui ofereix serveis cada nivell?** Cada nivell ofereix serveis als nivells adjacents.

Ho explicarem amb calma. Hi ha tres elements bàsics involucrats en els serveis d'un nivell: l'usuari del servei, el proveïdor del servei i el punt d'accés al servei (SAP).

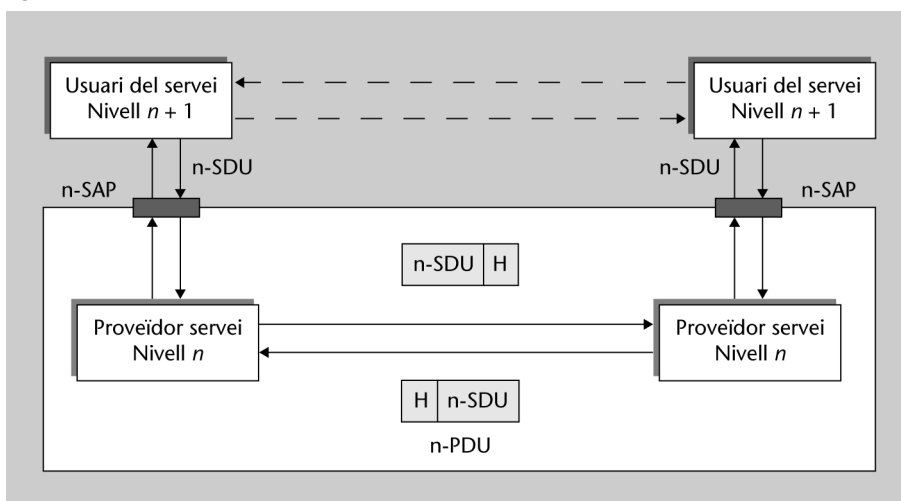
SAP és la sigla de *service access point* ('punt d'accés al servei').

En aquest context, l'usuari del servei és el nivell OSI que demanda un servei del nivell OSI adjacent. El proveïdor és el nivell OSI que proporciona el servei a l'usuari. Els nivells OSI poden oferir servei a múltiples usuaris de servei. Finalment el SAP és un punt conceptual que permet la interacció d'un nivell amb el seu adjacent per a demandar serveis.

Els nivells OSI tenen diversos mecanismes de control d'informació entre nivells iguals d'ordinadors diferents. Aquests mecanismes de control són instruccions i peticions específiques entre capes OSI del mateix nivell.

Aquesta informació de control està associada normalment a les capçaleres. Cada nivell sol incloure les seves pròpies capçaleres. Així, la part de dades d'una capa pot incloure capçaleres de les capes superiors. Això es coneix, com ja hem dit anteriorment, amb el nom d'*encapsulament*.

Figura 4. Comunicació vertical i horitzontal



Com es veu a la figura la PDU de nivell n està formada pel *service data unit* (SDU) d'aquest mateix nivell, que és la informació per enviar, i la capçalera de la capa n . Aquesta PDU passaria al nivell inferior $n - 1$ a través del punt d'accés al servei, i passaria a ser l'SDU del nivell $n - 1$.

1.4. Xarxa commutada

Segons la connexió entre els punts remots d'una xarxa commutada podem distingir els tipus de xarxa següents:

- **Punt a punt.** No es comparteixen recursos.
- **Xarxa commutada.** Es comparteixen recursos amb altres empreses. Una empresa de serveis gestiona l'assignació d'aquests recursos.
- **Mixtes.** S'utilitzen xarxes punt a punt per a les connexions de més trànsit i commutades per a les de trànsit menor.

Els nodes d'una WAN són **commutadors d'accés** o **troncals** i són els elements bàsics que componen la xarxa WAN. Les funcions bàsiques d'aquests nodes són les següents:

- **Commutació:** transmeten les dades des dels ports d'entrada a qualsevol dels ports de sortida.
- **Multiplexatge:** comparteixen la capacitat de la línia.

Els nodes fan les funcions de commutació i multiplexatge.

1.4.1. Commutació

La commutació permet la transmissió d'informació des d'un node origen fins a un de destinació a través d'un mitjà compartit, gràcies als nodes intermedis que actuen com a elements actius en l'encaminament de la informació, dirigint les dades. Per tant, permeten:

- Encaminar (*routing*).
- Gestionar la xarxa, el trànsit i la congestió.

1.4.2. Multiplexatge

Multiplexar consisteix a compartir la capacitat de la línia de manera que es pugui aconseguir una major eficiència i, per tant, una utilització òptima. Les tres principals tècniques de multiplexatge en comunicacions són les següents:

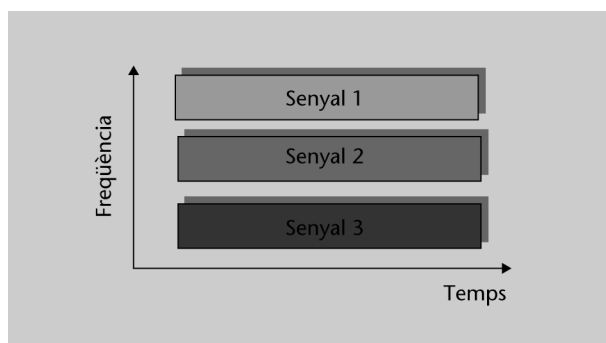
- FDM, multiplexatge per divisió de freqüència,

- TDM síncron, multiplexatge per divisió de temps,
- TDM estadístic o asíncron.

1) **FDM (*frequency division multiplexing*)**. Els diversos senyals, de banda limitada, es modulen a diferents portadores prou separades en freqüència i se'n transmet la suma. La modulació suposa una translació de l'espectre dels senyals. D'aquesta manera, els diferents senyals, encara que es transmeten simultàniament en el temps, queden separats des del punt de vista freqüencial.

La recuperació dels senyals originals al receptor (desmultiplexatge) es fa per mitjà de filtres passabanda i desmoduladors. Les tècniques d'FDM són bàsicament analògiques i comporten un cert cost i complexitat.

Figura 5. Multiplexatge FDM

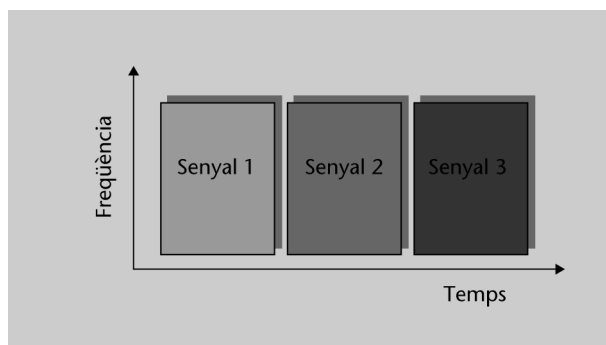


Exemples d'utilització de tècniques d'FDM

Alguns exemples d'utilització de tècniques d'FDM són la majoria de les comunicacions que es duen a terme sobre mitjans no guiats (difusió de ràdio i televisió, telefonia mòbil, missatgeria, etc.). També s'utilitza en mitjans guiats (televisió per cable, algunes xarxes locals de banda ampla i les tècniques de WDM, *wavelength division multiplex*, és a dir, l'ús de diverses portadores lluminoses, colors, utilitzades per a augmentar la capacitat de les fibres òptiques).

2) **TDM (*time division multiplexing*)**. Els senyals digitals es trossegueixen en grups de bits o bytes que es transmeten a major velocitat que l'original, uns després dels altres i seguint un procés cíclic. En aquest cas, cadascun dels senyals utilitza tota l'amplada de banda disponible en tota la transmissió però mai coincidint en el temps. L'estructura de bits que transporta una part de cada un dels senyals per multiplexar, i que es repeteix cíclicament en el temps, s'anomena **trama**. Dins seu, el grup de bits que pertanyen a un mateix senyal s'anomena unitat de temps (**time slot**). Com que una trama ha de contenir les parts d'informació de tots els N canals per multiplexar en el mateix temps inicial, aquesta trama haurà de tenir una velocitat (en bit/s) N vegades superior a la dels senyals originals. Es pot dir que les tècniques TDM són bàsicament digitals i per a senyals digitals, i el seu cost i complexitat són més reduïts.

Figura 6. Multiplexatge TDM



Exemple d'utilització de tècniques de TDM

Un exemple de digitalització i multiplexatge són els canals de veu en les xarxes telefòniques: els canals analògics de veu, amb una amplada de banda d'uns 3,1 kHz, es digitalitzen a 8.000 mostres/s, cada mostra amb 8 bits; això ens dona el canal digital bàsic de 64 kbit/s de nombroses xarxes. En els enllaços troncal el primer nivell de multiplexatge es fa prenent 32 canals de 64 kbit/s cada un. Això constitueix l'anomenat enllaç E1, la velocitat del qual és de 2,048 Mbit/s (d'aplicació a Europa i altres parts del món excepte als EUA i al Japó).

L'accés bàsic a la XDSI (xarxa digital de serveis integrats), també anomenat 2B+D, està construït pel multiplexatge de 2 canals B (per a trànsit de veu i dades) de 64 kbit/s cada un i un canal D (per a senyalització usuari/xarxa i dades a baixa velocitat) de 16 kbit/s. L'accés primari a la XDSI es fa a partir d'un enllaç E1 amb algunes modificacions.

3) TDM síncron. Es tracta de transmetre diversos canals d'informació digital, intercalats en el temps, que s'anomena multiplexatge per divisió del temps (TDM). Les velocitats de transmissió d'entrada són inferiors a les de sortida, ja que es tracta d'un multiplexatge TDM. Aquests sistemes són síncrons, és a dir, tots els rellotges de tots els dispositius implicats s'han de sincronitzar a partir d'un rellotge principal que pertanyerà a un dels dispositius.

4) TDM asíncron o estadístic (STDM: *statistical TDM*). Aquest tipus de multiplexatge assigna dinàmicament les unitats de temps segons demanda. A diferència del TDM en què hi ha n canals i n unitats de temps, en aquest cas hi ha n canals però només k unitats de temps ($k < n$). L'amplada de banda s'aprofita més amb STDM, ja que amb TDM si un canal no té informació per enviar, es malgasta la seva amplada de banda. Generalment aquests multiplexadors usen un protocol asíncron com pot ser l'HDLC. A mesura que arriba informació per transmetre, és inserida en el camp d'informació de la trama HDLC. Els receptors descomponen la trama HDLC. Els multiplexadors estadístics són ideals per a la transmissió de dades de transmissions asíncrones. No obstant això, també poden multiplexar protocols síncrons.

HDLC

El HDLC (*high level data link control*) és un protocol desenvolupat per l'ISO per gestionar la transferència d'informació sèrie síncrona a nivell d'enllaç.

1.5. Classificació dels tipus de commutació de dades

El tipus de commutació depèn del tipus de comunicació, que pot ser analògica o digital. Les comunicacions analògiques utilitzen **commutació de circuits**,

com és el cas de la telefonia convencional (XTC). Les línies de comunicacions digitals bàsicament poden ser:

- per **commutació de circuits** i
- per **commutació de paquets o de cel·les**.

Hi ha dos tipus de commutació:

- **Commutació de circuits** (telefonia convencional, XDSI)
- **Commutació de paquets** (X.25, Frame Relay) o **de cel·les** (ATM)

1.6. Serveis de xarxa

Cal que distingim entre servei i xarxa. Un servei de telecomunicacions és el valor afegit que percep l'usuari d'una determinada xarxa. Una xarxa de comunicacions és el conjunt d'equips i facilitats que proporcionen un servei de transferència d'informació entre usuaris a distància.

En relació amb els serveis, els podem classificar en els tipus següents:

- **Teleserveis**. Són els serveis que s'ofereixen a l'usuari en l'àmbit d'equip terminal i, per tant, depenen del terminal utilitzat. Per exemple, el servei de telefonia.
- **Serveis portadors**. Són aquells que s'ofereixen entre punts d'accés a la xarxa, no entre terminals.

Exemple de servei portador

El servei portador de la xarxa telefònica tradicional és aquell que permet l'enviament, entre punts situats en qualsevol lloc de la terra, de senyals analògics en el marge de freqüències comprès entre 300 i 3.400 Hz, en mode *full-duplex*, amb retard inferior a uns 200 ms i amb una distorsió i soroll determinats. Aquest servei portador és el que permet oferir els teleserveis de telefonia, facsímil, etc.

- **Serveis suplementaris (o serveis de valor afegit)**. No són serveis en si mateixos, sinó més aviat millores o complements d'algun teleservei.

Els serveis que ofereixen les xarxes també poden classificar-se segons la forma en què s'estableixen i finalitzen. Així, es pot parlar dels serveis següents:

1) **Serveis orientats a connexió**. Aquests serveis es realitzen en tres fases:

a) Fase d'establiment de la trucada. Abans d'estar disponibles requereixen una fase on s'efectua una reserva de recursos (físics o virtuals). Els recursos poden ser *buffers*, velocitat de transmissió, amplada de banda, canals, etc.

Serveis per la xarxa telefònica commutada

La telefonia, el fax i la transmissió de dades entre ordinadors són serveis suportats per la xarxa telefònica commutada.

Exemple de servei suplementari

Serveis suplementaris associats al teleservei de telefonia ho són totes les facilitats de marcació abreuçada, desviació de trucades, cobrament revertit, indicació de trucada en espera, etc.

- b) Fase de transferència de la informació.
- c) Fase de desconnexió de la trucada, on s'alliberen els recursos reservats.

Exemple de servei orientat a connexió

El servei de telefonia és un servei orientat a connexió, ja que es fa en les tres fases: una fase d'establiment on s'especifica l'adreça de la destinació, s'analitza la viabilitat d'establir el servei i es reserven els recursos necessaris a la xarxa. Posteriorment es passa a la fase de conversa telefònica i, finalment, a la fase de desconnexió de la trucada en què s'alliberen els recursos reservats.

2) **Serveis no orientats a connexió.** En els serveis no orientats a connexió només hi ha la fase de transferència de la informació. Aquests serveis estan disponibles sense cap procediment previ. En aquesta única fase es transfereix directament la informació encapsulada en paquets sense que hi hagi una reserva prèvia de recursos. La xarxa intentarà transmetre els paquets, però no ho garanteix.

Exemple de servei no orientat a connexió

Un exemple de servei no orientat a connexió són les xarxes de dades IP (*Internet protocol*), on els datagrames, que contenen l'adreça de destinació, s'envien per la xarxa sense cap procés previ ni posterior.