
Les capes inferiors del model OSI

PID_00218425

Ramon Musach Pi

Índex

Introducció.....	5
1. Classificació de les xarxes d'ordinadors.....	7
1.1. Topologies de xarxes	7
1.2. Abast	9
1.3. Tecnologies de xarxa	9
2. El nivell físic.....	12
2.1. Medis físics de transmissió	12
2.1.1. El cablatge de coure	14
2.1.2. La fibra òptica	16
2.1.3. L'aire o el buit	17
3. El nivell d'enllaç i el control d'accés al medi.....	18
3.1. Les subcapes de la capa d'enllaç	19
3.2. On es troben implementades les funcionalitats de la capa d'enllaç?	20
3.3. CSMA i CSMA/CD: protocols d'accés al medi	22
4. Dispositius que actuen en els nivells inferiors de la xarxa.....	24
5. Tecnologies d'accés.....	27
5.1. RTB. Xarxa de telefonia bàsica	27
5.2. XDSI	28
5.3. ADSL	28
5.4. Xarxes de fibra òptica	29
5.5. Sense fils (<i>wireless</i>)	29
5.5.1. Bluetooth, NFC, RFID	31
5.5.2. Wi-Fi	32
5.5.3. WiMAX	33
5.6. PLC	34

Introducció

Amb aquest mòdul, començarem a entrar amb detall en el funcionament dels diferents nivells o capes de la xarxa, per a poder disposar d'una bona visió del **funcionament intern d'una xarxa de computadors**, ja sigui d'àrea local o d'àrea més extensa, com Internet. Aquest aprofundiment el farem durant 4 mòduls, incloent aquest. En concret, ens endinsarem en els serveis i protocols de cadascuna de les capes.

Començarem amb els nivells més propers al maquinari fins arribar als més propers a les aplicacions. Pel que fa a aquest mòdul tractarem els nivells més baixos de la torre OSI, 1) el **nivell físic** i 2) el **nivell d'enllaç** i el **control d'accés al medi**.

1. Classificació de les xarxes d'ordinadors

Abans d'endinsar-nos en els nivells d'una xarxa de computadors, cal presentar les diferents classificacions que existeixen depenent de la topologia, l'abast i la tecnologia de xarxa, entre d'altres. Classificacions totes elles ben relacionades amb els nivells que tractarem en aquest mòdul.

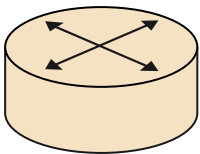
1.1. Topologies de xarxes

La topologia d'una xarxa defineix de quina forma es connecten les estacions (o entitats o també nodes) que la formen al medi de transmissió.

En les xarxes actuals, tenim **tres tipus d'entitats**:

- Els equips finals, també anomenats **amfitrions** (en anglès, *hosts*).
- Els equips intermedis, també anomenats **commutadors** o **encaminadors** (en anglès, *routers*).
- Els **enllaços** que uneixen entre si els equips finals i els intermedis.

Figura 1



Símbol d'un encaminador.

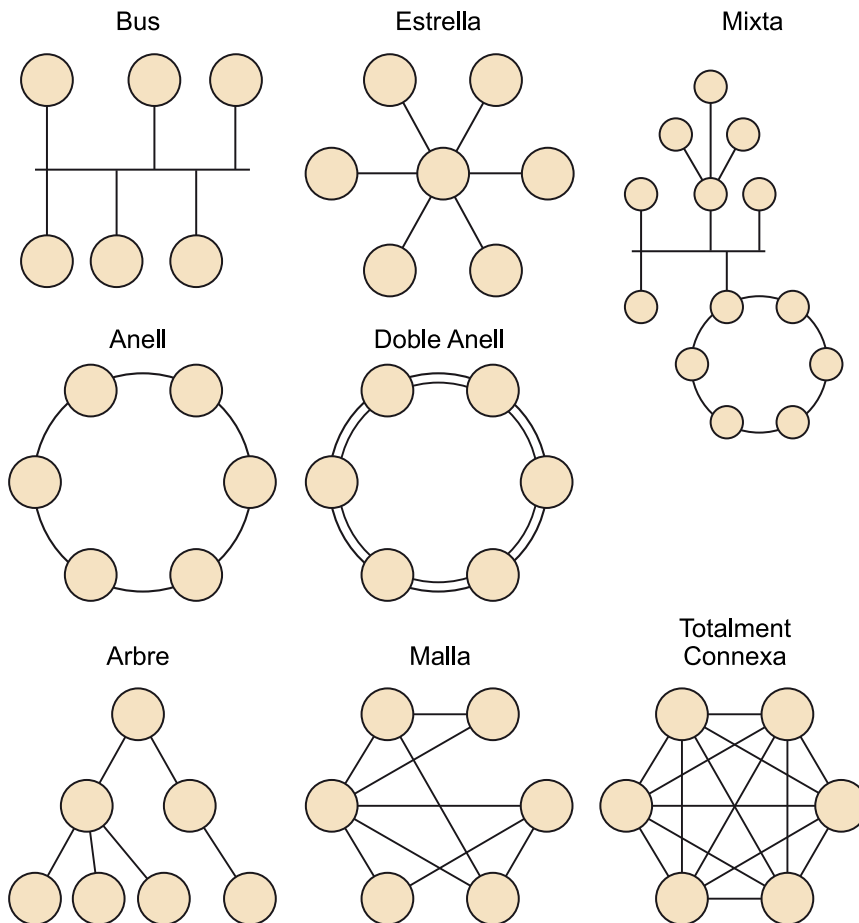
Quan el medi de transmissió està cablejat i, per tant, els enllaços són cables, podem parlar de topologies. Les topologies més conegudes són:

- **Topologia en estrella.** Hi ha un node central que actua com a node intermedi de la xarxa, al qual s'hi connecten la resta d'estacions. Aquest node central és el que gestiona l'enviament i recepció de les dades. És un tipus de topologia molt poc emprat.
- **Topologia en bus.** Consisteix en un cable en el que hi ha connectades totes les estacions de la xarxa. Tots els ordinadors estan pendants de si hi ha activitat o no en el cable. Quan una estació emet una trama (o paquet), la resta d'estacions la recullen, miren si són el destinatari, i si ho són, se la queden. En cas contrari, no li fan cas i l'eliminen.

- **Topologia en anell.** Consisteix en connectar cadascuna de les estacions amb l'anterior i la següent, de manera que l'enllaç arriba a formar un bucle.
- **Topologia en arbre.** Es pot considerar com una topologia mixta entre les topologies en bus i en estrella. Diversos nodes es connecten entre ells, i a la vegada tenen connectats equips finals. És una de les topologies més emprades actualment.
- **Topologia mallada.** Cada equip està connectat directament amb altres, tot i que també en el cas de xarxes mallades no totals, no es forma una malla del tot complerta. Sovint és la topologia emprada per grans xarxes com Internet, on es connecten equips intermedis (routers) i no equips finals.

En aquesta figura es presenta l'esquema de diferents topologies de xarxa:

Figura 2



1.2. Abast

Una de les classificacions més clàssiques de la xarxes de comunicacions és pel seu abast, és a dir, per la distància a la que poden arribar a transmetre les dades. Bàsicament hi ha dues categories, les **xarxes de gran abast (WAN)** i les **xarxes d'abast local (LAN)**, tot i així en una classificació més acurada tenim:

- **Xarxes d'àrea personal o PAN** (*Personal Area Network*) que cobreixen distàncies inferiors a 10 m. Sovint s'utilitzen per a interconnectar diferents dispositius d'un usuari.
- **Xarxes d'àrea local o LAN** (*Local Area Network*) que cobreixen distàncies de centenars de metres. Pensades per a donar cobertura en un entorn de xarxa local entre ordinadors i dispositius d'un mateix edifici o d'edificis pròxims. Normalitzades pels estàndards de l'**IEEE 802.x**.
- **Xarxes d'àrea metropolitana o MAN** (*Metropolitan Area Network*), que cobreixen l'àrea d'una ciutat o àrea metropolitana. Normalment aquests tres tipus de xarxes esmentats s'inclouen dins les xarxes de tipus LAN.
- **Xarxes d'àrea extensa o WAN** (*Wide Area Network*), que s'utilitzen en espais geogràfics extensos. Sovint s'utilitzen per a interconnectar xarxes LAN, facilitant la connexió d'usuaris de diferents localitzacions. Aquestes es basen en les tecnologies cel·lulars, apareixent com a evolució de les xarxes de comunicacions de veu clàssiques. Xarxes d'aquest tipus són: **XTC** (xarxa telefònica commutada), **XDSI** (Xarxa Digital de Serveis Integrats)...

IEEE

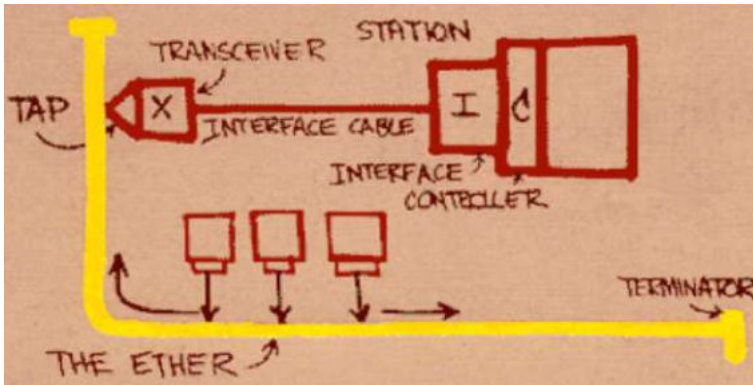
L'acrònim **IEEE** (*Institute of Electrical and Electronic Engineering*) correspon a l'**Institut d'Enginyers Elèctrics i Electrònics**, una associació tècnica de caire professional a escala mundial que s'encarrega d'elaborar estàndards.

1.3. Tecnologies de xarxa

Tot i que les tecnologies existents són molt àmplies, podem arribar a realitzar aquesta classificació: 1) tecnologies de xarxa cablejada, i 2) tecnologies de xarxa sense fils.

1) **Tecnologies de xarxa cablejada**. Les tecnologies associades a xarxes cablejades primordialment són **Ethernet**, que està definit amb l'estàndard **IEEE 802.3**. En els seus inicis, va començar com a tecnologia a 10 Mbps amb topologia en bus i medi compartit, evolucionant a una topologia amb estrella a 1 Gbps (**Gigabit Ethernet**), passant per l'anomenat **Fast Ethernet**. Actualment s'utilitza molt a 100 Mbps.

Figura 3



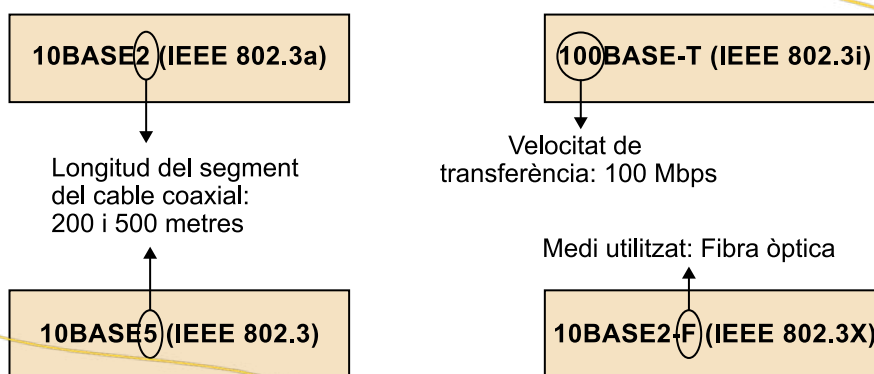
Esquema dibuixat per Bob Metcalfe, coinventor d'aquest protocol.

En el cablejat Ethernet disposem d'una nomenclatura pròpia. Per exemple, el cablejat original **10BASE-T** significa:

- **10**: indica la velocitat de transferència, en aquest cas, 10 Mbps (10 megabits per segon).
- **BASE**: aquesta paraula es refereix a la modulació del senyal utilitzat (banda base).
- **T**: indica el tipus de medi utilitzat, on "T" vol dir cable de parell trenat sense pantalla protectora. I, per tant, porta implícita la longitud màxima que són 100 m.

Inicialment també limitada a LAN, la seva gran adopció l'ha fet evolucionar a enllaços WAN construïts amb aquesta tecnologia.

Figura 4



Diferents tipologies d'Ethernet.

Tecnologies associades amb topologies basades en anell, com **Token Ring** (IEEE 802.5) i **FDDI** (definit amb l'estàndard ANSI X3T12) s'han anat deixant d'utilitzar en comparació amb Ethernet, pel seu elevat cost i baix rendiment. Pel contrari, en topologies amb anell s'està emprant força la **Resilient Packet** (IEEE 802.17). Amb aquesta tecnologia es permet transportar altres tecnologies, com trànsit Ethernet i serveis IP, mitjançant anells amb fibra òptica.

2) **Tecnologies de xarxa sense fils.** Han tingut una forta expansió en els darrers anys. Hi ha dos tipus de xarxa: les xarxes de telefonia mòbil i les xarxes sense fils, sovint d'abast més curt. Pel que fa a les xarxes de telefonia mòbil, destacarem les següents tecnologies: **GSM**, **GPRS**, **UMTS** i **4G**; i pel que fa a xarxes sense fils, destaquem Wireless LAN (**Wi-Fi**, IEEE 802.11), com a tecnologia més emprada en xarxes sense fils, **Bluetooth**, per a transferències de dades curtes i **WiMAX** (IEEE 802.16) com a tecnologia entre un abast curt i llarg.

2. El nivell físic

La capa física és la que s'encarrega de transmetre bits pel canal de comunicació. Els aspectes mecànics i elèctrics, associats directament al medi de transmissió, són els que es contemplan en aquest nivell. Per tant, un estudi acurat d'aquest nivell correspondria al domini de la enginyeria electrònica.

La informació binària, 0 i 1, amb la que treballen els ordinadors, com a sistemes digitals que són, és transportada per un medi. Calen mecanismes per a traslladar els bits des d'un ordinador a un altre. Aquests mecanismes o sistemes físics són els senyals elèctrics, electromagnètics i la llum.

La **transmissió de dades** és el procés de transport de les dades codificades d'un punt a un altre.

Per un costat cal disposar d'uns dispositius que generin i rebin aquests senyals elèctrics tot partint dels bits que es volen transmetre. La majoria de dispositius de xarxa poden actuar alhora com a transmissors i com a receptors.

Per un altre costat, cal un suport per a transportar el senyals elèctrics i les ones: són els anomenats medis de transmissió. Medis de transmissió són el cable de coure, la fibra òptica o l'aire.

Hi ha diferents **tipus de senyals** que representen informació: els **senyals digitals** i els **senyals analògics**. Mentre que en un senyal digital els seus valors es representen amb valors discrets (com 0 i 1), un **senyal analògic** és un senyal continu en temps i amplitud (p.ex. 2.35, 7.58), on les variacions dels seus valors són les variacions de la informació del senyal. Sovint un senyal analògic es transmet **en forma de modulació**.

2.1. Medis físics de transmissió

El senyal que transporta les dades entre un emissor i un receptor sempre es propaga a través d'un medi de transmissió. Quan parlem de xarxes, i més en concret, de medis de transmissió, ens hem de referir abans al concepte d'**amplada de banda** (en anglès, *bandwidth*).

L'amplada de banda dóna la quantitat d'informació que es transmet des d'un emissor fins a un receptor en un període determinat de temps.

La unitat d'amplada de banda és el **bit per segon (bps)**.

La modulació

La modulació és el procés mitjançant el qual és modificada alguna de les característiques d'una ona (de naturalesa elèctrica, lluminosa o electromagnètica), anomenada portadora, segons les característiques d'una altra ona, anomenada moduladora, que conté la informació que vol transmetre l'emissor al receptor. L'ona que s'envia al receptor des de l'emissor és la portadora.

En aquesta taula, trobem diferents unitats d'amplada de banda:

Unitat d'amplada de banda	Unitat de mesura	Equivalència
Bit per segon	bps	1 bps = unitat d'amplada de banda
Quilobit per segon	kbps	1 kbps = 1.000 bps
Megabit per segon	Mbps	1 Mbps = 1.000.000 bps
Gigabit per segon	Gbps	1 Gbps = 1.000.000.000 bps

Quan es dissenya una xarxa cal tenir molt en compte l'amplada de banda de cada medi físic, ja que el rendiment de la xarxa depèn molt directament del medi utilitzat. Els principals tipus de medis físics són:

- El cablatge de coure: parells de fils trenats i cable coaxial.
- El cablatge de fibra òptica.
- L'aire o el buit, emprades en transmissions sense cable.

Aquests medis alhora es poden classificar com a guiats i no guiats.

En els **medis guiats**, com els parells de fils o la fibra òptica, els senyals que transporten la informació circulen confinats dins el medi i, en els **no guiats**, com ones electromagnètiques de ràdio per l'aire o pel buit (p.ex. xarxes sense fils), els senyals es propaguen sense estar limitats.

En aquesta imatge, podem veure els medis guiats representats per línies i els medis no guiats amb els cercles puntejats:

Figura 5



Font: <https://gobiernoti.wordpress.com/>

Cal dir que no existeix cap medi que pugui arribar a ser considerat com a medi ideal. Diferents fenòmens influeixen i poden afectar al senyal enviat pel medi de transmissió. Això sí, depenent de les característiques del medi, la transmis-

sió entre dos dispositius pot ser simultània o no. En aquest sentit, atenent a la bidireccionalitat i simultaneïtat de la transmissió, podem classificar els sistemes en:

- **Símplex:** quan els senyals (dades) només es poden transmetre en un sol sentit (unidireccional). Això succeeix amb la fibra òptica.
- **Dúplex:** quan els senyals (dades) poden ser transmesos en els dos sentits simultàniament. Per exemple, en una conversa telefònica les dues persones poden parlar i escoltar alhora.
- **Semi-Dúplex (o half-duplex):** quan els senyals poden ser transmesos en els dos sentits, però no simultàniament. Per exemple, quan es fa servir un walkie-talkie, si una de les persones parla, l'altra només pot escoltar i s'ha d'esperar a que l'altra finalitzi per poder parlar.

2.1.1. El cablatge de coure

Aquest és el mitjà més emprat per a unir dispositius en xarxes locals. N'hi ha de dos tipus: 1) el cable de parells trenats, i 2) el cable coaxial.

El medi de transmissió més antic, i actualment encara utilitzat, és el **parell trenat**. Està format per un parell de fils de coure, o d'acer recobert de coure, generalment d'un mil·límetre de gruix, que estan entrelaçats en forma helicoidal (trena), amb la finalitat de reduir les interferències elèctriques d'altres cables propers.

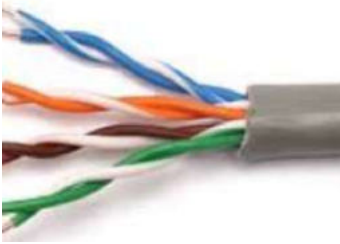
Aquest cable pot ser utilitzat tant en les transmissions digitals com en les analògiques.

És un dels sistemes emprats en sistemes de telefonia i en xarxes locals.

Existeixen diferents tipus de parells trenats com:

a) Parell trenat no apantallat (UTP, unshielded twisted pair): Format per quatre parells trenats més dins d'una protecció de plàstic. Inicialment s'anomenava de categoria 3, però amb un entrelaçat més dens, per a donar més qualitat en llargues distàncies, es parla de categoria 5.

Figura 6



Parell trenat no apantallat (UTP).

b) Parell trenat apantallat (STP, *shielded twisted pair*): on cada parell de fils té una protecció individual.

Figura 7



Parell trenat apantallat (STP).

Tant en UTP com en STP, els connectors que s'utilitzen són els anomenats **RJ-45**.

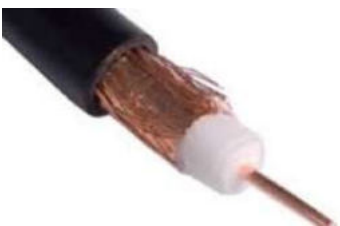
Figura 8



Connectors RJ-45.

Pel que fa al **cable coaxial**, aquest té un recobriment superior al dels parells trenats. Consisteix en un fil de coure rodejat per un material aïllant.

Figura 9



Cable coaxial.

El connector que s'utilitza per a cable coaxial s'anomena BNC.

Figura 10



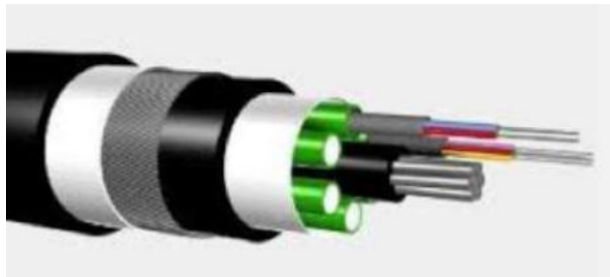
Connector BNC.

S'ha utilitzat bàsicament per a la interconnexió d'equips a les centrals telefòniques, en algunes xarxes locals, en televisió per cable, etc. En aquest cas, el connector és el del tipus coaxial (amb forma rodona com el de l'imatge), però també pot tenir un dels extrems amb forma de RJ-45.

2.1.2. La fibra òptica

El cable de fibra òptica està format per fibres de vidre (o plàstic). Cadascun dels filaments té un nucli central de fibra de vidre amb un alt índex de refracció envoltat d'una capa de material similar, però amb un índex de refracció menor. Tot el conjunt està protegit per altres capes aïllants i absorbents de la llum.

Figura 11



Esquema intern d'un cable de fibra òptica.

Els connectors utilitzats pels cables de fibra òptica són els 568SC símplex/dúplex, recollits a l'estàndard ANSI/EIA/TIA-568.

Figura 12



Connectors utilitzats en cables de fibra òptica.

Sigles

Les sigles ANSI, EIA i TIA corresponen a les següents organitzacions relacionades amb l'elaboració d'estàndards en electrònica i telecomunicacions:

- 1) ANSI: American National Standards Institute.
- 2) TIA: Telecommunications Industry Association.
- 3) EIA: Electronic Industries Alliance.

2.1.3. L'aire o el buit

Les ones electromagnètiques es transmeten per l'aire o el buit, en totes direccions de l'espai, mitjançant el fenomen de la radiació. Partint d'una antena emissora, que és el dispositiu encarregat de transformar un senyal que circula per un medi guiat en ones radiades; arriben a una antena receptora que s'encarrega de captar aquestes ones provinents d'un medi no guiat, transformant-les en un senyal que pot ser reconduït sobre un altre medi guiat o no guiat.

L'abast pot arribar a ser molt gran, com per exemple en el cas de les comunicacions per satèl·lit.

Les ones de radio, microones, infrarojos i ones de llum són diferents tipus d'ones electromagnètiques que utilitzen l'espai com a medi de propagació.

- **Ones de radio.** Són ones electromagnètiques multidireccionals i que, per tant, es propaguen en totes les direccions. La longitud d'ona d'aquests senyals és superior a 30 cm. Són les que utilitzen les xarxes Wi-Fi, Home RF o Bluetooth. Poden recórrer grans distàncies, i poden travessar parets i edificis.
- **Microones.** Aquestes ones electromagnètiques tenen una longitud d'ona que varia entre 30 cm i 1 mm. Van en línia recta, per tant, emissor i receptor han d'estar ben alineats. A més tenen dificultats per travessar edificis. En aquest cas, les antenes que s'hagin de comunicar han de ser visibles entre ells (per tant, a una distància màxima d'uns 80 Km).
- **Infrarojos.** Són ones electromagnètiques amb una longitud d'ona entre 1 mm i 750 nanòmetres, emprades per a transmissions a curta distància.
- **Ones de llum.** Són ones unidireccionals. Amb elles es pot comunicar un emissor làser amb un receptor que disposi d'un fotodetector.

3. El nivell d'enllaç i el control d'accés al medi

La capa física per si mateixa no és capaç d'aportar tots els elements necessaris per a una transmissió d'informació (de bits) del tot efectiva. Així doncs, per sobre d'aquesta capa tenim una capa addicional (i.e. la d'enllaç) que s'encarrega de subministrar a la capa superior (i.e. la de xarxa) un transport d'informació fiable entre els diferents enllaços del recorregut de la informació.

La principal funció de la capa d'enllaç és la d'aconseguir que la comunicació de dades en un enllaç es faci correctament a través d'un medi físic de transmissió, controlant que el flux de la comunicació entre els equips també sigui correcte.

El nivell d'enllaç també s'encarrega de detectar els errors i, en cas de detectar cap, corregir-los o bé sol·licitar la retransmissió de les trames errònies que s'hagin rebut.

Els enllaços es classifiquen en:

1) Enllaços punt a punt (d'1 a 1): quan els dos nodes, l'emissor i el receptor, utilitzen en exclusiva el canal sense compartir-lo.

Per exemple, bucles d'abonats locals amb cable de dos fils telefònic per accés a Internet, les xarxes d'àrea local Fast Ethernet, xarxes d'àrea local Gigabit Ethernet, PPP, HDLC, X.25 en l'àmbit de xarxa, TCP en l'àmbit de transport...

2) Enllaços de difusió o canals de multidifusió (d'1 a N): quan tota una sèrie de nodes estan connectats en el mateix canal de comunicació.

Per exemple: les xarxes d'àrea local Ethernet (semidúplex), les xarxes locals amb WiFi, enllaços amb satèl·lits, xarxes d'accés híbrid fibra-cable (HFC), xarxes d'àrea local Token Ring, Xarxes d'àrea local FDDI...

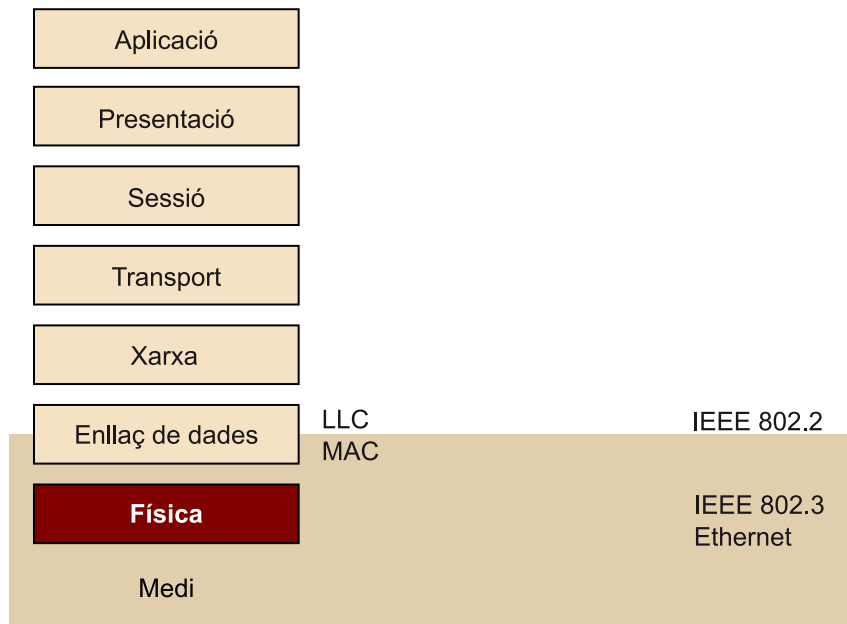
L'IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineering*) divideix el nivell d'enllaç del model de referència OSI en dues subcapes: LLC (Control d'enllaç lògic, *Logical Link Control*) i MAC (Control d'accés al medi, *Medium Access Control*), i així es recull en la norma IEEE 802.3.

Protocols associats a la subcapa LLC són IEEE 802.2 i PPP, i pel que fa a la subcapa MAC tenim protocols CSMA/CD, Token Ring...

Enllaç

Un **enllaç** és el canal que connecta dos nodes adjacents al recorregut de la comunicació. Per la seva banda, les **trames** són les unitats de dades intercanviades per un protocol de la capa d'enllaç.

Figura 13



Detall de les capes en les que actuen els protocols IEEE 802.2 i 802.3.

3.1. Les subcapes de la capa d'enllaç

Com hem dit anteriorment, la capa d'enllaç es divideix en dues subcapes: LLC i MAC, les quals proporcionen diferents serveis.

- **LLC (control d'enllaç lògic):** encarregada de fer la comprovació d'errors, la gestió del flux de dades entre equips amb velocitats diferents i l'encapsulació de la informació, entre d'altres.
- **MAC (control d'accés al medi):** que s'encarrega d'especificar les regles amb què es transmet una trama sobre l'enllaç. És a dir, defineix el mode en què es transmeten les trames pel fil físic, gestionant l'adreçament físic associat a cadascun dels dispositius, la distribució de les trames i la gestió concurrent al medi compartit.

Els serveis esmentats els podem desglossar en:

- **Gestió de les trames.** Organitza i gestiona la composició de les trames, la seva sincronització, la seva numeració, el seu adreçament...
- **Gestió de l'enllaç.** Cal que tot el procés de transmissió estigui ben gestionat, des de l'inici, manteniment i finalització de la transmissió.
- **Control del flux.** El terminal emissor i el receptor s'han de posar d'acord amb la velocitat amb la que han d'arribar les trames. Per exemple, si les trames van arribant de forma més ràpida que la que el receptor pot arribar a processar o emmagatzemar, s'hauria de poder reduir la velocitat

d'enviament. Per tant, amb el control de flux es regula la velocitat de transmissió de les trames.

- Control d'errors. Com hem comentat, és una de les funcions bàsiques de la capa d'enllaç. Per això les trames, a més de la informació que es vol enviar, contenen uns bits addicionals que serveixen per a poder detectar i gestionar posteriorment els errors. En aquest control d'errors tenim tres tipus de tècniques: 1) detecció d'errors amb l'ús dels anomenats codis detectors d'errors; 2) correcció d'errors, i 3) les relacionades amb la retransmissió fiable de trames errònies.
- Control d'accés al medi. Aquesta funció de la capa d'enllaç és especialment rellevant en el cas de què un nombre determinat de nodes accedeixin tots ells a un mateix medi físic, sobretot, si l'accés al medi es fa de forma simultània. Es coordina la retransmissió de les trames amb l'objectiu d'evitar les col·lisions, gestionant en quin moment cada equip pot accedir al medi.

3.2. On es troben implementades les funcionalitats de la capa d'enllaç?

Si la capa física es trobava en el medi (i.e. els cables o l'aire), les funcionalitats de la capa d'enllaç es troben majoritàriament implementades en un adaptador que s'anomena **targeta d'interfície de xarxa** o **network interface card (NIC)**. Més en concret, l'accés al medi (MAC) es gestiona des del microprogramari (**firmware**) d'aquesta targeta adaptadora i l'enllaç lògic (LLC) mitjançant programari en el controlador del dispositiu.

Els **adaptadors de xarxa** o **targetes de xarxa** (o NIC, **network interface card**) corresponen a la interfície física o de connexió entre l'ordinador i el cable de xarxa. Sovint venen integrades en la placa base de l'ordinador, però també es poden integrar en una de les ranures d'expansió d'aquesta placa. Permet la connexió física amb diferents dispositius, i per tant, amb la resta d'equips de la xarxa, o entre dos equips.

Figura 14



Targeta d'interfície de xarxa o network interface card (NIC).

L'adaptador emprat dependrà del tipus de cablatge o arquitectura que utilitzi la xarxa (coaxial, Token Ring...), però el més comú és l'Ethernet, que utilitza una interfície o connector RJ-45.

Figura 15



Connector RJ-45.

També hi ha targetes de xarxa sense fils, també ja incorporades en l'ordinador o bé externes:

Figura 16



Figura 17



Els **adaptadors** o **targes de xarxa sense fils** són les targetes o dispositius que es connecten als ordinadors, o que ja porten integrats, per tal de que puguin funcionar dins d'una xarxa sense fils. També reben el nom de targetes de xarxa o interfícies de xarxa, o **NIC** (*Network Interface Cards*).

Actualment ja és normal que la majoria d'ordinadors o altres dispositius com *smartphones* o tablets, càmeres fotogràfiques, etc., incorporin un adaptador de xarxa Wi-Fi.

Adreça MAC

Cada targeta de xarxa té un número d'identificació únic de 48 bits en hexadecimal anomenat adreça MAC. Aquestes adreces de maquinari són úniques i les administra l'IEEE.

Els adaptadors de xarxa, al igual que succeeix amb la resta de perifèrics, necessiten que prèviament l'equip tingui instal·lat un programari específic, anomenat **controlador** (*driver* en anglès). La majoria de sistemes operatius ja detecten automàticament l'adaptador que s'ha de connectar, i instal·len de forma automàtica el controlador necessari. Si no és així, sempre es pot emprar el CD del fabricant o accedir a la seva pàgina web per a descarregar-lo i instal·lar-lo en el sistema operatiu que correspongui. Atenent que la tecnologia Wi-Fi s'està renovant contínuament, i els fabricants estan portant al mercat noves versions de *firmware* dels seus equips, controladors i aplicacions, es recomana donar una ullada a la pàgina web del fabricant per si hi ha una nova versió de controlador.

3.3. CSMA i CSMA/CD: protocols d'accés al medi

Existeixen diferents polítiques o protocols per a accedir al medi de transmissió de forma eficient (que aprofiti al màxim la capacitat de transmissió del medi), justa (que no penalitzi ni afavoreixi a cap node de la xarxa) i fiable (que compleixi la seva funció).

Per ser una de les més habituals, ja que es troba implementada en el protocol Ethernet amb topologia en bus, entrarem en detall en el protocol MAC anomenat **CSMA** (*Carrier Sense Multiple Access*, accés múltiple per detecció de portadora).

El funcionament d'aquest protocol és el següent: quan un ordinador vol transmetre una trama, la transmetrà sempre que detecti que no hi ha activitat en el medi, per això l'estació està constantment escoltant el medi i sap quan no hi ha activitat. Si no hi ha activitat, transmet la trama; i en el cas de què detecti activitat, i per tant, el medi estigui ocupat, haurà d'esperar a transmetre-la a què estigui lliure.

Tot els ordinadors estan contínuament escoltant l'activitat en el medi. Per tant, quan els arriba una trama, analitzen la capçalera. Si és per ells, o bé es tracta d'una trama de *broadcast* (multidifusió, i.e. per a tots), se la queden, sinó la descarten.

Adonem-nos que es poden produir **col·lisions**, és a dir, que dos ordinadors vulguin transmetre una trama al mateix temps. Els dos veuran el medi lliure i cadascun d'ells farà la transmissió de la seva trama. En aquest cas es produirà una col·lisió, i les trames es perdran, ja que els senyals presents en el medi es barrejaran i faran errònia la informació que hi ha en el medi.

Per a solucionar aquest problema, una possibilitat és que quan un ordinador rebi una trama, n'enviarà una de reconeixement, indicant que s'ha rebut correctament. Així l'emissor després d'esperar un temps prudencial podrà saber si la trama enviada s'ha rebut correctament en la destinació. I en el cas de que no arribi, això voldrà dir que s'ha produït una col·lisió i que l'emissor ha de tornar a transmetre la trama. Tot i així, aquest mecanisme té l'inconvenient de que augmenta el tràfic en el medi i, per tant, la possibilitat de col·lisions. Aquest control d'errors l'efectuaria la subcapa LLC (*logical link control*, control d'enllaç lògic), que com hem vist pertany a la capa enllaç, detectant l'error i demanant la retransmissió de les trames.

Una bona alternativa per a solucionar aquest problema de les col·lisions de forma més eficient, és el protocol CSMA/CD on CD indica *Collision Detection* (detecció de col·lisions). En aquest cas, al protocol CSMA se li afegeix un procediment, en el qual un ordinador quan ha començat a enviar una trama, segueix observant el medi, i si detecta una col·lisió, atura la seva transmissió. A més emet un senyal interferent per tal de que la resta d'ordinadors tinguin constància de que s'ha produït una col·lisió. Tot seguit, esperarà un temps aleatori, i tornarà a transmetre la trama. Amb aquesta espera d'un temps aleatori, la probabilitat de que es produeixi una nova col·lisió disminuirà.

4. Dispositius que actuen en els nivells inferiors de la xarxa

A més dels **adaptadors de xarxa** o **targetes de xarxa**, ja presentats, existeixen dispositius que permeten la interconnexió d'equips i que, per tant, operen primordialment en aquests nivells de la xarxa: el nivell físic i el nivell d'enllaç. Tot seguit presentem un llistat d'aquests dispositius amb una breu descripció de cadascun d'ells:

1) **Concentrador o hub**. És un dispositiu de xarxa que permet interconnectar diferents ordinadors o dispositius Ethernet, agrupant-los en un mateix segment de xarxa. Actua en el primer nivell, en el **nivell físic**, per tant, tota la informació que li arriba la transmet indiscriminadament a tots els dispositius que tingui connectats, sense analitzar quin és el destinatari.

2) **Commutador o switch**. És molt semblant a un concentrador, però es caracteritza per no enviar la informació (i.e. els paquets) a tots els ports, si no només al port corresponent al destinatari de les dades. Opera per sobre del nivell físic, en l'anomenada **capa d'enllaç** de dades. La seva funció és la d'interconnectar dos o més segments de xarxa, passant dades d'un segment a l'altre depenent de l'adreça de destí de les trames a la xarxa. Per tant, s'utilitzen quan es volen connectar diferents xarxes, fusionant-les en una de sola. Fixem-nos que actua de forma més intel·ligent que el concentrador o *hub*, ja que filtra el tràfic i té capacitat de reconeixement.

Figura 18

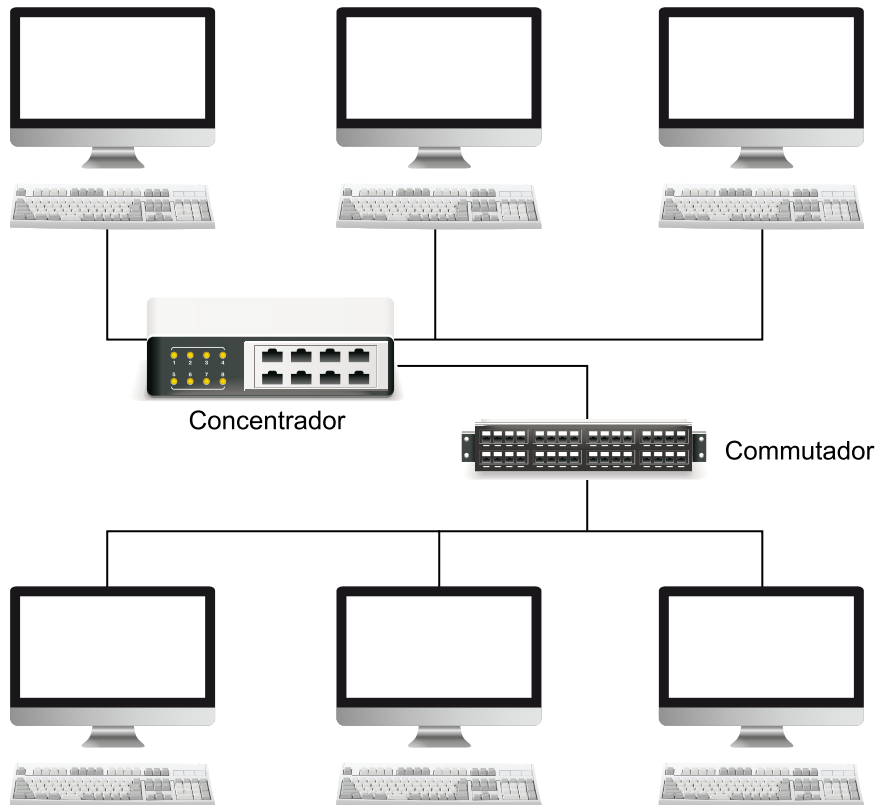


Commutador o switch de 24 ports del fabricant 3Com.

Així emprant un commutador (*switch*), podem dividir i configurar la xarxa en diferents segments. I limitar el tràfic al segment o segments al que pertany cada paquet. Així cada usuari o grups d'usuaris poden disposar del seu propi segment dedicat amb amplada de banda dedicada, i per tant, es dona una menor taxa de col·lisions, i es millora el temps de resposta.

En una mateixa xarxa es poden tenir diferents concentradors i commutadors connectats.

Figura 19



Xarxa bàsica amb un hub i un switch. El hub genera molt tràfic, ja que deixa passar tots paquets que li arriben, mentre que el switch examina els paquets entrants per veure el node destinatari, i només deixa passar els paquets que li corresponen a aquest node.

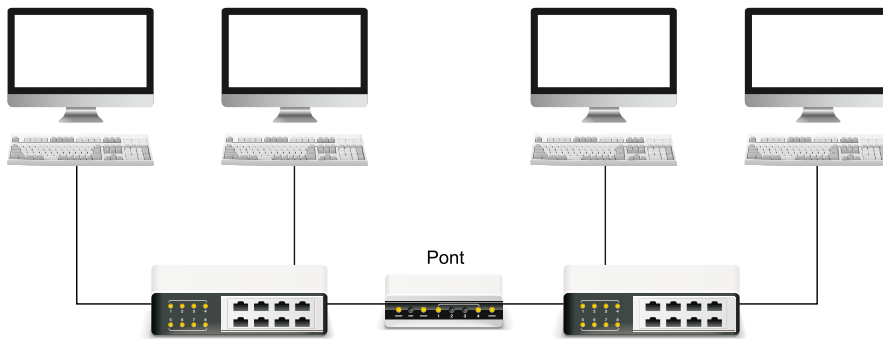
3) Pont o bridge. És un sistema format per maquinari i programari que permet interconnectar dues xarxes locals entre sí. Sovint es troben en el servidor de comunicacions o en el servidor de fitxers.

Com el switch, també opera en el **nivell de la capa d'enllaç de dades**, però amb funcionalitats semblants a les d'un concentrador.

La diferència amb el commutador (*switch*) està en que el pont (*bridge*) sempre ha de rebre tot el paquet abans de redirigir-lo al port corresponent, mentre que el commutador (*switch*) dirigeix el paquet al seu destí una vegada rebuda la capçalera del paquet, que conté l'adreça del destí. Així el retard dels ponts (*bridges*) és més elevat que en els commutadors (*switches*).

Sempre és millor dues xarxes grans unides amb un pont que una única xarxa, ja que les xarxes van perdent rendiment quan s'incrementa el tràfic, perdent-se temps de resposta. Així al dividir-se es redueixen aquests paràmetres. A més, de què amb el pont podem solucionar les necessitats d'ampliació de la xarxa, en el cas de que sobrepassem el nombre previst d'ordinadors a connectar. En aquest cas, la única alternativa seria la de crear una altra xarxa connectada amb un pont.

Figura 20



Dues xarxes connectades per un pont (*bridge*). Cada xarxa pot emprar el seu propi protocol, regles de seguretat...Nodes de diferents xarxes no es poden comunicar directament. Per fer possible la seva comunicació, veiem que s'afegeix un pont (**bridge**) entre les dues xarxes.

5. Tecnologies d'accés

Entenem per **tecnologies d'accés**, aquelles que permeten que ens connectem a alguna xarxa d'un tercer –no de forma exclusiva a la xarxa Internet–, des d'una ubicació qualsevol.

En aquest context, un proveïdor d'accés és aquella empresa que ens ofereix serveis de connexió a la xarxa. En el cas de què la xarxa sigui Internet, els proveïdors d'accés s'anomenen **ISP** (acrònim d'*Internet Service Provider*) o proveïdors de servei a Internet.

La tecnologia d'accés més bàsica és la línia telefònica o RTB (Xarxa de Telefonía bàsica). Altres tecnologies d'accés que tractarem en aquest apartat són: XDSL, ADSL, fibra òptica, PLC i sense fils (*wireless*).

Per entendre-ho millor, cal dir que les tecnologies d'accés són les que es fan servir per connectar la nostra xarxa local (potser formada només pel nostre ordinador de sobretaula o portàtil) i la xarxa d'un tercer (com pot ser Internet).

El fet de tractar el tema de les tecnologies d'accés dins d'aquest mòdul respon al fet de que en cada cas es disposa d'una capa física força diferent, atenent el medi de transmissió que unes i altres utilitzen. Tot i així, aquest tema es podia haver presentat en un dels mòduls en el que tractem capes superiors del model OSI.

5.1. RTB. Xarxa de telefonia bàsica

La **Xarxa Telefònica Bàsica**, o RTB, també anomenada Xarxa Telefònica Comutada, és una xarxa de comunicació dissenyada primordialment per la transmissió de la veu. Tot i que també pot arribar a transportar dades, com per exemple el fax, o fins i tot, connexió a Internet mitjançant un mòdem.

És una xarxa de **commutació de circuits**. Les estacions són els telèfons, els nodes intermedis els accessos a les centrals locals i els nodes de commutació són les centrals de trànsit.

Quan es vol fer una trucada, la xarxa estableix un circuit entre els dos telèfons a través dels dos nodes intermedis, que es manté mentre dura la trucada.

Els circuits que es van establir van canviant d'una trucada a un altra, i per aquesta raó, se les denomina xarxes de commutació de circuits.

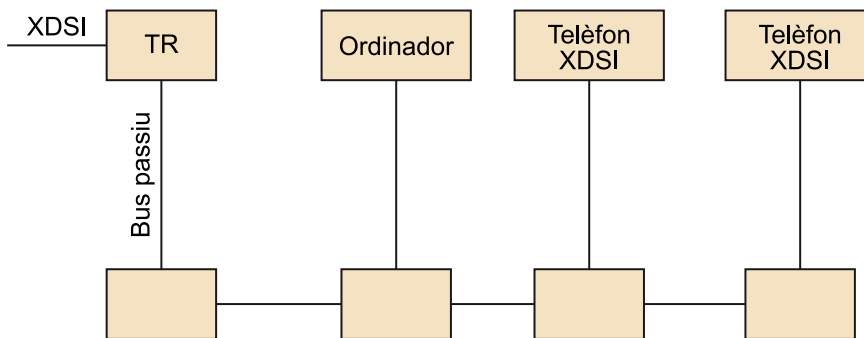
En el procés descrit es poden distingir tres fases: establiment del circuit, transferència de la informació i desconnexió.

5.2. XDSI

La **XDSI**, xarxa digital de serveis integrats, en anglès *Integrated Services Digital Network* (ISDN), agrupa la telefonia digital amb els serveis de transferència de dades. Va suposar la digitalització de la xarxa telefònica, per tant és una evolució de la XTC, xarxa telefònica commutada. Permet la comunicació digital punt a punt i ofereix múltiples connexions sobre la mateixa línia.

Entre els serveis que ofereix tenim: fax a 64Kbps, línies telefòniques addicionals, transferència de dades a alta velocitat i videoconferència. El seu funcionament es basa en canals digitals de 64 Kbps.

Figura 21



Esquema d'una xarxa XDSI.

5.3. ADSL

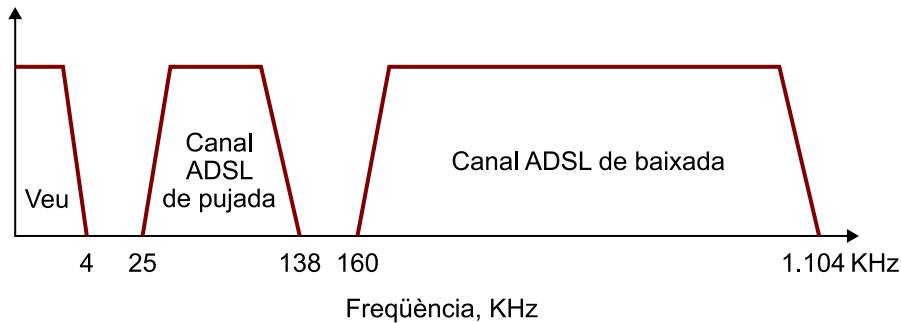
Les tecnologies **xDSL** (*x-type Digital Subscriber Line* o línia d'abonat digital) utilitzen les infraestructures de les línies telefòniques. Concretament, els cables de parell trenat per a assolir transmissions de més velocitat aprofitant freqüències no emprades quan es fan trucades de veu.

La més emprada en les connexions per a usuaris finals és l'**ADSL** (*Asimetric Digital Subscriber Line* o línia asimètrica d'abonat digital), transmetent dades asimètricament a través de la línia telefònica convencional, amb més amplitud de dades pel canal de baixada que pel de pujada. Proporciona un circuit digital dedicat des del mòdem de l'usuari fins a l'ISP (*Internet Service Provider* o proveïdor d'Internet).

Com que el mitjà utilitzat és la línia telefònica convencional, l'ADSL ha de proporcionar un canal digital separat al canal de trucades de veu que és analògic. Aquesta separació la porta a terme emprant modulacions diferents per la veu –telefonía tradicional–, amb freqüències entre 300 Hz i 3400 Hz, i per les

dades, entre 24 kHz i 1.104 kHz, on s'hi creen dos canals (un per cada sentit: pujada i baixada de dades). Per tant, els tres canals esmentats poden coexistir perfectament.

Figura 22



Freqüències dels 3 canals d'ADSL.

5.4. Xarxes de fibra òptica

De fet, fa uns anys podíem no considerar les tecnologies basades en fibra òptica com a tecnologies d'accés, ja que sovint només s'empraven com a medis troncal de les operadores de telecomunicacions. Però actualment, tenint en compte que ja la fibra òptica pot arribar a introduir-se en els domicilis, sense que calgui enllaçar amb cable coaxial, sí que ja té sentit parlar d'un tipus especial de tecnologia d'accés.

Està format per tres components:

- 1) **Transmissor d'energia òptica.** Incorpora un modulador per a transformar el senyal electrònic entrant a la freqüència acceptada per la font lluminosa, la qual converteix el senyal electrònic (electrons) en un senyal òptic (fotons) que són els que s'emeten per la fibra òptica.
- 2) **Fibra òptica.** El seu component és el silici i es connecta a la font lluminosa i al detector d'energia òptica, mitjançant la tecnologia apropiada.
- 3) **Detector d'energia òptica.** Correspon a un fotodíode que converteix el senyal òptic rebut en senyal electrònic (electrons), i un amplificador per a regenerar el senyal.

Amb la fibra òptica es pot arribar a velocitats molt altes a grans distàncies, sense emprar repetidors. Experimentalment s'han arribat a aconseguir velocitats de 200.000 Mbps.

5.5. Sense fils (*wireless*)

S'anomena comunicació sense fils a aquella que es porta a terme sense emprar cables d'interconnexió entre l'emissor i el receptor.

No cal dir de la gran proliferació que està tenint la tecnologia sense fils en tots els àmbits: llars, petites i grans empreses, aeroports...

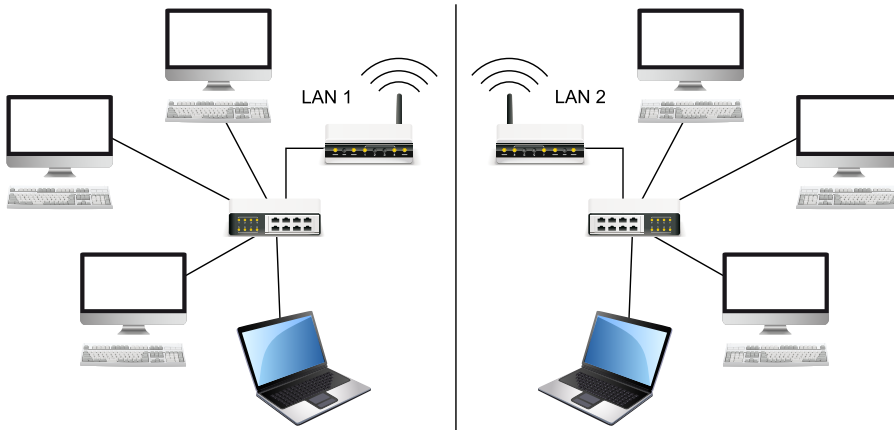
Les comunicacions sense fils (*wireless*), poden classificar-se depenent de diferents criteris. Si utilitzem l'abast, o distància màxima al que poden situar-se dos punts de la comunicació sense fils, tenim la següent classificació:

- **Xarxes sense fils d'àrea personal** o **WPAN** (*Wireless Personal Area Network*) que cobreixen distàncies inferiors a 10 m. Sovint s'utilitzen per a interconnectar diferents dispositius d'un usuari. Les tecnologies que trobem en aquest cas són: Bluetooth, ZigBee o IrDA.
- **Xarxes sense fils d'àrea local** o **WLAN** (*Wireless Local Area Network*) que cobreixen distàncies de centenars de metres. Pensades per a donar cobertura a un entorn de xarxa local entre ordinadors i dispositius d'un mateix edifici o d'edificis pròxims. Aquest és el cas de la tecnologia WiFi o HomeRF, entre d'altres.
- **Xarxes sense fils d'àrea metropolitana** o **WMAN** (*Wireless Metropolitan Area Network*), que cobreixen l'àrea d'una ciutat o àrea metropolitana. Els protocols LMDS, MMDS, WiMAX són els que s'utilitzen.
- **Xarxes globals**, que permeten cobrir tota una regió (país o grups de països). Aquestes es basen en les tecnologies cel·lulars, apareixent com a evolució de les xarxes de comunicacions de veu clàssiques. Aquest és el cas de les xarxes de telefonia mòbil com, per exemple, GSM, GPRS, UMTS...

Les xarxes sense fils (o xarxes *wireless*) permeten l'interconnexió sense cables de diferents ordinadors i/o dispositius. Segueixen els estàndards desenvolupats pel IEEE (Institut d'Enginyers Elèctrics i Electrònics, <http://standards.ieee.org/>), organització encarregada, com ja hem comentat, de l'elaboració de moltes de les normes relatives a xarxes.

Les xarxes sense fils porten presents al mercat des de fa ja forces anys, i s'han anat convertint en una interessant alternativa a la utilització del cable. Gràcies al descens continuat dels preus dels elements d'aquest tipus de xarxes i a un millor coneixement de les tecnologies sense fils, estem en un punt àlgid d'aquest tipus de xarxes.

Figura 23



Esquema de dues xarxes cablejades (LAN 1 i LAN 2) amb diferents ordinadors, interconnectades sense fils.

Tot seguit presentarem les següents tecnologies sense fils: Bluetooth, NFC, RFID, Wi-Fi i WiMAX.

5.5.1. Bluetooth, NFC, RFID

Una tecnologia sense fils de curta distància és **Bluetooth**, que possibilita la transmissió de veu i dades entre diferents dispositius emprant un enllaç de radiofreqüència en la banda de 2,4 GHz. També la incorporen la gran majoria de *smartphones*. Permet, de forma senzilla, la intercomunicació sense fils entre dispositius mòbils i fixos, com, per exemple, un smartphone (que incorpori aquesta tecnologia) i uns altaveus, una càmera digital i una impressora, etc.

Pel que fa a mitjans de pagament, que previsiblement s'aniran generalitzant, tenim, entre d'altres, la presència de la tecnologia NFC (*Near Field Communication*, en català, Comunicació en camp proper) en targetes electròniques o en el mòbil.

Figura 24



Logo per a dispositius que incorporen NFC.

NFC és una tecnologia de comunicació sense fils, de curt abast i alta freqüència, que permet l'intercanvi de dades entre dispositius. Un exemple clar en seria un intercanvi de dades per a realitzar de forma automàtica un pagament.

En el cas de Xarxes sense fils d'àrea personal o WPAN (*Wireless Personal Area Network*) que cobreixen distàncies inferiors a 10 m, podem emprar altres tecnologies que ja implementen alguns dispositius mòbils com **RFID** (*Radio Frequency Identification*).

5.5.2. Wi-Fi

Wi-Fi fa referència a l'estàndard IEEE 802.11 (ISO/IEC 8802-11) que defineix les característiques d'una xarxa WLAN. Aquesta norma va ser dissenyada per a substituir **les capes física i de control d'accés al medi** (MAC, *Medium Access Control*) de la norma 802.3 (Ethernet). Per tant, la resta de protocols de capes superiors són idèntics, el que garanteix la interoperabilitat de xarxes locals amb cable amb xarxes locals sense fils.

Wi-Fi és l'abreviació de les paraules *wireless fidelity*, nom de la certificació atorgada per la Wi-Fi Alliance (www.wi-fi.org), anteriorment WECA (*Wireless Ethernet Compatibility Alliance*), grup que garanteix la compatibilitat entre dispositius que utilitzen l'estàndard 802.11, sigui quin sigui el seu fabricant.

Figura 25



logo Wi-Fi.

En aquesta taula es descriuen algunes de les recomanacions relacionades amb l'IEEE 802.11:

Estàndard	Any	Descripció
802.11a	1999	Utilitza la banda dels 5 GHz, amb una tècnica anomenada OFDM (<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>) que permet velocitats de fins a 54 Mbps.
802.11b	1999	Presenta les especificacions de la capa física i d'accés al medi de les xarxes d'àrea local sense fils, amb una rang de velocitats entre 5,5 i 11 Mbps, amb una banda de freqüència de 2,4 GHz.
802.11g	2003	Augmenta la velocitat de la transmissió de dades a 54 Mbps, en la mateixa banda dels 2,4 Ghz.
802.11n	2006	Nova generació per a xarxes sense fils d'alta velocitat (fins a 540 Mbps teòrics). Hi ha propostes per a 2,4 i 5 GHz. Una de les seves característiques més destacables es que permet emprar diferents canals de forma simultània, el que es coneix com a MIMO (<i>Multiple Input – Multiple Output</i>).

A Europa l'ETSI (Institut Europeu de Normes de Telecomunicacions) ha definit tretze canals dins de la banda de senyals de 2,4 a 2,5 Ghz. No s'utilitzen tots, ja que se suplantent i produeixen interferències. Els més utilitzats són els canals 1, 4, 9 i 13. Aquesta configuració només es fa habitualment en el punt d'accés, ja que els dispositius clients detecten el senyal.

Des del punt de vista de l'equipament, les xarxes sense fils Wi-Fi admeten dos tipus de configuracions:

1) **Modus ad hoc.** Amb aquesta configuració, els ordinadors o dispositius es connecten directament entre ells, sense emprar punts d'accés intermedis. Només cal que portin incorporat o que s'incorpori una targeta o dispositiu Wi-Fi. Aquest tipus de connexió vindria a substituir les antigues connexions directes amb cable, tipus PC-PC que es portaven a terme per un port sèrie.

Com que en aquest modus tots els ordinadors o dispositius a interconnectar són iguals, també se la coneix amb el nom *peer-to-peer* (P2P).

2) **Modus infraestructura.** A més de les targetes Wi-Fi en cadascun dels ordinadors o dispositius, es necessita un punt d'accés. Aquest dispositiu serà el que coordinarà de forma centralitzada la comunicació entre els diferents terminals de la xarxa. Si volem arribar a cobrir un àrea més extensa, es pot arribar a instal·lar més d'un punt d'accés interconnectats.

A les xarxes sense fils Wi-Fi amb punts d'accés també se les coneix amb el nom de **modus BSS**, o **modus infraestructura**.

Un mateix terminal no pot estar configurat de les dues formes. El modus ad hoc està més pensat per a establir una comunicació temporal entre dos equips, mentre que el d'infraestructura és més adequat per a crear xarxes permanents.

Pel que fa al futur de les xarxes Wi-Fi, cal fer esment al nou estàndard, aparegut a finals del 2012, anomenat **802.11ac**. Permetrà un rendiment proper a 1 Gbps. Les primeres companyies en fer-ne el llançament han estat Quantenna i Broadcom.

5.5.3. WiMAX

WiMAX és l'acrònim de *Worldwide Interoperability for Microwave Access* (interoperabilitat mundial per accessos de microones). És una tecnologia sense fils, basada en protocol IEEE 802.16, de manera que permet crear àrees de cobertura de fins a 50 km, depenent del servei que ofereixin, a velocitats de 70 Mbps sense necessitat de visibilitat directe. Es garanteix la qualitat del servei i la seguretat. Les connexions es porten a terme a diverses amplades de banda.

Aquestes característiques la fan una bona alternativa a altres tecnologies de banda ampla com xDSL o el cable.

WiMAX és d'una xarxa d'àrea estesa, perquè l'espectre que fa servir permet cobrir una gran quantitat de quilòmetres. Al contrari de la xarxa Wi-Fi, ja que l'espectre que fa servir permet cobrir una xarxa local.

5.6. PLC

PLC, acrònim de *Power Line Communication* (comunicacions per línia elèctrica), són les diferents tecnologies per a l'enviament de dades mitjançant les instal·lacions elèctriques. També es coneix com *PLT (Power Line Transmission)*, nom estandarditzat per l'**ETSI** (Institut Europeu de Normes de Telecomunicacions).

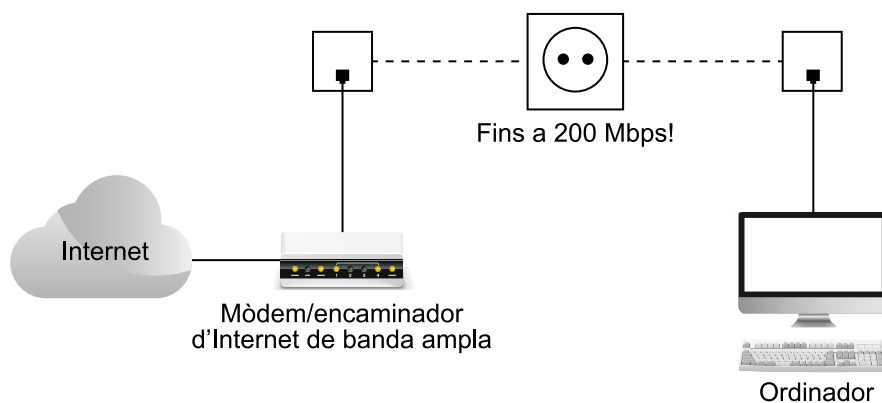
Ho porten a terme superposant un senyal modulat d'alta freqüència sobre el senyal de corrent altern estàndard. Per tant, el que es fa es separar la informació digital de la del senyal elèctric.

Els estàndards associats a la tecnologia PLC van ser definits per la **HomePlug Powerline Alliance** i per la **Universal Powerline Association**. La normativa més comuna, que trobem en la majoria d'equips que podem comprar en el mercat per a ús domèstic, és la **HomePlug**. Permet connexions entre tot tipus d'equips: ordinador, televisors, sistemes de so, vídeo-consolles, etc. Per ella mateixa aquesta tecnologia no proporciona accés a Internet.

L'any 2010, IEEE aprova la norma **IEEE 1901, Broadband Powerline Standard**, com a estàndard per comunicacions d'alta velocitat per dispositius PLC, acceptant-se la norma **HomePlug AV**, i garantint-ne la interoperabilitat.

Fabricants com TP-LINK, ATRIE Technology P Limited, Cisco, devolo, ZyXEL, D-Link, Logitech, NETGEAR i Western Digital estan venent productes HomePlug AV.

Figura 26



Esquema d'una petita xarxa domèstica emprant PLC, amb connexió a Internet mitjançant un router. La velocitat de transferència tal i com s'indica és de 200 Mbps.

Figura 27

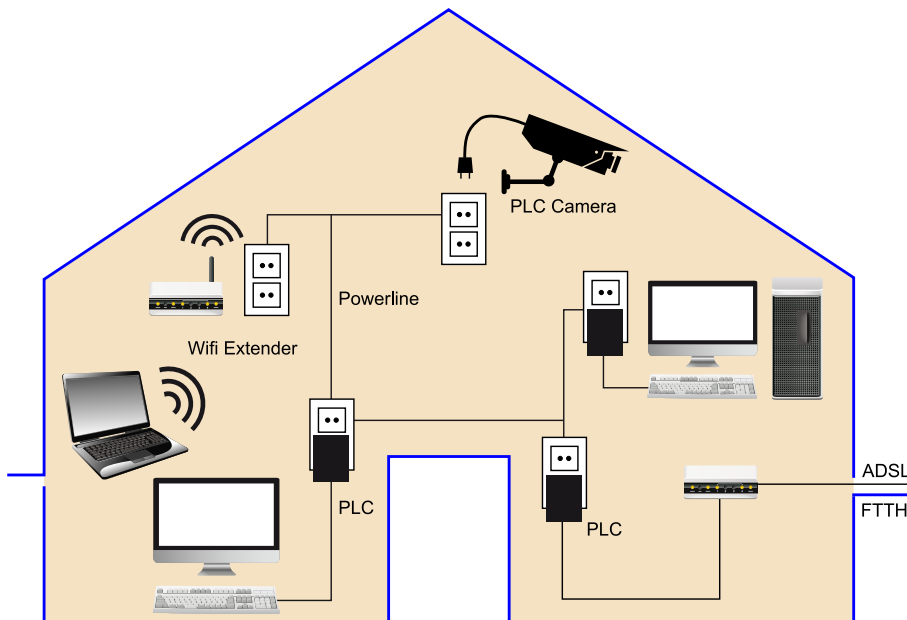


Extensor de Powerline amb WiFi de TP-Link. Permet estendre les connexions sense fils (Wi-Fi), combinat amb la transferència mitjançant el cablejat elèctric, emprant la norma HomePlug AV que li proporciona velocitats de transferència de dades de fins a 200Mbps. Un dispositiu com aquest pot arribar a ser molt útil per estendre les connexions sense fils en les àrees de l'habitatge o l'oficina on les connexions Wi-Fi són més difícils d'accedir.

Depenent de la quantitat d'informació a transmetre, la tecnologia PLC es classifica en:

1) **Comunicacions de banda ampla** (*Broadband over power lines* o BPL). S'utilitzen les línies elèctriques de baixa i mitja tensió per a transmetre qualsevol tipus d'informació com veu (telefonía IP), vídeo o dades a alta velocitat. El rang de freqüències que s'utilitza va des d'1,6 a 300 Mhz. Aquestes comunicacions s'apliquen en dos àmbits: en interiors o de curt abast, emprant la instal·lació elèctrica de l'habitatge, i en exteriors o de llarg abast, utilitzant línies de baixa i mitja tensió per a oferir serveis d'Internet.

Figura 28



En aquest esquema veiem una xarxa d'un habitatge basada en PLC.

2) **Comunicacions de banda estreta** (*Narrowband over power lines*). S'està emprant per al control de subestacions elèctriques, comunicacions de veu, per monitoritzar els consums elèctrics o per la protecció de línies de transmissió

d'alta tensió. Treballa en freqüències entre 3 i 500 KHz, amb taxes de transmissió baixes, i amb un abast d'alguns kilòmetres, que es poden ampliar emprant repetidors.

Altres aplicacions d'aquesta tecnologia estan en emprar les connexions elèctriques dels vehicles com a canal de transmissió de dades, veu, música, vídeo... entre dispositius d'un mateix vehicle.