

Aspectes tecnològics de les xarxes i Internet

Antoni Martínez Ballesté

PID_00150288



Universitat Oberta
de Catalunya

www.uoc.edu



Els textos i imatges publicats en aquesta obra estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 Espanya de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los i transmetre'ls públicament sempre que en citeu l'autor i la font (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), no en feu un ús comercial i no en feu obra derivada. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.ca>

Índex

Introducció	5
Objectius	6
1. Les xarxes de computadors	7
1.1. Tipus de xarxes	8
1.1.1. Xarxes segons la mida	8
1.1.2. Xarxes segons el sistema de comunicació	9
1.2. Organismes reguladors de les telecomunicacions i Internet	10
1.3. Protocols de comunicacions	11
2. La transmissió d'informació	13
2.1. El medi físic	13
2.2. Enviament de trames	14
2.3. El medi compartit	16
3. Les xarxes d'àrea local	17
3.1. Tecnologies LAN	18
3.1.1. Ethernet	18
3.1.2. LAN sense fil	20
3.1.3. Xarxes d'àrea local de gran abast	22
3.2. Exemples de LAN	23
3.2.1. Una xarxa per a una petita oficina	23
3.2.2. Una LAN corporativa	24
4. Internet	26
4.1. Evolució d'Internet	26
4.2. La interconnexió de xarxes	27
4.2.1. Datagrames	28
4.2.2. Adreces IP	28
4.2.3. Encaminadors	29
4.2.4. Estructura d'Internet	30
4.3. El transport de la informació	33
4.3.1. El protocol TCP	33
4.3.2. Els ports	34
4.3.3. L'empaquetament	34
4.4. Els noms de domini	35
5. El correu electrònic	37
5.1. Adreces i missatges	38
5.2. Enviament de correus	40

5.3. Lectura d'un correu electrònic	41
Resum	44
Activitats	45
Exercicis d'autoavaluació	45
Solucionari	46
Glossari	48
Bibliografia	49

Introducció

Des de la proliferació dels sistemes informàtics, els computadors han esdevingut una peça clau en les xarxes de comunicacions. Per posar un exemple, el procés de digitalització de les xarxes telefòniques va anar acompanyat de l'adopció de commutadors telefònics basats en computadors. Paral·lelament, els centres de recerca i militars van fer ús d'aquestes xarxes per a implantar el que acabaria essent Internet. Durant els anys vuitanta del segle XX, diferents sistemes d'informació remots estaven disponibles per als usuaris que s'hi connectessin per mitjà d'una trucada telefònica.

En els entorns d'oficina, la incorporació d'ordinadors personals com a substitució dels antics terminals connectats a *mainframes* va propiciar l'adopció d'estàndards per a xarxes d'àrea local que donessin suport a la compartició de recursos.

Finalment, l'esclat d'Internet, l'accés a banda ampla i l'augment del nombre d'ordinadors per habitant han fet de les xarxes de computadors un element clau en el desenvolupament de la societat de la informació.

En aquest mòdul estudiarem el funcionament de les xarxes de computadors. Sense ànim de ser exhaustius ni d'emprar un llenguatge orientat a enginyers, veurem aspectes bàsics de les xarxes més habituals al nostre entorn i com hi influeixen les tecnologies d'Internet.

En primer lloc, estudiarem els fonaments bàsics de les xarxes de computadors. En segon lloc, presentarem el funcionament i ús de les tecnologies de xarxa d'àrea local, ja que són tecnologies molt esteses en entorns laborals, i fins i tot, en l'entorn domèstic. Una part del mòdul estarà dedicada a explicar l'evolució i funcionament d'Internet (basat en el conjunt de protocols conegut com a *TCP/IP*). Finalment, analitzarem el funcionament del correu electrònic, cosa que ens permetrà ubicar sobre un escenari real alguns dels conceptes estudiats al llarg del mòdul.

Objectius

Els objectius que l'estudiant haurà assolit en finalitzar aquest mòdul són:

- 1.** Conèixer els diferents tipus de xarxes de computadors.
- 2.** Comprendre els fonaments de la transmissió d'informació en una xarxa de computadors.
- 3.** Distingir els elements que formen part d'una xarxa d'àrea local.
- 4.** Comprendre els fonaments del funcionament d'Internet.
- 5.** Conèixer alguns dels serveis de comunicació que funcionen amb Internet.
- 6.** Relacionar els aspectes descrits en el mòdul amb aplicacions reals.

1. Les xarxes de computadors

Multitud de processos, activitats i serveis es fonamenten o complementen per mitjà de les xarxes de comunicacions. N'hi ha de diferents tipus, per exemple, les xarxes de telefonia fixa i mòbil, les xarxes en processos de fabricació automatitzats, les xarxes de difusió de televisió i ràdio, etc. Les xarxes de computadors són el sistema resultant d'interconnectar ordinadors mitjançant una tecnologia de transmissió de dades determinada. La funció d'aquesta interconnexió és, bàsicament, la comunicació d'informació entre els ordinadors que hi estan connectats.

En aquest mòdul ens centrarem en les xarxes de computadors, ja que són l'eina fonamental en què es basa i desenvolupa gran part del que anomenem *societat de la informació*.

Avui dia podem trobar una gran varietat de dispositius connectats en una xarxa de computadors, com ara:

- Ordinadors personals, per a realitzar tasques ofimàtiques, de disseny, administratives, de comunicació per Internet, d'oci, etc.
- Ordinadors utilitzats com a servidors, amb gran capacitat de càlcul i emmagatzematge, per a gestionar informació com ara serveis web, correu electrònic, bases de dades, etc.
- Ordinadors mòbils, com ara portàtils o PDA connectats per mitjà de tecnologies sense fil.
- Discos durs, impressores i altres perifèrics connectats directament a la xarxa.
- Finalment, cal que esmentem els equips dedicats a interconnectar equips i xarxes, com ara els commutadors i els encaminadors.

Tanmateix, la proliferació dels ordinadors com a part integrant de cotxes, enregistradors de vídeo, telèfons mòbils, etc. fa que aquests dispositius també puguin formar part d'una xarxa de computadors.

Un dels usos principals de les xarxes de computadors és compartir recursos com, per exemple, la informació en una pàgina web o una base de dades.

L'objectiu principal de les xarxes de computadors és la interconnexió d'equips amb el propòsit fonamental de compartir, enviar i rebre informació.

Exemple de xarxes de computadors

Alguns casos de xarxes de computadors són:

- En una oficina petita, hi ha cinc ordinadors personals connectats en xarxa d'àrea local. Comparteixen una connexió a Internet i una impressora làser. Hi ha un sisè ordinador, més potent, que fa de servidor d'un sistema de gestió comptable. Tothom pot imprimir utilitzant la impressora compartida i tothom pot navegar per Internet.
- En una productora de cinema d'animació, disposen de setze ordinadors potents connectats en una xarxa d'àrea local. Els dissenyadors, per obtenir una seqüència de la pel·lícula, reparteixen el procés de renderització entre els setze ordinadors. Així, doncs, cada ordinador processarà una part de la seqüència, i tindran el producte final en menys temps que si l'hagués processat un de sol.
- Una colla d'amics es reuneix per jugar a un joc d'ordinador en xarxa. Amb els seus ordinadors portàtils estableixen una xarxa sense fil per poder jugar junts.
- En una llar, a l'estudi, hi ha un ordinador amb un lector de targetes i un enregistrator de televisió digital. A la sala, hi ha un disc dur multimèdia amb connexió a xarxa d'àrea local. A aquest disc s'envien les fotografies preses amb la càmera digital, els enregistraments de programes de televisió, etc. Aquest disc té accés a Internet, de manera que es pot connectar amb serveis de ràdio i vídeo a Internet.
- Una empresa amb seu a Barcelona està connectada per Internet amb les delegacions de Madrid i València. Les tres seus comparteixen un mateix sistema d'informació, ubicat a Barcelona. Per a establir trucades telefòniques, també fan servir la connexió a Internet.

En els propers subapartats, anirem veient les tecnologies que fan possibles aquests i altres escenaris.

1.1. Tipus de xarxes

Clàssicament, les xarxes de computadors tenen diferents classificacions en funció de quina propietat tenen. En el nostre cas, veurem una classificació en funció de la mida de la xarxa i en funció del sistema de comunicació.

1.1.1. Xarxes segons la mida

Segons les dimensions físiques de la xarxa, ens podem trobar amb els casos següents:

- Una **xarxa d'àrea personal**¹ (PAN) és una xarxa formada per dispositius separats, com a màxim, de pocs metres. Per exemple, la connexió d'un telèfon mòbil amb l'equip d'àudio d'un cotxe, la connexió d'un ordinador amb els perifèrics per mitjà de connexió sense fil, etc.
- Una **xarxa d'àrea local**² (LAN) es caracteritza per la proximitat dels equips connectats (fins a 100 m aproximadament) i per l'alta velocitat de transferència de dades que ofereix. Tanmateix, avui dia és possible tenir conne-

Procés de renderització

La renderització és un procés per a generar una imatge o animació en 3D a partir d'un model descrit en un llenguatge específic utilitzant una aplicació informàtica.

⁽¹⁾En anglès, *personal area network*.

⁽²⁾En anglès, *local area network*.

xions de gran abast que ofereixen grans velocitats, amb la qual cosa podem tenir una LAN formada per xarxes ubicades en diferents punts d'una ciutat.

- Una **xarxa d'àrea metropolitana**³ (MAN), que abasta generalment l'àrea d'una ciutat. Per exemple, la xarxa de distribució de televisió per cable d'una operadora de comunicacions.
- Una **xarxa d'àrea estesa**⁴ o **de llarg abast** (WAN) es caracteritza perquè cobreix un gran territori. Un possible exemple seria una xarxa de dades que interconnecti totes les universitats d'un país.

Internet es podria considerar com la xarxa més gran de computadors, resultant de la interconnexió de diverses xarxes d'àrea estesa destinades a la transmissió de dades.

1.1.2. Xarxes segons el sistema de comunicació

Segons com es transmet la informació, una xarxa de computadors es pot classificar en els tipus següents:

- **Xarxes punt a punt**, les quals connecten dos dispositius. Un exemple seria una connexió per Internet entre una càmera de vigilància ubicada en una ciutat i un ordinador ubicat en una altra.
- **Xarxes de difusió**⁵, en les quals, gràcies a les característiques del sistema de transmissió de dades, totes les màquines que es troben dins l'abast d'un emissor reben la informació que aquest genera, en siguin receptors o no. Un exemple són les xarxes LAN sense fil, en les quals tots els ordinadors que es troben a l'abast del punt d'accés (terme que estudiarem més endavant) poden accedir a la informació.
- **Xarxes de difusió selectiva**⁶, en què la informació s'envia a un grup de màquines. En contraposició a les xarxes de difusió, les màquines que no pertanyen al grup no la reben. Un exemple en seria la televisió basada en Internet, per mitjà de la qual s'envia una pel·lícula solament als usuaris que han abonat la tarifa corresponent.

En la figura següent podem veure els tipus de xarxes segons com s'accedeix a la informació:

- **Model client-servidor.** Aquest és el model més clàssic, en què unes màquines (els clients) demanen la informació a unes altres (servidors). Per exemple, demanen l'estat del compte corrent al servei web de la nostra caixa d'estalvis. El servidor és una màquina potent o un conjunt de màquines treballant conjuntament, com hem vist en el primer mòdul. El ser-

Xarxes SOHO

Les xarxes per a les llars o les petites oficines reben el nom de SOHO (de l'anglès *small office, home office*).

⁽³⁾En anglès, *metropolitan area network*.

⁽⁴⁾En anglès, *wide area network*.

⁽⁵⁾En anglès, *broadcast*.

Vegeu també

Vegeu la definició de punt d'accés en el subapartat 3.1.

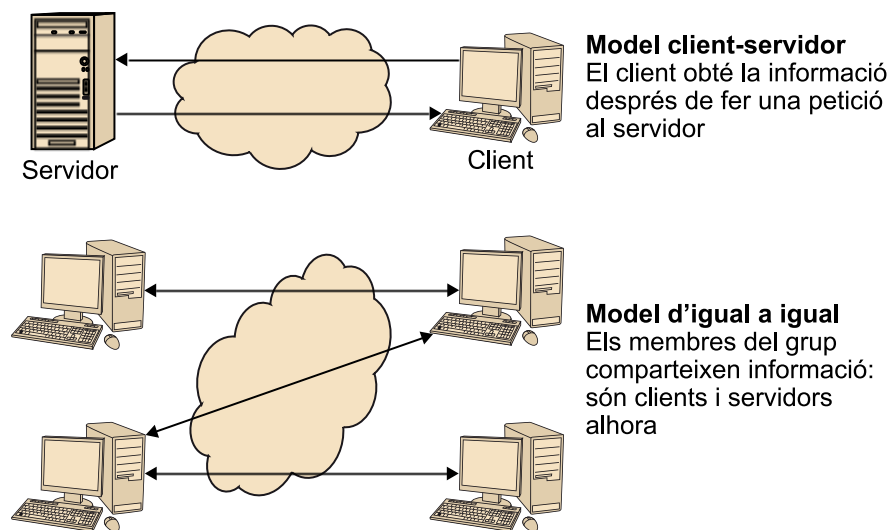
⁽⁶⁾En anglès, *multicast*.

vidor funciona les vint-i-quatre hores del dia, ja que necessitem accedir al compte corrent des de qualsevol racó del món. Els servidors contenen i centralitzen la informació a la qual accedeixen els clients.

- **Xarxes d'igual a igual⁷ (P2P).** En aquestes xarxes, no hi ha un servidor únic que contingui tota la informació. De fet, tots els membres de la xarxa tenen el mateix paper: els clients fan alhora de servidors d'informació. Hi ha exemples de programes informàtics de compartició de fitxers basats en aquest tipus de xarxes.

⁽⁷⁾En anglès, *peer-to-peer*.

Tipus de models d'accés a la informació.



1.2. Organismes reguladors de les telecomunicacions i Internet

Des de l'aparició dels primers sistemes de transmissió d'informació, un seguit d'organismes s'han dedicat a la seva regulació i estandardització. Tot seguit en destaquem els més rellevants:

- L'**Institut d'Enginyers Elèctrics i Electrònics⁸ (IEEE)** és una associació professional que s'encarrega de l'estandardització de molts sistemes electrònics de transmissió. En relació amb les xarxes de computadors, hi ha els estàndards referents a les tecnologies de xarxes d'àrea local. És molt antiga, ja que funciona des del segle XIX (el nom actual data de 1963).
- La **Unió Internacional de Telecomunicacions⁹ (ITU)** data de l'any 1934 i depèn de les Nacions Unides. Entre els aspectes que regula, hi trobem alguns estàndards de videoconferència, transmissió d'informació per les línies telefòniques, etc.
- El **Grup de Treball en Enginyeria d'Internet¹⁰ (IETF)** és una organització que s'encarrega dels estàndards relacionats amb les aplicacions i protocols en què es fonamenta Internet. Es va crear l'any 1986.

⁽⁸⁾En anglès, l'Institute of Electrical and Electronic Engineers.

⁽⁹⁾En anglès, International Telecommunication Union.

⁽¹⁰⁾En anglès, Internet Engineering Task Force.

IETF

Els documents en els quals es publiquen els acords de la IETF s'anomenen *RFC* (*request for comments*). Es poden consultar en el seu web. N'hi ha de tota mena. Fins i tot el document número 1149 tracta sobre com es pot enviar informació amb coloms missatgers!

- La **Corporació d'Internet per a l'Assignació de Noms i Números**¹¹ (ICANN) és una organització internacional que és responsable d'administrar els dominis d'Internet i la numeració d'adreces IP.
- La **Societat Internet**¹² (ISOC) és un organisme que es dedica a promoure l'ús d'Internet per part de la societat.
- Finalment, cal esmentar l'**Organització Internacional per a la Normalització**¹³ (ISO). Aquest organisme s'encarrega de promoure el desenvolupament de normes internacionals de fabricació, comerç i comunicació en molt àmbits. En el terreny de la informàtica i de les comunicacions, és responsable de recollir estàndards com, per exemple, el de compressió de vídeo MPEG.

⁽¹¹⁾En anglès, *Internet Corporation for Assigned Names and Numbers*

Vegeu també

Els conceptes d'adreça IP i dominis d'Internet es veuran en el subapartat 4.2.

⁽¹²⁾En anglès, *Internet Society*.

⁽¹³⁾En anglès, *International Organization for Standardization*.

1.3. Protocols de comunicacions

La gran majoria d'estàndards relacionats amb les xarxes de computadors descriuen protocols de comunicacions en un determinat nivell.

Un protocol de comunicacions estableix els passos per a dur a terme una comunicació d'informació en un nivell específic, és a dir, l'enviament de missatges entre els comunicants, com també el contingut d'aquests missatges.

Justament la ISO, amb el suport de la ITU, va publicar l'any 1977 unes directrius per estandarditzar els sistemes i aplicacions basats en els **sistemes oberts** (sistemes que s'interconnecten formant, justament, xarxes de computadors). La interconnexió per a sistemes oberts¹⁴ (OSI) recull aquestes directrius. Fins que l'ISO no va presentar les directrius OSI, era molt complicat que les tecnologies de xarxa d'un fabricant poguessin interactuar amb solucions d'altres fabricants.

⁽¹⁴⁾En l'anglès, *open systems interconnection*.

En l'OSI, s'especifica que les propostes d'interconnexió de sistemes s'han d'ubicar dins d'un dels set nivells següents: nivell 1 (físic), nivell 2 (enllaç), nivell 3 (xarxa), nivell 4 (transport), nivell 5 (sessió), nivell 6 (presentació) i nivell 7 (aplicació).

Exemple de protocol OSI

Un protocol ubicat en el nivell físic de l'OSI tractarà de com es poden enviar bits sobre un medi de transmissió determinat com, per exemple, la fibra òptica. Un protocol ubicat en

el nivell d'aplicació tractarà, per exemple, sobre com es pot accedir al compte de correu electrònic i descarregar els missatges.

El model Internet

Tot i que l'ISO va presentar un model per aconseguir l'objectiu de fer possible la interconnexió de sistemes oberts, a la pràctica la interconnexió entre sistemes s'ha fet amb protocols dissenyats per a Internet. Sovint aquests protocols no corresponen només a un nivell de l'OSI sinó que corresponen a diversos nivells.

2. La transmissió d'informació

En aquest apartat ens centrarem a comprendre quins són els fonaments de l'enviament d'informació en les xarxes de computadors. En primer lloc, farem esment del funcionament dels medis físics que es fan servir i, finalment, aprofundirem en els mecanismes de l'enviament de missatges sobre aquest medi físic.

2.1. El medi físic

Les xarxes de computadors fan servir diferents medis físics per a la interconnexió d'equips. Tot seguit els descrivim.

D'una banda, hi ha els medis guiats, és a dir cables pels quals es transmet la informació. Entre aquests destaquen:

- El **cable de parells trenats**¹⁵. Es tracta d'un parell de fils de coure prims que formen trenes. Aquest parells es troben agrupats dins un tub. Els diferents diàmetres del coure i la quantitat de trenes estableixen diferents categories d'aquests cables, i els més utilitzats són els de categoria 5. Un dels usos més coneguts és la connexió dels ordinadors a la xarxa d'àrea local, per mitjà d'un connector RJ-45.
- La **fibra òptica**, que permet velocitats molt elevades, s'utilitza bàsicament per a interconnectar xarxes que necessiten aquestes velocitats (per exemple, xarxes d'operadores de comunicacions o de distribució de televisió per cable).

L'amplada de banda

El concepte amplada de banda pot tenir diferents significats. En aquest mòdul, entendrem per amplada de banda la quantitat d'informació per segon que permet un sistema de transmissió determinat. A partir d'un bit d'informació per segon (1 bit/s) podem anar fent múltiples: 1 kbit/s són 1.000 bit/s; 1 Mbit/s són 1.000 kbit/s, etc.

En el cas del cable trenat, el senyal que hi circula és electromagnètic i es comporta com una ona. En la fibra òptica viatja, literalment, un raig de llum.

En contraposició als medis guiats, diverses tecnologies de comunicació fan servir el buit com a medi físic. Per exemple, les xarxes sense fil fan servir aquest medi físic. Un altre sistema molt utilitzat són els radioenllaços, típicament per a connexions de gran amplada de banda.

⁽¹⁵⁾En anglès, *twisted pair*.



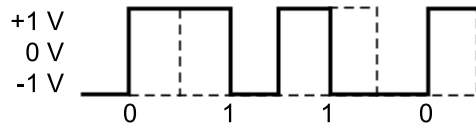
A l'esquerra, un tub de parells trenats i, a la dreta, un cable amb el connector RJ-45 per a xarxa d'àrea local

Exemples de com s'envia la informació sobre el medi

A l'hora d'especificar com s'envia la informació sobre el medi, hi ha una colla de possibilitats. Sense pretendre ser exhaustius, veurem dos exemples:

- Els uns i zeros que s'envien **sobre una ona electromagnètica** (en el buit o per mitjà d'un cable) incidiran en la forma d'aquesta ona. Per a transmissions digitals, el bit 0 es podria transmetre com un pas de voltatge negatiu a positiu, i el bit 1 en el pas de voltatge positiu a negatiu.

Enviament de bits, en concret 0110, sobre una ona electromagnètica digital



- Els bits s'envien sobre la fibra òptica **engegant i parant l'emissor**. D'aquesta manera, i per fer-ho planer, un 1 implicaria emetre llum a través de la fibra durant un temps determinat (habitualment temps de l'ordre de nanosegons), mentre que un 0 implicaria no emetre'n.

Els protocols que defineixen com s'envien els bits sobre el medi pertanyen al nivell físic de l'OSI.

Transmissions analògiques

Molts sistemes de transmissió envien la informació digital com si es tractés d'un senyal analògic. Per exemple, les tecnologies de xarxes sense fil, que estudiarem en el subapartat 3.1.

Per a fer-ho, es fan servir conjunts de bits que s'envien de cop (símbols d'un codi). Cada símbol representa un canvi d'amplada i/o fase en l'ona que s'emeta.

2.2. Enviament de trames

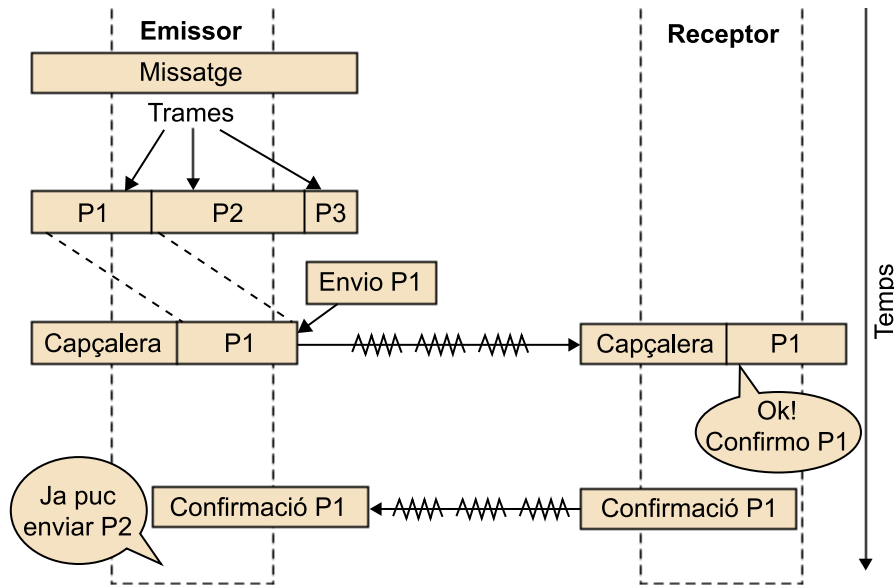
Un cop hem vist com s'envien els bits per les xarxes de computadors (i en general en les xarxes de comunicacions), veurem com s'organitza la informació a l'hora d'enviar-la per mitjà d'un enllaç punt a punt, és a dir, d'un node emissor cap a un node receptor. En aquest cas, estem parlant de protocols del nivell d'enllaç de l'OSI.

Vegem-ho de manera didàctica sobre un exemple. Suposem que hi ha dos computadors units per una fibra òptica i volem enviar un text de 1.100 bytes de longitud per mitjà d'aquesta connexió. La figura següent mostra l'exemple.

Més petits que el segon

Un mil·lèsim (ms) és la mil·lèsima part del segon. Un microsegon (μ s), és la milionèsima part del segon. Un nanosegon (1 ns) és la milionèsima part del segon!

Exemple d'enviament de trames



El primer que farà l'emissor és dividir la informació en paquets anomenats **trames**. Cada protocol de comunicació té una **mida màxima de paquet**¹⁶. En el nostre protocol d'enllaç, la mida màxima de trama és de 500 bytes. Això vol dir que el missatge es dividirà en tres porcions: les trames P1 i P2 de 500 bytes cada una, i la trama P3 amb els 100 bytes restants.

⁽¹⁶⁾En anglès, s'anomena *maximum transfer unit* (MTU).

Abans de l'enviament, el protocol d'enllaç afegirà un seguit d'informació complementària a la trama, en un espai inicial anomenat **capçalera**:

- Un **indicador d'inici de trama**. Habitualment es tracta d'un patró de bits i serveix per a indicar al receptor que es comença a rebre informació.
- La **longitud de la trama**, perquè el receptor sàpiga quan s'acaba la trama i la pugui donar per rebuda.
- Un **codi de comprovació** perquè el receptor detecti si hi ha hagut algun error durant la transmissió (per exemple, que un 0 hagués quedat afectat per una interferència i s'hagués convertit en un 1).

Codis de comprovació

Els codis de comprovació permeten comprovar, amb gairebé total seguretat, que la informació rebuda o enregistrada és correcta. Un exemple quotidià és la lletra del NIF. Aquesta s'obté amb una fórmula matemàtica i permet comprovar que el número de DNI s'ha introduït correctament. A partir del número es calcula la lletra, i si difereix de la que hauria de ser vol dir que el DNI s'ha introduït malament.

El paquet s'enviarà emetent els 0 i els 1 dels bytes per mitjà de la fibra òptica, tal com hem vist anteriorment.

Un cop la informació ha arribat al receptor, aquest en comprovarà la validesa (utilitzant el codi de comprovació). Si tot ha anat bé, el receptor respondrà amb una **trama especial de confirmació** que indicarà que la informació s'ha

rebut correctament. Un cop rebuda aquesta confirmació, l'emissor dona P1 per enviat i ja pot enviar P2. Noteu que si no s'hagués rebut bé, en haver passat una estona i no haver rebut cap confirmació, l'emissor reenviaria la trama.

2.3. El medi compartit

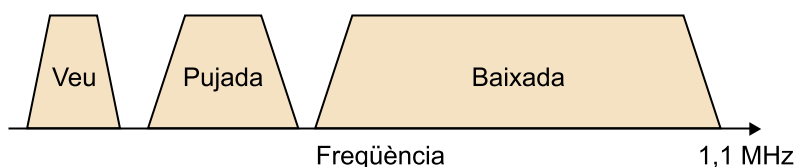
En l'exemple del subapartat anterior només hi havia un emissor i un receptor units per una fibra òptica. En el món de les comunicacions, i de les xarxes de computadors en particular, el medi que s'utilitza per comunicar-se sol estar compartit. Amb una sèrie d'exemples anirem veient diferents maneres de compartir el medi.

En el cas de la televisió o la ràdio hi ha diferents canals i emissores que estan compartint el medi. Perquè no hi hagi problemes, hi ha una regulació de l'espectre radioelèctric: es té cura que cadascun dels canals tingui assignada una freqüència determinada i que no hi hagi més d'un canal usant la mateixa freqüència. Aquest sistema s'anomena **multiplexació per divisió de freqüència** i no solament s'utilitza en la ràdio i la televisió.

Per exemple, els sistemes de línia d'abonat digital asimètrica¹⁷ (ADSL) fan servir aquest sistema per a connectar la xarxa de computadors de casa a Internet. Tal com es pot veure en la figura següent, pel cable telefònic circulen tres menes d'informació, cada una per la seva freqüència assignada: la veu de les trucades telefòniques, la informació digital que ve d'Internet (baixada) i la informació digital que nosaltres enviem a Internet (pujada).

⁽¹⁷⁾En l'anglès, *asymmetric digital subscriber line*.

Divisió de la freqüència en el sistema ADSL



Si el que es comparteix és una fibra òptica, es tendeix a realitzar una **multiplexació per divisió del temps**. Suposem que una mateixa fibra està essent utilitzada per quatre comunicacions. Aleshores, la fibra estarà disponible durant un instant determinat de temps per a la comunicació número 1; el següent instant de temps ho estarà per a la comunicació 2 i així successivament. Un cop hagi acabat la comunicació número 4, la fibra tornarà a estar disponible per a la comunicació 1.

Un altre mètode de compartició de l'accés al medi es basa en la distribució d'aquest per part d'un **dispositiu mestre**. Per exemple, en la tecnologia Bluetooth, els dispositius pròxims formen una xarxa anomenada *picoxarxa* (*piconet*). En cada picoxarxa es tria un dispositiu mestre que va preguntant als demés dispositius (que fan les funcions d'**esclau**) qui ha de fer ús del medi. En cas que algú el necessiti, el tindrà disponible durant cert temps.

3. Les xarxes d'àrea local

Un cop hem vist com es transmet la informació sobre un medi físic, ens centrarem en el funcionament de les xarxes que tenim més a l'abast, a la feina o a casa: les xarxes d'àrea local¹⁸.

En primer lloc, revisarem quines són les funcionalitats d'una xarxa d'àrea local. Tot seguit, estudiarem els conceptes fonamentals de les tecnologies en què es basen.

Les xarxes de computadors van aparèixer quan els terminals simples connectats a ordinadors centrals van anar essent substituïts per ordinadors personals. La compartició de recursos és una de les finalitats de la interconnexió en xarxa dins un entorn d'àrea local. Tot seguit esmentem les més habituals:

- **Compartició d'impressores.** Els diferents treballadors comparteixen un parell d'impressores que també es troben connectades a la xarxa. D'aquesta manera, no fa falta que cada ordinador tingui una impressora. A més, una impressora pot ser de tecnologia làser per a grans volums de còpies i l'altra pot ser una impressora d'injecció amb alta qualitat fotogràfica.
- **Còpies de seguretat.** Els treballadors desen els documents en una carpeta que, malgrat ser accessible des del seu entorn de treball de l'ordinador, es troba físicament en un ordinador que fa de servidor. Cada nit, aquest ordinador envia una còpia de seguretat cap a un disc dur que es troba connectat a la xarxa. D'aquesta manera, no cal que cada ordinador disposi d'un sistema propi de còpies de seguretat: els documents estaran desats en l'ordinador des del qual se'n fan còpies. L'alta velocitat de la xarxa permetrà treballar com si els documents estiguessin desats en els discos durs dels ordinadors dels treballadors.
- **Connexió compartida a Internet.** Tothom pot navegar per Internet gràcies a la connexió compartida. Fóra impensable proveir amb una connexió a Internet cadascun dels ordinadors. Aquesta connexió es realitza per mitjà d'un punt de connexió que disposa dels mecanismes de seguretat adequats per a protegir els ordinadors de la xarxa dels atacs informàtics que poden venir d'Internet.

⁽¹⁸⁾D'ara en endavant identificades pel seu acrònim en anglès: LAN.

Caracterització d'una LAN

Recordeu que una LAN es caracteritza per la proximitat dels equips connectats i per l'alta velocitat de transmissió de dades.

- **Support per al sistema de telefonia.** El sistema intern de comunicació es du a terme per mitjà del propi ordinador: amb uns telèfons de veu sobre IP, l'empresa ha fet un estalvi considerable prescindint d'una centraleta telefònica.

La veu sobre IP

Les tecnologies de veu sobre IP (VoIP) permeten l'ús d'una xarxa de computadors (com ara una xarxa d'àrea local, o bé Internet) per a realitzar trucades de veu.

3.1. Tecnologies LAN

En aquest subapartat estudiarem, des d'un punt de vista pràctic, les tecnologies que fan possibles les LAN. Més endavant il·lustrarem, en termes d'equips i característiques, diferents tipus de LAN que podem trobar al nostre entorn més proper. Les tecnologies que estudiarem defineixen protocols tant en el nivell físic com en el nivell d'enllaç.

3.1.1. Ethernet

Les tecnologies Ethernet daten de mitjan anys setanta. La idea bàsica era que diferents màquines estaven connectades mitjançant un cable (anomenat *ether*) per a enviar i rebre informació.

Com que el mitjà era compartit i no era viable preveure diferents canals per a cada estació, es va haver d'implementar un sistema d'accés al mitjà basat en l'accés múltiple amb escolta de portadora del senyal (CSMA)¹⁹. Aquest sistema consisteix a escoltar el mitjà (mirar si hi ha voltatge al cable) i, si ningú el fa servir, transmetre la informació. Si algú està enviant informació, cal esperar un temps aleatori abans de tornar-ho a intentar.

⁽¹⁹⁾En l'anglès, *carrier sense multiple access*.

Les primeres Ethernet permetien una velocitat de 10 Mbit/s. Aquestes podien tenir dues topologies físiques de les màquines com es pot observar en la figura següent:

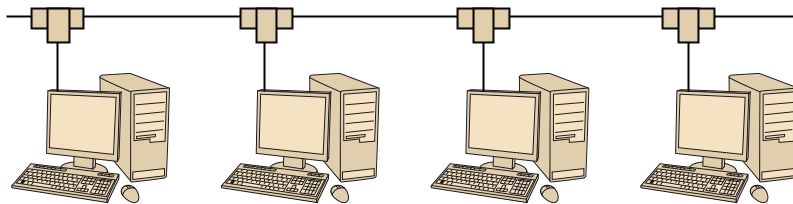
- Topologia de **bus**, per mitjà de cables coaxials, semblants als de les antenes de televisió. Les màquines es connectaven formant una cadena i, si fallava la connexió en qualsevol punt, fallava tota la xarxa!
- O bé topologia d'**estrella**, en la qual les màquines es connecten a un concentrador (en anglès *hub*) fent servir cables trenats i connectors RJ-45. Aquesta disposició és la que ha perdurat fins l'actualitat.

Ports de connexió

Els concentradors disposen de connexions femella anomenades *ports de connexió*. Hi ha aparells amb quatre, vuit, setze o fins i tot més ports.

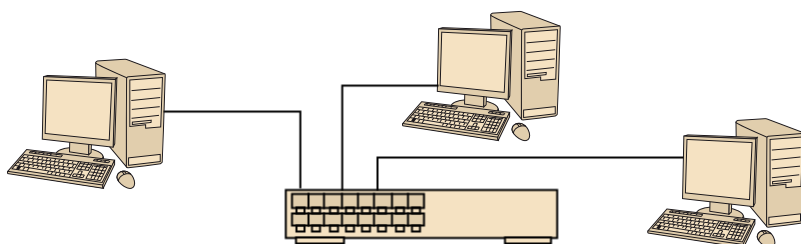
Tipus de topologies

Topologia de bus



Tot el que emet un ordinador s'escampa pel cable

Topologia d'estrella



Tot el que emet un ordinador ho escampa el concentrador

Adreces físiques

Les adreces físiques (o adreces MAC, de l'anglès *medium access control*) estan formades per grups de dotze dígit hexadecimals, per exemple: 3A:02:1C:9B:7A:A9.

La tecnologia Ethernet, recollida en l'estàndard IEEE 802.3, fixa un model de paquet que preveu, específicament, una **adreça física** d'origen i una de destinació. Així, tot i enviar els paquets per un cable on hi ha diverses màquines connectades, el mateix paquet indica quina d'aquestes màquines és la receptora de la informació. I la receptora sabrà qui li ha enviat la informació, per si de cas li ha de contestar.

A mitjan els anys noranta, el creixement de la capacitat dels equips informàtics i de la informació que manejaven va impulsar un nou sistema Ethernet, amb més velocitat. Així, doncs, apareix el **Fast Ethernet** (literalment Ethernet ràpida), a una velocitat de 100 Mbit/s.

En paral·lel es popularitzen els commutadors (en anglès, *switch*), que agiliten la transmissió d'informació per les xarxes Ethernet.

Els **commutadors** són capaços de saber quines màquines hi ha connectades a cada port. A diferència del concentrador, el commutador no escampa la informació rebuda sinó que l'envia al port on hi ha l'ordinador que l'ha de rebre. Això fa que la xarxa sigui molt més eficient.

Actualment les velocitats que ofereix Ethernet superen els 1.000 Mbit/s, la qual cosa dóna lloc al **Gigabit Ethernet**. Ethernet és una tecnologia que ha passat a ser un estàndard àmpliament usat. No solament ha desbancat altres sistemes

de LAN, com ara els anells de testimoni o *token ring* (populars durant els anys 1980 i 1990), sinó que actualment està desbancant tecnologies per a xarxes MAN i WAN.

Si fa uns quants anys la connexió a una LAN Ethernet es feia per mitjà de maquinari car, avui dia tots els ordinadors personals, de sobretaula o portàtils, van equipats de sèrie amb un connector per a xarxa Ethernet.

3.1.2. LAN sense fil

L'objectiu de les LAN sense fil (en anglès *wireless LAN*) és dotar de connexió a una LAN els ordinadors mòbils, bàsicament portàtils i telèfons mòbils avançats. Aquestes connexions sense fil s'han popularitzat en els entorns públics i a les pròpies llars.

Les LAN sense fil es caracteritzen perquè ofereixen connexió a una LAN sense haver de preveure i instal·lar un cablejat.

Wi-Fi

Les xarxes LAN sense fil reben popularment el nom de *Wi-Fi*.

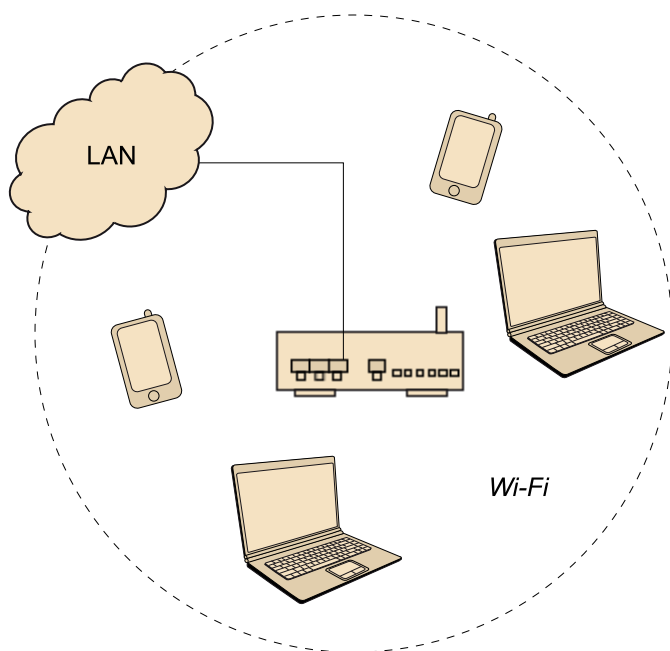
Si per a connectar-nos a una LAN cablejada ens hem de connectar a un commutador o un concentrador fent servir un cable, per connectar-nos a una xarxa sense fil hem de connectar-nos amb un **punt d'accés**. Aquest dispositiu permet la connexió a una xarxa que s'identifica amb un **identificador de servei**⁽²⁰⁾ (SSID). L'abast d'aquesta xarxa sense fil variarà en funció del lloc on es trobi ubicat el punt d'accés: en un espai obert serà considerablement més gran que si es troba dins un edifici amb parets de formigó.

⁽²⁰⁾En anglès, *service set identifier*.

La banda ISM

Les xarxes sense fil que podem tenir a casa funcionen en la banda ISM (de l'anglès *industrial, scientific and medical*). Es tracta d'una banda de freqüències en què es poden usar aparells sense haver de demanar llicència (com sí passaria si volguéssim posar un emissor de televisió).

LAN sense fil



La figura mostra dos portàtils i dues agendes digitals connectades a una LAN per mitjà d'un punt d'accés.

Una de les funcionalitats principals del punt d'accés és connectar-nos a una LAN cablejada. Així, doncs, des d'una mateixa xarxa, tant els equips fixos com mòbils poden compartir recursos.

Les LAN sense fil es troben estandarditzades segons l'IEEE 802.11. Des de l'aparició de l'estàndard, hi ha hagut una sèrie de variants, entre les quals destaquem:

- **IEEE 802.11a.** Utilitza la banda dels 5 Ghz i permet la transmissió a 54 Mbit/s. Com que funciona a una banda de freqüència diferent de la variant *b*, els dos estàndards no són compatibles entre ells. És per això que els fabricants solen oferir equips que implementen les dues variants.
- **IEEE 802.11b.** Fa servir la banda dels 2,4 GHz i permet la transmissió a 11 Mbit/s. L'avantatge d'aquest estàndard respecte a la variant *a* és la millora de la qualitat del senyal. En la variant *a* es necessiten més punts d'accés per a tenir la mateixa qualitat de servei, ja que els obstacles absorbeixen més fàcilment les ones en freqüències altes, per exemple, les parets d'una oficina.
- **IEEE 802.11g.** És l'estàndard actual amb més èxit. Funciona a la banda dels 2,4 GHz (per la qual cosa és compatible amb el 802.11b) i permet velocitats de 54 Mbit/s.

Adaptació de velocitats

Les velocitats que hem apuntat són velocitats màximes, ja que, en funció de la qualitat del senyal que rep l'ordinador connectat a la LAN sense fil, la velocitat de transmissió s'anirà ajustant per a fer-se resistent als errors.

Actualment hi ha altres variants, algunes en procés d'estandardització, per a augmentar la velocitat de transmissió i la seguretat en les xarxes sense fil.

La seguretat en les LAN sense fil és important. Si per a connectar-se a una LAN Ethernet cal tenir accés físic al dispositiu que ens hi connecta, per a connectar-se a una LAN sense fil n'hi ha prou d'estar a l'abast del punt d'accés. Així, doncs, es pot donar el cas que un veí es connecti al nostre punt d'accés i, per exemple, es dediqui a navegar per Internet fent servir la nostra línia ADSL (o pitjor: que es dediqui a tafanejar entre les carpetes compartides de la nostra xarxa, etc.).

Per a protegir l'accés indegut a la nostra LAN sense fil, hi ha una sèrie de tècniques entre les quals destaca la protecció amb el **sistema de privadesa equivalent al d'una xarxa cablejada** (WEP²¹). Aquest sistema es basa en el coneixement d'una contrasenya per a tenir permís per a connectar-se a una LAN sense fil. Si no es coneix la contrasenya, el punt d'accés no ens permetrà la connexió a la xarxa sense fil.

⁽²¹⁾En anglès, *wired equivalent privacy*.

3.1.3. Xarxes d'àrea local de gran abast

Com el seu nom indica, les LAN han estat històricament xarxes d'abast local, és a dir, que cobreixen una oficina o, com a màxim, tot un edifici. Per a la interconnexió de diferents LAN (és a dir, la interconnexió de diferents edificis, fossin a prop o en diferents ubicacions geogràfiques) s'han utilitzat les tecnologies WAN.

Vegeu també

Recordeu que hem definit les tecnologies WAN en el subpartat 1.1.1 d'aquest mòdul.

Les tecnologies WAN permeten establir connexions a gran distància. Vet aquí alguns exemples:

- La **xarxa digital de serveis integrats** (XDSI) permet la connexió de dues xarxes per mitjà d'una connexió amb una velocitat més aviat baixa (entre 64 Kbit/s i 2 Mbit/s). Funciona sobre una connexió telefònica.
- El **mode de transferència asíncrona**²² (ATM) és una proposta més recent que l'anterior (data del principi dels noranta) i permet la convivència, dins una mateixa connexió, de diferents tipus d'informació (per exemple, dades d'Internet o videoconferències). Les velocitats d'ATM són força superiors, essent els 622 Mbit/s una velocitat típica.

⁽²²⁾En anglès, *asynchronous transfer mode*.

Ethernet ha evolucionat en velocitat de transmissió (1 Gbit/s, 10 Gbit/s, etc.) i en abast: avui dia les operadores de comunicacions ofereixen la possibilitat d'interconnectar xarxes remotes, separades per quilòmetres de distància, fent servir Ethernet d'alta velocitat.

Tot i que les tecnologies anteriors permeten oferir la compartició de recursos remots i la interconnexió de xarxes, actualment el panorama s'ha revolucionat amb les tecnologies **Ethernet de gran abast**.

Això permet a treballadors situats en punts geogràficament llunyans compartir recursos i comunicar-se com si fossin dins un mateix edifici. La tecnologia Ethernet està desbancant l'ATM, la qual, a més de ser molt difícil de configurar i gestionar, implica l'adquisició d'equips més cars que els commutadors per a Ethernet de gran velocitat.

Una tecnologia relacionada amb les LAN de gran abast és la tecnologia de **xarxa privada virtual**²³ (VPN). Aquesta tecnologia permet fer servir una connexió a Internet per a connectar dos ordinadors remots o LAN remotes. Per exemple, podem connectar l'ordinador de casa a la LAN de l'empresa i treballar amb els seus recursos com si estiguéssim connectats al nostre lloc de treball: és a dir, podem accedir als servidors, als programes de gestió, a les carpetes compartides, etc. Els telèfons mòbils avançats també permeten aquestes connexions.

⁽²³⁾En anglès, *virtual private network*.

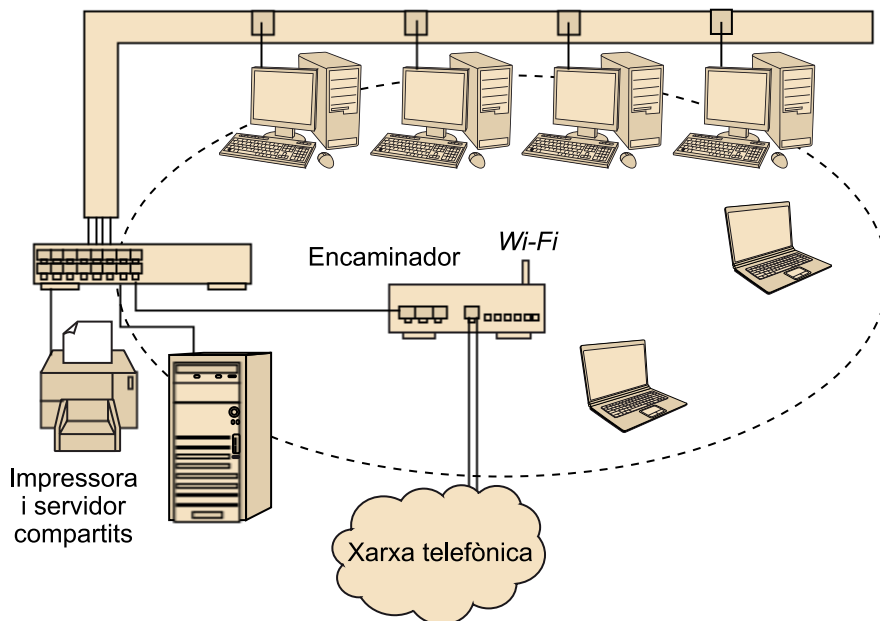
3.2. Exemples de LAN

Un cop hem vist les tecnologies que donen suport a les LAN, veurem un parell d'exemples de xarxes que podem trobar en el nostre entorn. Primer, veurem una xarxa com la que podem tenir en una petita oficina i després, veurem un exemple de xarxa de gran abast.

3.2.1. Una xarxa per a una petita oficina

En la figura següent es mostra l'esquema d'una LAN per a una petita oficina.

Exemple LAN d'una oficina



Les característiques d'aquesta xarxa són:

- Hi ha quatre ordinadors de treball connectats a un commutador *Fast Ethernet*. Cada ordinador disposa d'un connector femella RJ-45 que, amb un cable trenat de categoria 5, connecta l'ordinador amb la roseta de la paret. El cable arriba al commutador per una canalització.
- Hi ha un ordinador servidor que desa els documents de treball del personal administratiu. També està connectat a la xarxa mitjançant el commutador.
- Hi ha una impressora làser en color connectada a la xarxa també per mitjà del commutador *Fast Ethernet*.
- Els equips comparteixen una connexió a Internet per mitjà d'un aparell que ho fa possible (encaminador). D'una banda, aquest aparell està connectat al commutador per un cable trenat de categoria 5. D'altra banda,

Vegeu també

Descriurem els encaminadors o routers en el subapartat 4.2.

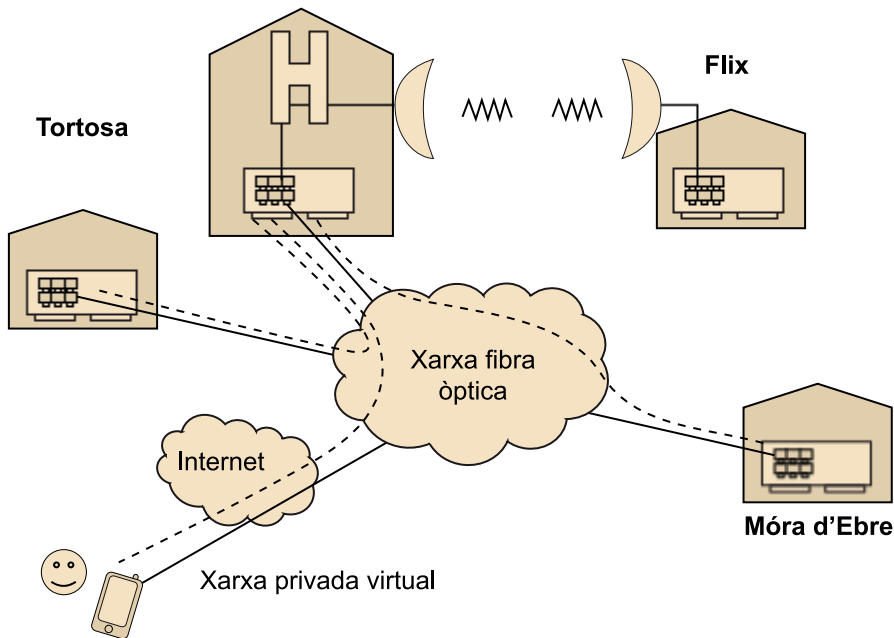
hi ha una connexió a la línia telefònica per un cable de categoria 1 (sense trenes) i un connector RJ-11.

- Aquest encaminador porta inclòs un punt d'accés, que permet la connexió a la xarxa sense fil. D'aquesta manera, si s'ha de connectar algun ordinador més a la xarxa, es pot utilitzar aquesta connexió i no cal preveure un cablejat nou.

3.2.2. Una LAN corporativa

En aquest segon exemple que es mostra en la figura següent, descrivim la xarxa per a un hospital i tres centres d'assistència primària (CAP). L'hospital i un CAP es troben a Tortosa; els altres dos CAP són a Móra d'Ebre i a Flix.

Exemple d'una LAN corporativa



Vegem quines són les característiques tècniques de les connexions utilitzades:

- Els CAP de Tortosa i Móra d'Ebre es connecten a l'hospital per les respectives connexions Gigabit Ethernet. L'operadora de telecomunicacions els ofereix aquest servei, que funciona gràcies a la fibra òptica que tenen instal·lada pel territori. La velocitat de connexió serà, doncs, d'1 Gbit/s.
- El CAP de Flix es connecta a l'hospital per mitjà d'un radioenllaç que proporciona una amplada de banda de 500 Mbit/s.

Anem a veure alguns dels serveis que es poden desplegar en aquesta xarxa. A cada centre hi ha diferents tipus de treballadors: metges i infermeres, administratius, directius i tècnics. Gràcies a l'amplada de banda que interconnecta els CAP amb l'hospital, els administratius poden treballar amb un únic servidor,

ubicat a l'hospital. D'aquesta manera, poden programar visites i aquesta informació estarà centralitzada en un únic punt. Igualment, els historials mèdics es troben digitalitzats i ubicats en un únic servidor central a l'hospital. Els metges hi poden accedir des de qualsevol CAP.

Finalment, els metges que fan visites domiciliàries poden connectar-se a la LAN des d'Internet fent servir una VPN.

VLAN

A l'hora de gestionar els centenars d'equips d'una LAN corporativa se sol utilitzar la tecnologia VLAN (de l'anglès *virtual local area network*). Aquesta tecnologia permet gestionar màquines geogràficament distants com si estiguessin connectades a un mateix commutador.

4. Internet

Al final dels anys seixanta apareixen els primers intents d'interconnexió de xarxes. Fou el cas de la interconnexió d'universitats americanes amb centres de recerca o governamentals. El desenvolupament d'aquestes idees ha donat lloc al que avui coneixem com a *Internet*.

Internet és la **xarxa de computadors global** que connecta mundialment multitud de sistemes d'informació. Internet ens permet comunicar-nos, cercar informació i, des de fa un quant temps, desenvolupar tota mena d'activitats socials.

Els sistemes implementats per a la interconnexió de xarxes han passat a ser un estàndard fins i tot en el món de les LAN. Així, doncs, dins un entorn d'oficina pot haver-hi un servei d'Internet (com ara una pàgina web) d'accés restringit per als treballadors.

En aquesta apartat, a més de veure un petit resum de l'evolució d'Internet, estudiarem com funcionen les tecnologies que fan possible la interconnexió de xarxes.

4.1. Evolució d'Internet

Tot seguit, per prendre consciència del que ha significat Internet, veurem una mica quina ha estat la seva història i evolució.

Al final dels anys seixanta, l'agència nord-americana de projectes avançats de recerca (ARPA²⁴) va subvencionar quatre universitats perquè implementessin un sistema d'interconnexió. Això va resultar en la xarxa ARPANET, que el dia 5 de desembre de 1969 va connectar les universitats de Stanford, Santa Bàrbara, Utah i Califòrnia.

Internet va començar com un projecte de recerca per a interconnectar sistemes i xarxes en un moment en què no hi havia estàndards pel que fa a connexions i sistemes operatius.

Durant els anys setanta, aquesta xarxa va incrementar el nombre de màquines connectades i va esdevenir el centre de creació dels sistemes i tecnologies que han fet d'Internet una realitat.

Primera aparició d'Internet

L'any 1974, Vinton Cerf titula una RFC *Specification of Internet Transmission Control Protocol*. És el primer cop que apareix el mot *Internet*.

⁽²⁴⁾En anglès, Advanced Research Projects Agency.

Durant els mateixos anys, es van desenvolupar sistemes d'interconnexió anomenats X.25 per a poder interconnectar servidors de diferents organismes. Tanmateix, els aficionats a la informàtica podien usar diferents tipus de serveis (com ara els BBS), utilitzant l'ordinador personal i un mòdem connectat a la línia telefònica a velocitats que avui considerem molt lentes.

Els BBS

Els BBS (de l'anglès *bulletin board system*, sistema de cartelleres) eren sistemes residents en ordinadors servidors als quals era possible connectar-se per mitjà de la línia telefònica. Hi havia serveis mantinguts per organismes oficials, mitjans de comunicació, etc., i fins i tot serveis mantinguts per aficionats a la informàtica. Des d'aquests serveis es podia accedir a notícies, comprar entrades o, fins i tot, descarregar programari.

Durant els anys vuitanta, arreu del món es van començar a implantar sistemes d'interconnexió de xarxes basats en la proposta de Vinton Cerf, considerat un dels pares d'Internet, gràcies a la qual sistemes diferents es podien interconnectar de manera simple usant tota mena de connexions físiques (connexions telefòniques, ràdio, satèl·lit, etc.).

Les operadores de comunicacions començaren a oferir serveis de connexió a la flamant "xarxa de xarxes", alhora que algunes aplicacions guanyaven popularitat, com ara les pàgines web amb hiperenllaços creades per Tim Berners Lee l'any 1989. A mitjan els anys noranta, quan Internet era utilitzada bàsicament per la comunitat científica, i pels aficionats i professionals de les tecnologies de la informació, es produeix l'esclat tant de servidors com de nombre d'usuaris, arribant al gran públic en general.

Avui dia, Internet és un "component" essencial en qualsevol ordinador personal, no solament en un entorn de treball, sinó a casa per a l'oci i la comunicació.

4.2. La interconnexió de xarxes

La interconnexió de xarxes que forma Internet es realitza per mitjà de connexions de gran amplada de banda, que funcionen sobre fibra òptica. El fet que els serveis que s'ofereixen per Internet siguin accessibles des de tots els països implica que hi ha una connexió entre tots els països (és a dir, tots els països estan connectats a Internet).

Els serveis que ofereix Internet es basen, en general, en el model client-servidor que hem vist anteriorment. Per tant, hi ha servidors que ofereixen un servei determinat (una plana web, un gestor de correu electrònic, un servei de vídeos, etc.) i clients que s'hi connecten.

Vegeu també

El web es veurà en el mòdul "El World Wide Web".

4.2.1. Datagrames

La informació que ens arriba d'Internet recorre un camí, més o menys llarg, que va des del servidor que allotja el servei fins el nostre ordinador. Aquest camí està format de diferents enllaços punt a punt.

La informació que es transmet per Internet es divideix en **datagrames**. Per exemple, quan rebem un missatge de correu electrònic, en el fons rebem els diversos datagrames o porcions que el conformen. Perquè els datagrames sàpiguen quin camí han de recórrer per a anar del servidor al client o viceversa, hi ha dos elements clau: les adreces IP i els encaminadors. Aquests conceptes se situen en el nivell 3 (xarxa) del model OSI.

Vegeu també

Recordeu que hem parlat del model OSI en el subapartat 1.3 d'aquest mòdul.

Un datagrama no s'envia directament sobre el mitjà, sinó que sempre farà servir una tecnologia d'enllaç subjacent. Per exemple, un datagrama s'enviarà entre dues màquines connectades a una mateixa LAN sobre una trama Ethernet.

4.2.2. Adreces IP

L'ús de datagrames i la identificació de xarxes amb adreces IP dóna lloc al protocol IP.

Una **adreça IP** (de l'anglès *Internet protocol*, protocol d'Internet) és un nombre que identifica una xarxa entre les moltes que formen part d'Internet. Una part d'aquest nombre arriba a identificar un ordinador dins d'aquesta xarxa.

El format d'una adreça IP consta de 32 bits que es representen en quatre grups de tres dígits decimals separats per punt. Com que els grups són de 8 bits, els nombres decimals van del 0 al 255.

Versió actual del protocol IP

La versió que s'utilitza actualment del protocol IP és la versió 4, en la qual es poden identificar 2^{32} ordinadors. A causa de la gran demanda de noves xarxes connectades a Internet s'està implantant el protocol de versió 6, en el qual les adreces són de 128 bits. En aquesta versió es podran identificar 2^{128} ordinadors!

Exemple d'adreça IP

Un exemple d'adreça IP és 85.32.69.117, la qual podria ser l'adreça d'un servei d'Internet de correu electrònic. En aquest cas, el servidor es troba dins la xarxa 85.32.69, i el servidor en què s'ubica aquest servei dins la xarxa tindria el número 117.

Rere els números de les adreces IP hi ha una colla d'implicacions. Tot seguit i, sense ànim de ser exhaustius, en veurem algunes:

- L'assignació d'adreces IP a xarxes està centralitzada per l'ICANN. No pot ser que cada xarxa tingui una adreça IP definida arbitràriament sense tenir en compte una perspectiva global.
- Les adreces IP segueixen un model jeràrquic: hi ha adreces reservades per a les xarxes molt grans, per a les xarxes mitjanes i per a les xarxes petites. De xarxes grans, n'hi ha poques, mentre que de petites n'hi ha un nombre molt gran.
- Hi ha un nombre d'adreces reservades per a xarxes privades, com les que podem tenir a casa. Un exemple són les xarxes que comencen per 192.168.

Vegeu també

Recordeu que hem parlat de l'ICANN en el subapartat 1.2 d'aquest mòdul.

4.2.3. Encaminadors

La interconnexió de xarxes s'esdevé gràcies als encaminadors. En anglès s'anomenen *routers*, nom que potser és més utilitzat i conegut que la seva traducció al català.

Un **encaminador** és un dispositiu de xarxa que processa datagrames. En funció de l'adreça IP de destinació que indica el datagrama i d'acord amb una **taula d'encaminament** definida en l'encaminador, el datagrama sortirà per una de les sortides de l'encaminador.

Per tant, un encaminador unirà diverses xarxes, cadascuna amb adreça IP diferent.

Els encaminadors són elements que ja havíem esmentat anteriorment, concretament en l'exemple de la xarxa per a una petita oficina. En aquell cas es tractava d'un encaminador ADSL. La seva missió era enviar a Internet les peticions de les màquines de la LAN i, alhora, enviar a les màquines de la LAN les respostes a de les seves peticions quan arribaven d'Internet. Els datagrames viatgen d'una xarxa (la xarxa privada LAN) a l'altra (Internet) gràcies a l'encaminador.

Si el datagrama té una destinació desconeguda per a l'encaminador, aquest reenviarà el datagrama a un encaminador que fins i tot pot estar situat en un altre país.

Time to live

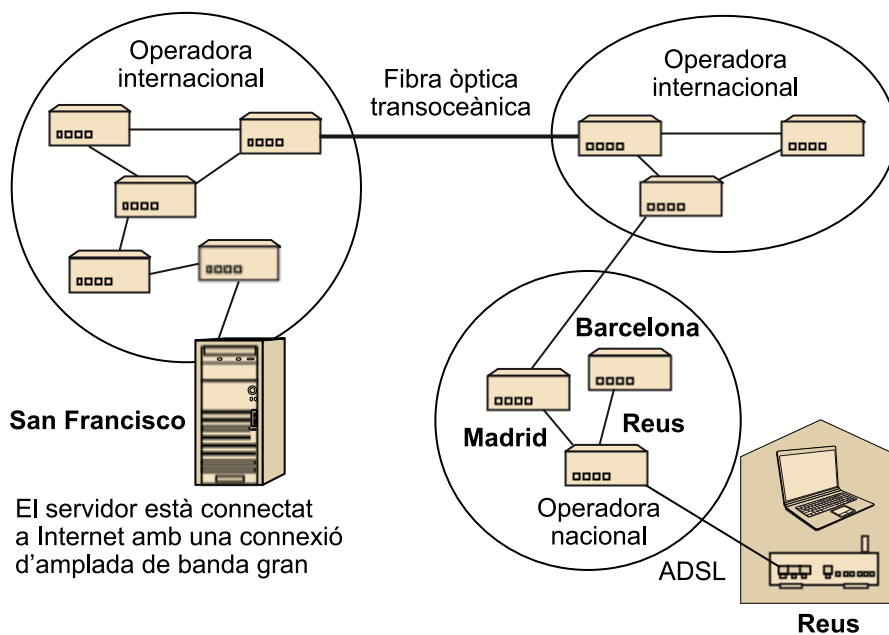
El *time to live* (en català, temps de vida) és una informació que s'inclou en la capçalera dels datagrames. És un valor numèric, normalment 256 o 128, que es decrementa cada cop que el datagrama passa per un encaminador. Quan el valor arriba a 0, s'entén que el datagrama té una destinació inexistent i l'encaminador ja no el reenviarà. D'aquesta manera, s'evita que datagrames amb adreces de destinació errònies estiguin voltant per Internet eternament!

És evident, doncs, que els encaminadors no coneixen tota l'estructura d'Internet (és a dir, l'adreça IP de totes les xarxes que en formen part). És necessari, doncs, una estructura jeràrquica d'Internet que expliquem a continuació.

4.2.4. Estructura d'Internet

En aquest subapartat, per mitjà d'un exemple que es mostra en la figura següent, veurem com s'organitza Internet per a permetre la comunicació eficient des del nostre ordinador client amb un servidor ubicat en un altre continent, per exemple, des de Reus amb San Francisco. Aquesta comunicació s'esdevé a partir d'una sèrie de salts entre xarxes.

Exemple de l'estructura jeràrquica d'Internet



Un datagrama recorrerà un camí de xarxa en xarxa per anar d'una IP d'origen a una IP de destinació. Quan un datagrama surt del nostre ordinador, va cap a l'operadora de comunicacions que ens dóna l'accés a Internet (anomenada proveïdor de serveis d'Internet, ISP²⁵). Per a connectar-nos a Internet, l'operadora ens pot oferir diverses tecnologies:

⁽²⁵⁾En anglès, *Internet service provider*.

- La **connexió telefònica** ofereix velocitats baixes (com a màxim 56Kbit/s) i en mode analògic. Això implica que la connexió és propensa a patir interferències i errors. La connexió telefònica també pot funcionar sobre línies telefòniques digitals XDSL.
- L'**ADSL**, que ja hem apuntat anteriorment, ofereix sobre la línia telefònica velocitats de baixada d'informació considerablement elevades (entre 1 i 20 Mbit/s). Podem fer servir la línia per a trucades alhora que fem servir Internet.

- El **cable** és una tecnologia que funciona en moltes àrees metropolitanes. Pel mateix cable arriben el telèfon, la televisió i Internet. Les velocitats proporcionades són similars a les de l'ADSL.
- La **connexió sense fil**, habitual en entorns rurals, permet connexions a Internet sense haver de fer arribar cablejat a pobles apartats de les grans centrals telefòniques digitals. Les connexions per mitjà de telèfons mòbils també formarien part d'aquest grup.

El triple play

El triple *play* es defineix com la terna de serveis que una operadora de comunicacions pot oferir per mitjà d'una única connexió. Per exemple, usar la línia telefònica per a portar trucades, Internet (amb ADSL) i televisió (televisió IP sobre ADSL).

Si estem connectats a l'operadora per un encaminador, el datagrama s'enviarà des de l'ordinador cap aquest encaminador fent servir la LAN (per tant, s'enviarà sobre una trama). Un cop en l'encaminador, es farà servir la tecnologia que ens proporcioni l'operadora, per exemple, ADSL. Les diferents tecnologies de nivell d'enllaç impliquen que el datagrama ha de viatjar sobre diferents tipus de paquets al llarg del seu recorregut.

Amb ADSL o cable, trucada telefònica, etc. el datagrama arribarà a la central de l'operadora de comunicacions. Un cop a Reus, gràcies a la IP de destinació, un altre encaminador veurà que el datagrama no està destinat a cap de les centrals de l'Estat. Per tant, l'encaminador l'enviarà a un node situat, per exemple, a Madrid.

En aquest node, un encaminador veurà que el datagrama va destinat a una xarxa internacional. Per tant, l'enviarà a un node situat, per exemple, a París. Un cop a París, l'encaminador veurà que l'adreça IP del datagrama correspon a una xarxa ubicada als Estats Units, etc. Durant el trànsit per les diferents operadores, el datagrama viatja per connexions de fibra òptica de molt alta velocitat.

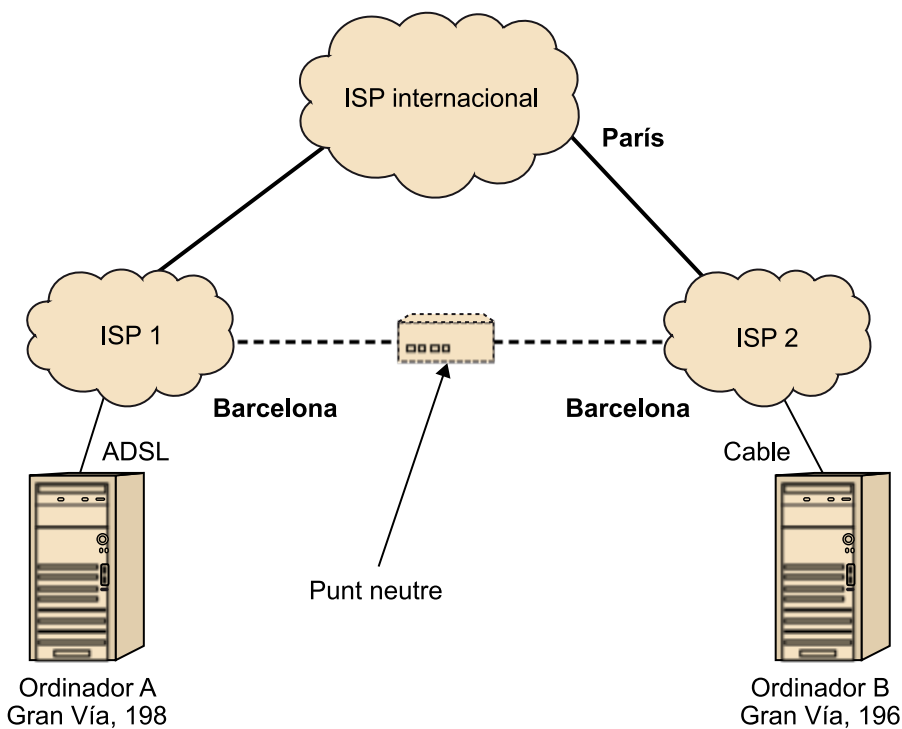
Amb aquest exemple, i, referint-nos de nou a la figura anterior, veiem que hi ha una clara jerarquització d'Internet. L'operadora que ens connecta a Internet només disposa d'una connexió cap a l'estranger. L'operadora situada a París podria tenir nodes als Estats Units, al Japó i a l'Àfrica. És evident que aquesta operadora és d'un nivell jeràrquic superior que la que ens dona connexió per mitjà de l'ADSL.

A més, hi ha alguns conceptes un pèl més complexos que tot seguit apuntarem. En primer lloc, les operadores d'Internet de nivell baix tenen més d'una connexió cap a operadores internacionals. Així, si una connexió caigués (per exemple, a causa d'unes obres que tallessin la canalització de fibra) la informació de l'operadora tindria un camí alternatiu per a anar cap a operadores internacionals.

Un altre aspecte important són els **punts neutres**. Diverses operadores de nivell baix estan connectades entre elles per mitjà dels punts neutres, encaminadors que permeten que el trànsit generat per ordinadors geogràficament propers però amb ISP diferents no hagin d'anar sempre per mitjà d'una operadora internacional.

En l'exemple de la figura següent, si desapareix el punt neutre i l'ordinador A, situat a la Gran Via 198 de Barcelona, s'ha de comunicar amb l'ordinador B, situat a l'edifici del costat, els datagrames hauran de passar per París. Els seus proveïdors d'Internet són diferents, amb la qual cosa si s'han d'intercanviar informació ho faran a nivell d'un ISP internacional.

Punt neutre entre ISP propers



Els sistemes estàndard d'encaminament que segueixen els encaminadors que hi ha a Internet fan que aquests darrers enviïn els datagrames tenint en compte una sèrie de paràmetres (com ara l'estat del trànsit de datagrames en les xarxes veïnes), i no solament l'adreça IP de destinació.

Actualment, la xarxa que dóna suport a Internet és, doncs, un garbuix de connexions de fibra òptica (canalitzacions amb centenars i milers de cables) interconnectades per encaminadors. La simplicitat dels protocols d'encaminament que hi donen suport, l'àmplia acceptació de la IP com a mitjà de transport d'aplicacions telemàtiques i l'esclat de l'ús habitual i universal d'Internet presagien una llarga vida a aquesta manera de transmetre informació.

4.3. El transport de la informació

Hem vist com la informació és capaç d'anar d'una punta a l'altra de món. Tanmateix, a l'hora de transportar la informació hi ha un parell de qüestions que hem de tenir presents:

- Els datagrames, ¿poden recórrer camins diferents per a anar d'un mateix origen a una mateixa destinació (per exemple, de Reus al Japó)?
- Un cop un datagrama arriba a l'ordinador, ¿com sap si ha d'anar cap al programa gestor de correu electrònic o cap al programa de missatgeria instantània?

Al llarg d'aquest subapartat respondrem aquestes preguntes.

4.3.1. El protocol TCP

Els missatges que es transmeten per Internet poden ser curts (per exemple un *Ok* enviat per mitjà d'un programa de missatgeria instantània) o llargs (com ara una cançó en format MP3). En aquest darrer cas, el missatge s'ha de dividir en diversos datagrames.

Atesa la naturalesa dels protocols d'encaminament utilitzats a Internet, es pot donar el cas que els datagrames segueixin **camins diferents** malgrat que l'**origen i la destinació siguin idèntics**, en funció del moment. També pot passar que alguns datagrames es **perdin**. Per tant, quan es van dissenyar els protocols que donarien lloc a Internet, es va pensar en un sistema que controlés que la informació arribés a la destinació completa i ordenada.

El **protocol de transport TCP**²⁶ és l'encarregat de dividir la informació en datagrames i garantir que el receptor de la informació els rebi tots.

Això s'aconsegueix per mitjà de confirmacions (com havíem vist anteriorment en aquest mateix mòdul, per al cas de l'enviament de trames en connexions punt a punt): l'emissor envia un datagrama i, si en un temps determinat no n'ha rebut la confirmació, el reenviarà. En la destinació, s'**eliminaran els possibles datagrames repetits** (que s'haurien enviat més d'un cop per problemes amb la confirmació) i s'**ordenarà la informació** abans de passar-la al programa que la necessita. El protocol TCP, i el protocol UDP, se situen en el nivell 4 (transport) de l'OSI.

L'UDP

L'UDP²⁷, l'únic que fa és afegir al datagrama la informació sobre els ports d'enviament. Per tant, està pensat per a serveis d'Internet que es basen en l'enviament de missatges curts. A diferència del TCP, l'UDP no garanteix que aquest missatge curt es lliuri, per tant,

Protocol TCP

El transport de la informació a Internet es fonamenta, doncs, en els protocols TCP i IP.

⁽²⁶⁾En anglès, *transmission control protocol*.

⁽²⁷⁾En anglès, *user datagram protocol*.

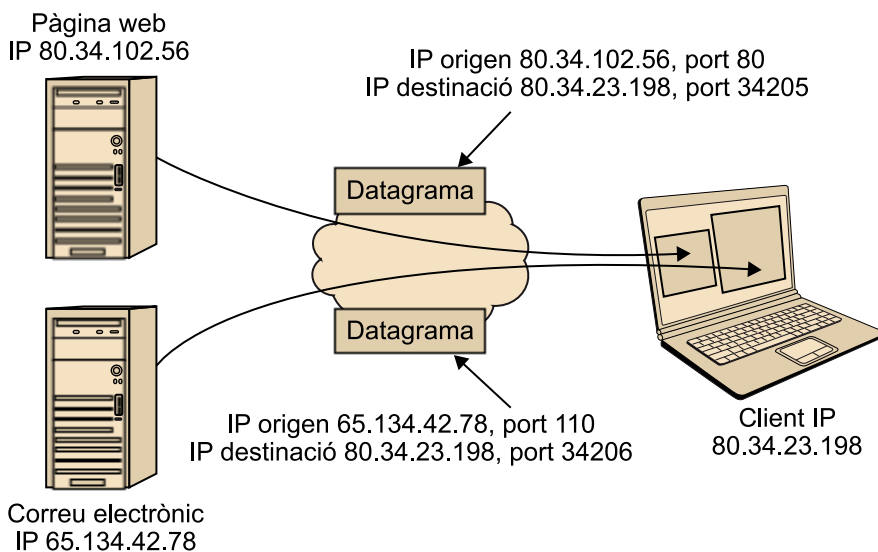
L'UDP se sol fer servir per a serveis tolerants amb la pèrdua de datagrames, com ara la televisió per Internet.

4.3.2. Els ports

Perquè l'ordinador destinació sàpiga quin programa està esperant un determinat datagrama, s'utilitzen els **números de port**. Cada programa fa servir un o diversos números de port i així l'ordinador, en funció del port de destinació que conté el paquet, sap quin programa el necessita.

El port és un nombre que va del 0 al 65.535. Els primers 1.024 ports estan assignats a serveis concrets. Per exemple, el servei web fa servir el port 80, el correu electrònic fa servir el 25 i el 110, etc. D'entre els ports restants n'hi ha que tenen l'assignació més o menys oficialitzada, i per això alguns ports estan assignats a diferents serveis i aplicacions. Segons veiem en la figura següent, la màquina client, amb IP 80.34.23.198, està rebent informació des de dos serveis ubicats en dues IP diferents. Els datagrames arriben al programa correcte, ja que el client sap per quin número de port de destinació està rebent cadascun.

Exemple del protocol TCP



4.3.3. L'empaquetament

Fins ara hem parlat de trames (en referència a com s'envia la informació d'un punt a un altre) i de datagrames. Hem vist que el TCP s'encarrega de segmentar el missatge que s'ha d'enviar i fer-ne diversos datagrames. Un datagrama, doncs, conté la informació que s'ha d'enviar d'una xarxa a una altra. Hem dit que, quan es transmeti el datagrama, ho farà sobre una tecnologia del nivell d'enllaç de l'OSI i, per tant, ho farà empaquetat dins una trama. En conseqüència, un missatge que es transmet usant el protocol IP sobre una xarxa Ethernet:

- Estarà dividit en diversos datagrames.
- Cada datagrama, contindrà informació TCP (per exemple, el port de destinació).

Enllaç recomanat

Podeu consultar l'assignació de ports a diferents serveis d'Internet en el web d'*Internet Assigned Numbers Authority* (IANA).

- Cada datagrama contindrà informació IP (com ara les adreces IP d'origen i de destinació).
- Cada datagrama anirà dins una trama Ethernet, que contindrà la informació que hem apuntat en el subapartat 2.2.

Al final del mòdul veurem un exemple recopilant tots els conceptes.

4.4. Els noms de domini

Hem vist que per a especificar la destinació de la informació fem servir les adreces IP. Als humans ens resulta més fàcil fer servir noms que no pas nombres a l'hora d'identificar coses. Per tant, per facilitar l'ús d'Internet, es va dissenyar un sistema per relacionar adreces IP amb noms que podem recordar fàcilment (noms de domini que identifiquen el servei).

Enllaç recomanat

Podeu consultar els dominis de primer nivell en el web d'Internet Assigned Numbers Authority (IANA).

Amb l'objectiu de facilitar l'ús d'Internet, el **servei de noms de domini** (en anglès, *domain name service*, DNS) permet associar noms amb adreces IP.

Tot seguit veurem com funciona aquest sistema. Un nom de domini té una forma establerta: un seguit de noms separats per punt. I també hi ha una jerarquia establerta: com més a la dreta, més importància tindrà el nom en la jerarquia.

Per exemple, en el domini `www.uoc.edu`, el nom amb més importància és `.edu`. El nom de més a la dreta s'anomena **domini de primer nivell**. Els dominis de primer nivell estan regulats internacionalment i alguns estan reservats per a usos determinats.

Exemples de dominis de primer nivell

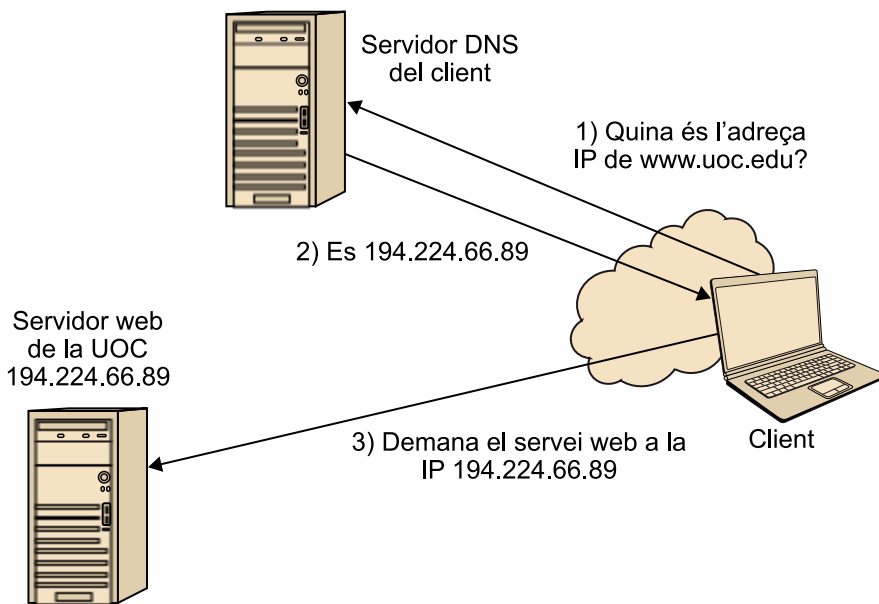
Alguns exemples de dominis de primer nivell són:

- Dominis geogràfics, els quals identifiquen estats. Per exemple, `.es` (Espanya), `.fr` (França), `.uk` (Regne Unit), etc.
- Altres dominis com ara el `.edu` (per a organismes educatius), `.com` (per a serveis comercials), `.cat` (per a serveis en llengua catalana), `.museum` (per a museus), etc.

De cada domini de primer nivell hi ha una **entitat gestora del domini** que assignarà els noms d'aquest domini de primer nivell. Així, doncs, si volem registrar un nom de domini per a un servei d'Internet caldrà que ens dirigim a l'entitat en qüestió. Tornant a l'exemple de `www.uoc.edu`, la UOC va haver de registrar el nom `uoc` en l'entitat que gestiona els dominis d'alt nivell `.edu`. Paral·lelament, la UOC es converteix en entitat gestora del domini `uoc.edu` i, en conseqüència, pot definir diferents noms dins el seu nivell, per exemple, `www.uoc.edu`, `correu.uoc.edu`, `cv.uoc.edu`, `materials.uoc.edu`, etc.

El funcionament del DNS en els ordinadors és ben senzill i el trobem il·lustrat en la figura següent. Quan volem accedir a un servei web, per exemple, `www.uoc.edu`, el nostre navegador fa una consulta a un servei DNS (missatge 1 de la figura). Cada ordinador connectat a Internet necessita saber quin és el seu servidor DNS, és a dir, quina adreça IP ha de consultar per a saber la correspondència entre el nom de domini i l'adreça IP. Això es fa de manera totalment transparent per als usuaris, de manera que no som conscients que s'estan fent aquestes consultes. Un cop rebem la resposta des del servei DNS (missatge 2 de la figura), l'ordinador client fa una petició al servei web obrint una connexió en la IP que li ha indicat el servei DNS (missatge 3 de la figura).

Funcionament del DNS



El procediment per a portar a terme els serveis DNS per a conèixer totes les correspondències entre noms de domini i adreces IP és un pèl complex. Per tant, està fora de l'abast d'aquests materials. En essència, però, direm que l'estructura en nivells dels noms de domini ho fa possible d'una manera eficient.

5. El correu electrònic

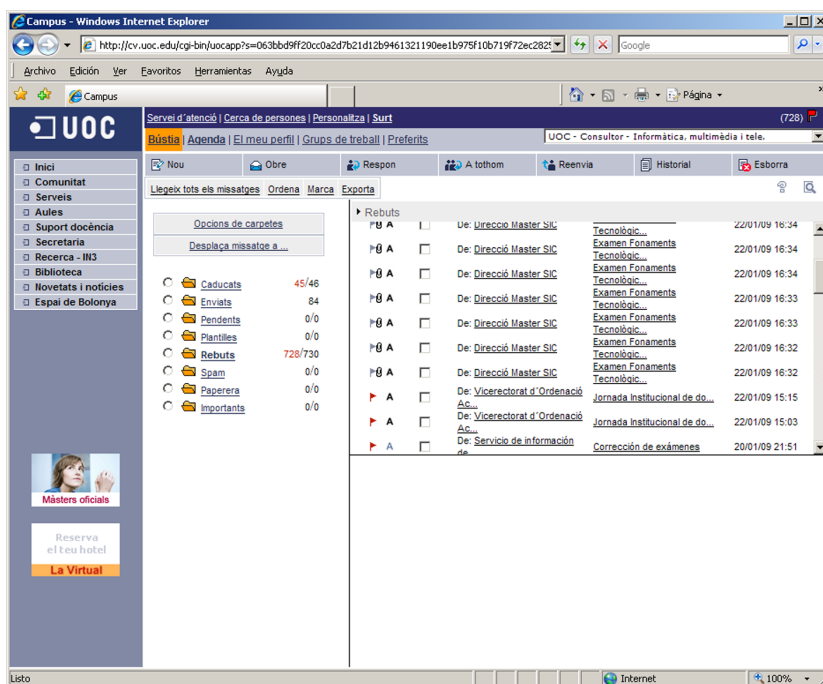
En aquest apartat exemplificarem tot el que hem vist anteriorment per mitjà de l'estudi d'un dels serveis d'Internet més populars: el correu electrònic o *e-mail*.

L'objectiu del **correu electrònic** és l'enviament i recepció de missatges d'informació textual que, addicionalment, poden incloure documents i informació multimèdia.

L'spam

Gran part dels missatges de correu electrònic que es mouen per Internet són *spam* o correu brossa. Dins aquest concepte hi ha diferents tipus de missatge, des d'anuncis fins a missatges falsos. L'ús del nom d'aquesta marca de carn enllaunada per a designar els correus molestos, ve d'un *sketch* dels Monty Phyton.

La gestió del correu electrònic pot fer-se des de programari instal·lat en l'ordinador (com ara el Mozilla Thunderbird) o des de pàgines web, com és el cas del correu web de la UOC.



Gestor de correu electrònic del campus de la UOC

En tots dos casos, l'aplicació permet la redacció, la lectura i l'organització dels missatges en carpetes, com també la gestió d'adreces de correu.

Sigui pel mitjà de gestió que sigui, els protocols sobre els quals funciona el correu electrònic són els mateixos. Aquests protocols (i tots els que s'utilitzen a Internet) són utilitzats arreu del món, de manera que és possible enviar correus electrònics a destinataris de qualsevol país.

En primer lloc, veurem els fonaments d'aquest servei i després passarem a detallar com s'envia un correu electrònic per Internet.

5.1. Adreces i missatges

El correu electrònic permet l'enviament d'un missatge a un o diversos destinataris. Aquests destinataris estan identificats per una adreça de correu amb el format següent:

usuari@domini

Exemple d'adreça de correu

mfernandez@uoc.edu fa referència a un usuari determinat del servei de correu electrònic del domini uoc.edu, atribuïble doncs a la Universitat Oberta de Catalunya. Noteu que podria haver-hi una adreça mfernandez@webnetworks.net que no fes referència a la mateixa persona.

El missatge de correu electrònic és un **missatge de text** format per caràcters ASCII. Tot seguit posem un exemple de correu electrònic, que comentarem a continuació (s'han omès informacions poc rellevants i s'han numerat les línies per a facilitar-ne el comentari):

```

1: Disposition-Notification-To: amartinezbball@uoc.edu
2: Date: Tue, 16 Dec 2008 12:41:00 +0100
3: From: amartinezbball@uoc.edu
4: Organization: Universitat Oberta de Catalunya
5: User-Agent: Mozilla Thunderbird 1.5.0.8 (Windows/20061025)
6: MIME-Version: 1.0
7: To: mfernandez@webnetworks.net
8: Subject: Prova
9: X-Priority: 1 (Highest)
10: Content-Type: multipart/mixed; boundary="--070600070907"

11: This is a multi-part message in MIME format.
12: --070600070907
13: Content-Type: text/plain;
14: Content-Transfer-Encoding: 8bit

15: Què tal? Aquest és un missatge de prova.

16: --070600070907
17: Content-Type: application/pdf;
18: Content-Transfer-Encoding: base64

```

Usuaris de correu electrònic

Dins un mateix domini no hi pot haver usuaris de correu electrònic amb el mateix nom.

Vegeu també

Recordeu que hem vist el codi ASCII en el mòdul "Aspectes tecnològics dels sistemes informàtics".

```
19: filename="document.pdf"
```

```
20: OQo+PgpzdHJlYW0KeJy1WMty2kgU3fMVD+e4yhHdeiFmR4B4qP...
```

Un missatge de correu electrònic consta de diferents parts: la **capçalera**, el **cos** i els **elements adjunts** al correu electrònic.

La capçalera del missatge del codi anterior, està formada per les línies següents:

- Una línia per a especificar que es demanarà al receptor que envii una confirmació de lectura (línia 1, `Disposition-Notification-To`).
- La data d'enviament del missatge (línia 2, `Date`).
- El destinatari (línia 7, `To`) i remitent (línia 3, `From`) del missatge. Un missatge pot tenir més d'un destinatari. Més endavant farem referència al que això implica.
- El programa que es fa servir per a enviar el correu electrònic (línia 5, `User-Agent`) En aquest cas, el Mozilla Thunderbird sota el sistema operatiu Windows.
- La prioritat del missatge (línia 9, `X-Priority`). Aquesta prioritat màxima (amb el valor 1 `Highest`) s'haurà de fer notar al receptor del missatge: senzillament es marcarà d'un color intens o tindrà una icona amb una exclamació, etc. Una prioritat elevada no implica que el missatge s'envii més ràpidament que els altres.
- L'assumpte del missatge (línia 8, `Subject`). Aquest conté una paraula o petita frase triades per qui escriu el missatge, per a donar una idea de quin és el contingut.

El missatge d'exemple conté una adjunció, un fitxer PDF anomenat `document.pdf`. Vegem com es gestiona l'adjunció de fitxers amb el correu electrònic.

Els missatges es van dissenyar per a comunicar tan sols text. Quan va sorgir la necessitat d'enviar-hi fitxers com ara imatges o documents annexos, es va dissenyar un sistema anomenat *extensió de correu d'Internet per a ús múltiple*²⁸ (MIME). Revisant l'exemple entendrem com funciona el sistema MIME:

- La línia 10 indica que el missatge és **multipart**, és a dir, que està format per distintes parts (en aquest cas, el cos i un fitxer adjunt). Es defineix una **frontera**²⁹ que delimitarà les diferents parts de què consta un missatge. Es tracta d'un contingut de text, els caràcters de frontera, que es tria de manera que no aparegui dins el contingut del mateix adjunt, ja que, si no,

⁽²⁸⁾En anglès, *multipurpose Internet mail extension*.

⁽²⁹⁾En anglès, *boundary*.

es trobaria una frontera enmig de la informació de l'adjunt i es produiria un error. La línia 11 indica de nou que el missatge és multipart.

- La línia 12 conté la frontera que indica que comença una de les parts del missatge. La codificació és de 8 bits per caràcter.
- La línia 16 marca l'inici d'un nou contingut, en aquest cas un fitxer PDF que porta per nom `document.pdf`. El fitxer està codificat amb base 64, que és un sistema que permet representar els bytes que conformen aquest fitxer per mitjà de caràcters de text (recordeu que són els únics utilitzables en el correu electrònic).

5.2. Enviament de correus

Un cop hem vist quina és l'estructura de la informació que s'envia en un correu electrònic, vegem els fonaments de l'enviament de correu.

Seguint amb l'exemple, l'usuari `amartinezbball@uoc.edu` vol enviar un missatge a `mfernandez@webnetworks.net`.

Per a enviar correus electrònics s'utilitza un servei anomenat *protocol senzill de transferència de correu*³⁰ (SMTP) que està al nivell 7 (d'aplicació) de l'OSI. Vegem com funcionaria amb l'exemple:

⁽³⁰⁾En anglès, *simple mail transfer protocol*.

- Hi ha dos servidors SMTP que prenen part en la transmissió del correu: el servidor ubicat en el domini `uoc.edu` i el servidor ubicat a `webnetworks.net`.
- El programari gestor del remitent del missatge contacta amb el servidor SMTP del domini `uoc.edu` per mitjà de la IP corresponent a aquest servidor. Amb una sèrie de missatges, seguint el protocol SMTP, el correu es transferirà de l'ordinador en què s'executa el programari gestor cap al servidor de correu de la UOC.
- Un cop el missatge sigui allà, el servei SMTP de la UOC contactarà amb el servei SMTP de Webnetworks. Primer farà una consulta al servei DNS per saber en quina adreça IP es troba ubicat el domini `webnetworks.net`. Si aquest servei no existís, el servidor enviaria un missatge de correu electrònic a `amartinezbball@uoc.edu` que notificaria l'error.
- Si Webnetworks accepta la connexió, el servei SMTP de la UOC transferirà el missatge al seu homòleg.

- El servei SMTP de Webnetworks desarà el missatge en el seu disc, dins una carpeta per a l'usuari `mfernandez`, de manera que estigui disponible per quan l'usuari vulgui mirar si té correu.

Ja hem vist que l'enviament del correu electrònic és força senzill. Com a complement, podem veure què passa en una sèrie d'escenaris concrets.

- Per exemple, podria passar que l'usuari `amartinezball@uoc.edu` enviés un missatge a l'usuari `jcastell@uoc.edu`. En aquest cas, en pertànyer tots dos usuaris al mateix domini, el servidor ubicat en la UOC desarà directament el missatge en la carpeta del disc destinada a l'usuari `jcastell`.
- Si el missatge s'envia a múltiples destinataris tots pertanyents al domini UOC, el servidor SMTP de la UOC farà les diferents còpies.
- Si el missatge s'envia a múltiples destinataris, en dominis diferents, el servidor SMTP farà les connexions amb els serveis SMTP dels diferents dominis als quals pertanyin els destinataris.

L'enviament de missatges per mitjà de l'SMTP és amb un protocol consistent en una sèrie de missatges estàndard. Aquests missatges permeten establir un diàleg SMTP entre l'emissor i el receptor per a poder trametre els correus. Per a consultar el correu electrònic, s'utilitza un altre protocol que també defineix un diàleg. Hi aprofundim tot seguit.

5.3. Lectura d'un correu electrònic

Per exemplificar com es relacionen alguns dels conceptes vistos en aquest mòdul, veurem com s'esdevé la lectura d'un correu electrònic per part de l'usuari. Suposarem que l'usuari `mfernandez` utilitza un programari gestor de correu electrònic (i no pas un servei basat en el web).

Aquest programari farà servir la versió 3 del protocol d'oficina de correus³¹ (POP3) per a facilitar a l'usuari la lectura de missatges que té emmagatzemats en el servidor de correu del domini Webnetworks. Aquest protocol també està al nivell d'aplicació de l'OSI.

Tot seguit exemplifiquem el funcionament del POP3 perquè l'usuari `mfernandez` llegeixi el correu que li ha enviat `amartinezball`:

- L'usuari `mfernandez` establirà una connexió TCP en el port 110 del seu servidor de correu electrònic. Iniciarà un diàleg seguint el protocol POP3: envia el missatge `user mfernandez` al servidor POP3 del domini Webnetworks i el POP3 li contestarà OK.

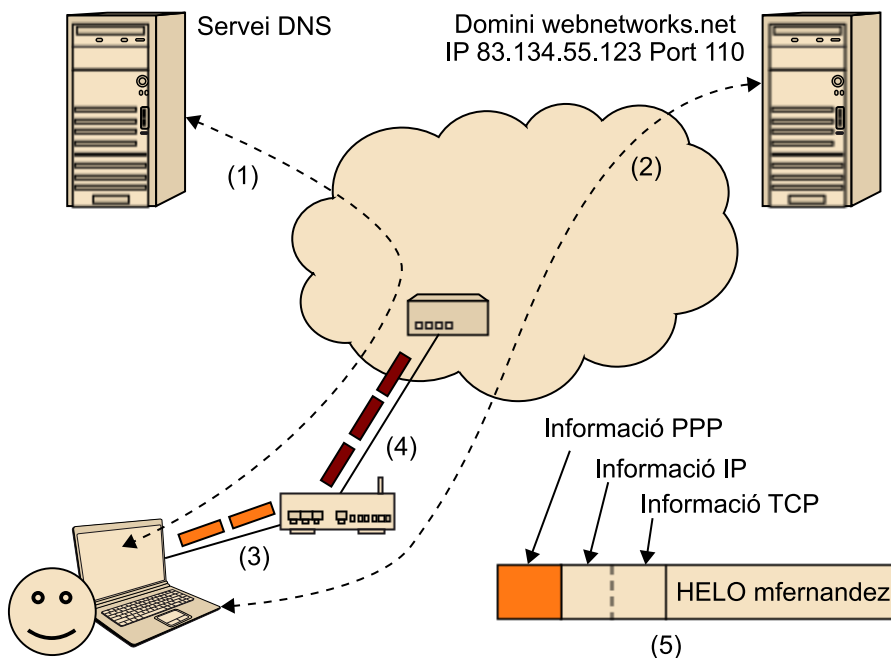
⁽³¹⁾En anglès, *post office protocol version 3*.

- Un cop l'usuari s'ha identificat, cal que aquest es validi fent servir una contrasenya. Així, doncs, l'usuari envia el missatge `pass secret`. El POP3 li dirà OK si la contrasenya és correcta. Si no, li donarà un missatge d'error.
- L'usuari envia el missatge `list` per saber quants missatges hi ha. El POP3 li contestarà, per exemple, `1 732, 2 514`, la qual cosa indica que hi ha dos missatges: el primer de 732 bytes de mida i el segon de 514 bytes.
- Si l'usuari vol descarregar el missatge 1, enviarà el missatge `retr 1` al servei POP3. La resposta serà el missatge mateix de correu, és a dir, un text amb el format que hem vist en la secció anterior.
- Si l'usuari vol esborrar el missatge del servidor, perquè ja l'ha llegit, enviarà el missatge `dele 1` al servei POP3.

Normalment el programari gestor de correu anirà demanant tots els missatges al servei POP3. Per defecte, aquest programari esborrarà del servidor els missatges que ja s'han descarregat, tot i que això és opcional (si no es volgués, després del `retr` no hi hauria un `dele`).

Segons el que hem vist durant aquest mòdul, completem l'exemple amb la figura següent, en què suposarem que l'usuari es connecta a Internet per mitjà d'una LAN Ethernet i un encaminador ADSL.

Lectura del correu electrònic mitjançant el protocol POP3



En la figura anterior es pot veure el següent:

1) Per a saber l'adreça IP en què està ubicat el servidor de correu, prèviament es farà una consulta DNS sobre el nom de domini `webnetworks.net`.

2) El POP3 enviarà els seus missatges sobre una connexió TCP que s'establirà entre un port de la màquina d'origen i el port 110 de la màquina de destinació ubicada en la IP indicada pel servei DNS.

3) En general, la connexió TCP dividirà els missatges que envii POP3 en diferents datagrames: això serà en cas d'enviar missatges grans, que necessitin diferents datagrames. Aquests s'enviaran sobre diferents tecnologies d'enllaç i implicaran, per tant, diferents tipus de paquet. Per exemple, des de l'ordinador en què es llegeix el correu fins a l'encaminador es faran servir paquets Ethernet.

4) Des de l'encaminador fins a la central de l'operadora de comunicacions, s'usarà el protocol PPP sobre el mitjà ADSL en la línia telefònica. Dins la xarxa de l'operadora es farà servir la fibra òptica, etc.

5) Tal com hem vist en el subapartat 4.3 d'aquest mòdul, cada paquet començarà amb la informació de nivell d'enllaç (per exemple, l'indicador d'inici de trama, la longitud de la trama, etc.). A dins contindrà el datagrama i, per tant, també s'afegirà informació sobre el protocol IP, com ara l'adreça IP de destinació. El datagrama transportarà informació del TCP, per exemple, del port de destinació. Finalment hi haurà el missatge (o tros del missatge en cas que s'hagi hagut de fragmentar) corresponent al POP3.

Finalment, podem relacionar els protocols que han aparegut en aquest exemple amb els set nivells OSI: el protocol POP3 l'ubiquem en el nivell d'aplicació; el TCP el situem en el nivell de transport; l'IP, en el nivell de xarxa; els protocols PPP i Ethernet corresponen al nivell d'enllaç; i conceptes com l'ADSL i els protocols de la xarxa de l'operadora que funcionen sobre fibra òptica els situaríem a cavall entre el nivell físic i el nivell d'enllaç.

Protocol punt a punt

El *point-to-point protocol* (PPP) és un sistema d'enviament de paquets molt utilitzat en connexions justament punt a punt.

Resum

En aquest mòdul hem estudiat els aspectes tecnològics que fonamenten les xarxes de computadors. També hem vist quin és el funcionament d'Internet i un exemple concret de servei d'Internet: el correu electrònic.

En primer lloc, hem estudiat els diferents tipus de xarxes de computadors, segons la mida i la manera en què es transmet la informació. També hem anomenat els organismes principals que estan relacionats amb l'estandardització d'Internet i les tecnologies de les xarxes.

En segon lloc, hem vist com s'envia la informació, és a dir, zeros i uns, per mitjà d'un medi físic. Hem descrit com s'envia un paquet entre dos ordinadors en una connexió punt a punt i hem descrit com diverses transmissions d'informació poden compartir el mitjà.

Hem descrit la funcionalitat de les xarxes d'àrea local, tant les basades en tecnologia Ethernet com les xarxes sense fil. També hem apuntat la tendència de fer grans xarxes corporatives mitjançant tecnologies de xarxes de gran abast. Hem posat diversos exemples per il·lustrar-ne l'ús.

Hem dedicat bona part del mòdul a parlar d'Internet. Hem vist que la informació es transmet per mitjà de diferents xarxes, cada una emprant la pròpia tecnologia d'enllaç. La informació es transmet en datagrames, els quals són gestionats pel protocol TCP. Gràcies a les adreces IP i als encaminadors, els datagrames arriben a la seva destinació. Hem vist que Internet està format per milers d'enllaços punt a punt organitzats de manera jeràrquica, per aconseguir de manera senzilla que es pugui transmetre informació arreu del planeta. Finalment, hem vist que gràcies als noms de domini podem fer servir els serveis d'Internet sense haver de recordar on s'ubiquen les adreces IP.

Finalment hem estudiat el servei de correu electrònic, cosa que ens ha servit per a revisar alguns dels conceptes vistos al llarg del mòdul. En concret, hem vist com és un correu electrònic, com s'envia i com es llegeix des del programari gestor.

Activitats

1. Esbrineu quines són les adreces IP i MAC que té el vostre ordinador. Per exemple, si esteu en un sistema Windows, podeu obrir un terminal (per mitjà d'Inicia/Executa i la introducció de `cmd`). Un cop a dins el terminal, executeu `ipconfig /all`.
2. Si teniu una petita xarxa de computadors a casa o a la feina, dibuixeu un petit esquema que la representi. Identifiqueu els elements que hem estudiat en aquest mòdul (encaminador, punt d'accés, RJ-45, etc.)
3. En el web de l'Internet Assigned Numbers Authority (IANA) trobareu informació sobre els acabaments dels noms de domini (.es, .edu, etc.). Busqueu entre la informació que conté i dieu a què correspon el domini .tv. Doneu el nom tres dominis "patrocinats" i digueu a què fan referència.
4. Quin sistema de connexió a Internet feu servir? Aneu al web d'Internautas.org i, fent servir les seves eines, dieu quina és la vostra velocitat de pujada i de baixada. Dieu també quina és la vostra IP segons aquest servei. En principi, el valor hauria de ser diferent: la màquina des d'on us connecteu té una adreça IP privada. L'adreça que us dóna el servei correspon al vostre encaminador, i és l'adreça que identifica la vostra xarxa.

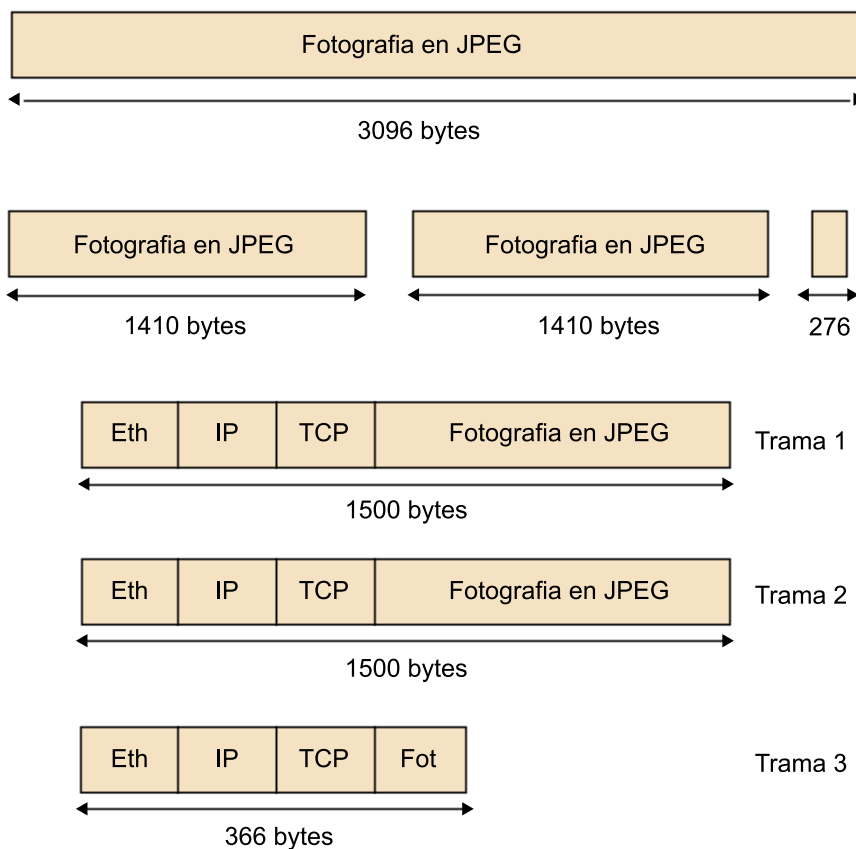
Exercicis d'autoavaluació

1. L'empresa on treballeu disposa de tres naus separades per un centenar de metres. Resulta que tots treballeu amb un servidor ubicat a l'edifici principal i que, en els tres edificis, hi ha una LAN. Justifiqueu quina de les tecnologies estudiades en el mòdul seria més adequada per a unir les tres LAN en una xarxa corporativa que permeti treballar amb el servidor.
2. Diferencieu el parell trenat de la fibra òptica com a mitjà físic de transmissió d'informació.
3. Amb l'ADSL, ¿com és possible que es transmeti, alhora i per un sol cable, la conversa telefònica, la informació que arriba d'Internet i la informació que va cap a Internet?
4. En una petita LAN connectada a Internet per un encaminador ADSL, ¿com es pot compartir la connexió a Internet entre els ordinadors connectats a la LAN?
5. A casa teniu un despatx on disposeu d'un ordinador i una connexió a Internet amb ADSL. Dieu què faríeu si volguéssiu posar un ordinador en una altra habitació i un disc dur multimèdia a la sala d'estar i connectar-ho tot a la LAN.
6. Una fotografia JPEG de 3.096 bytes es descarrega d'Internet. Suposant que estem connectats a Internet amb una xarxa Ethernet i que la mida màxima de les trames és de 1.500 bytes, dieu quantes trames faran falta per portar aquesta fotografia i dibuixeu-les. Tingueu present que la informació suplementària que afegeix Ethernet són 46 bytes, la que afegeix IP són 20 bytes, i la que afegeix TCP són 24 bytes.
7. Expliqueu com s'aconsegueix que un datagrama que entra en el vostre ordinador sàpiga si ha d'anar cap al programa gestor de correu electrònic o bé cap al navegador web.
8. Descriviu esquemàticament com seria un missatge de correu electrònic amb dos fitxers adjunts: una fotografia i un document de Word.

Solucionari

Exercicis d'autoavaluació

- Utilitzaria la tecnologia Ethernet, en la variant Gigabit Ethernet, que proporciona 1.000 Mbit/s, ja que volem treballar sobre un servidor central amb el qual treballarà molta gent. Les altres tecnologies que s'han vist en el mòdul no serien tan vàlides. Per exemple, les xarxes sense fil no donarien prou amplada de banda; l'ATM hem vist que és massa complexa i comença a ser obsoleta; l'XDSI implicaria tenir un contracte amb l'operadora de comunicacions; l'ADSL implicaria tenir un contracte amb l'operadora de comunicacions. Les tecnologies XDSI i ADSL no ens donarien prou amplada de banda per a poder treballar còmodament amb el servidor.
- Podeu trobar la resposta en el subapartat 2.1 d'aquest mateix mòdul.
- Com hem vist en el mòdul, en el subapartat 2.3, l'ADSL utilitza un accés al mitjà compartit (el cable telefònic) fent servir la multiplexació per divisió en freqüència. Per tant, cada tipus de comunicació ocuparà una freqüència diferent i l'un no envairà l'altre.
- L'encaminador ADSL rebrà datagrames que vindran dels diferents ordinadors connectats a la LAN. Els datagrames s'enviaran l'un rere l'altre per la sortida ADSL de l'encaminador. Així, es podran enviar diferents comunicacions cap a Internet sobre un mateix canal.
- Una opció seria connectar per mitjà de cable de categoria 5 el nou ordinador i el disc dur multimèdia. Això voldria dir passar cable per dins de casa, cosa que no sempre és factible. Una solució viable seria demanar un encaminador habilitat amb un punt d'accés sense fil i muntar un SSID per a connectar els nous equips a la LAN.
- Cada trama contindrà 46 bytes d'informació Ethernet, més 20 bytes d'informació IP –que contindran, per exemple, les adreces IP d'origen i de destinació –, més 24 bytes d'informació TCP –que contindran, entre d'altres, el port destinació. Així, doncs, si la mida màxima de trama és de 1.500 bytes, en sobran $1.500 - 90 = 1.410$ bytes per posar dades del JPEG. Per tant, necessitarem $3.096 / 1.410 = 2,1 = 3$ trames. Les dibuixem a continuació:



- S'aconsegueix gràcies al fet que, tot i tenir la mateixa IP de destinació, cada datagrama té un número de port diferent en funció de si ha d'anar al navegador web o al gestor de correu electrònic.

8. Primer de tot, tindria una capçalera amb informació com ara el remitent, el destinatari, la data d'enviament o l'assumpte. També s'especificaria que el missatge és multipart, alhora que es definiria una frontera. Aquesta frontera apareixeria per separar el text del correu del primer adjunt. Tornaria a aparèixer per separar el primer adjunt del segon.

Glossari

capçalera *f* Porció del paquet perquè el protocol hi posi informació diversa. Per exemple, en el cas del protocol IP, els datagrames tindran en la capçalera dades com l'adreça IP d'origen i de destinació o el temps de vida.

commutador *m* Dispositiu de xarxa utilitzat per a connectar ordinadors amb una topologia física d'estrella i formar una xarxa d'àrea local. Té diversos ports de connexió per a connectar-hi cablejat de parell trenat amb connectors RJ-45.

datagrama *m* Paquet que és transmès pel protocol IP. És enviat per diferents enllaços per a anar d'una xarxa d'origen a una altra de destinació. El trànsit que circula pels enllaços que formen Internet està format per datagrames.

encaminador *m* Dispositiu de xarxa que processa els datagrames que rep per a enviar-los a l'enllaç de sortida més adequat en funció de l'adreça IP de destinació que inclou el datagrama.

LAN *f* Xarxa d'àrea local, caracteritzada per la velocitat de connexió elevada i la compartició de recursos com un dels objectius principals.

nom de domini *m* Paraula o grup de paraules que permeten identificar serveis d'Internet per mitjà d'un nom i no per mitjà d'una adreça IP.

PAN *f* Xarxa d'àrea personal, formada per dispositius separats per pocs metres.

parell trenat *m* Tipus de cable format per parelles de cables de coure trenades. Utilitzat en telefonia i xarxes d'àrea local.

trama *f* Paquet que és transmès pels protocols de nivell 2 de l'OSI, com ara Ethernet o PPP.

WAN *f* Xarxa d'àrea estesa o de llarg abast, la qual cobreix gran part d'un territori estatal o nacional, com, per exemple, la xarxa telefònica.

Bibliografia

Barceló Odinas, J. M. i altres (2008). *Aplicaciones y protocolos de Internet*. Barcelona: Editorial UOC.

Kurose, J. (2004). *Redes de computadores: un enfoque descendente basado en Internet* (2a. ed.). Pearson Educación.

Rabago, J. F. (2008). *Redes locales, guía práctica*. Anaya Multimedia Interactiva.

Tanenbaum, A. (2003). *Redes de computadores* (4a. ed.). Prentice Hall.

