

INFRAESTRUCTURA I TECNOLOGIA DE XARXES

Curs 2016/2017

XARXES DE GRAN ABAST (WAN)

DATA AND COMPUTER COMMUNICATIONS (10a Edició)

William Stallings. PRENTICE-HALL, 2012

BUSINESS DATA NETWORKS AND TELECOMMUNICATIONS (8a Edició)

Raymond R. Panko. PRENTICE-HALL, 2011

DATA COMMUNICATIONS AND NETWORKING (5a Edició)

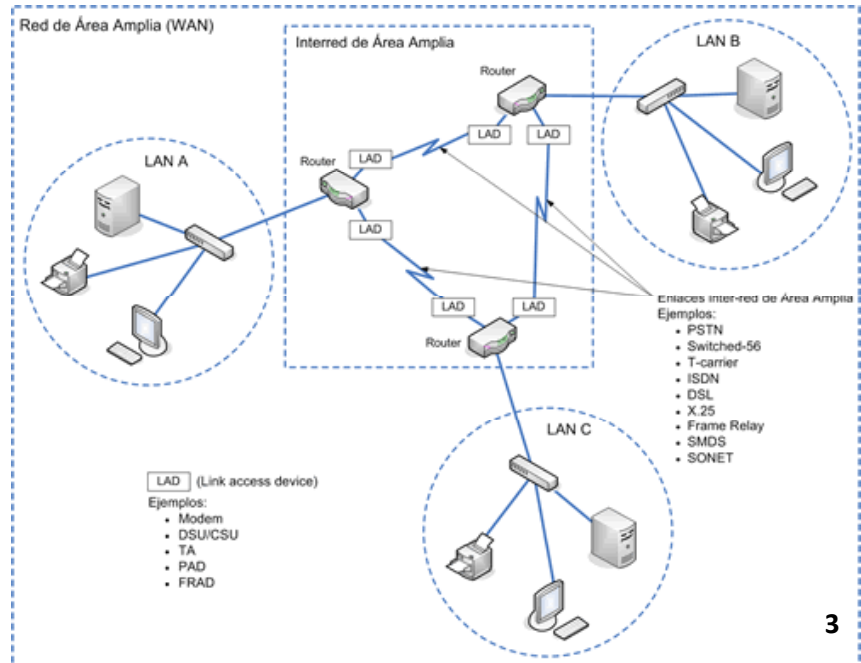
Behrouz A. Forouzan. MCGRAW-HILL, 2013

Continguts

- Fonaments bàsics
- Xarxes commutades clàssiques
- *Frame Relay* i ATM
- Tecnologies i mètodes de connexió WAN
- Xarxes privades virtuals (VPN)

Concepte

- **WAN** → xarxa que interconnecta computadors, terminals i LANs a nivell nacional i internacional.
- Interconnexió de xarxes i subxarxes
- Tecnologies a tres nivells:
 - Físic
 - Enllaç
 - **Xarxa**

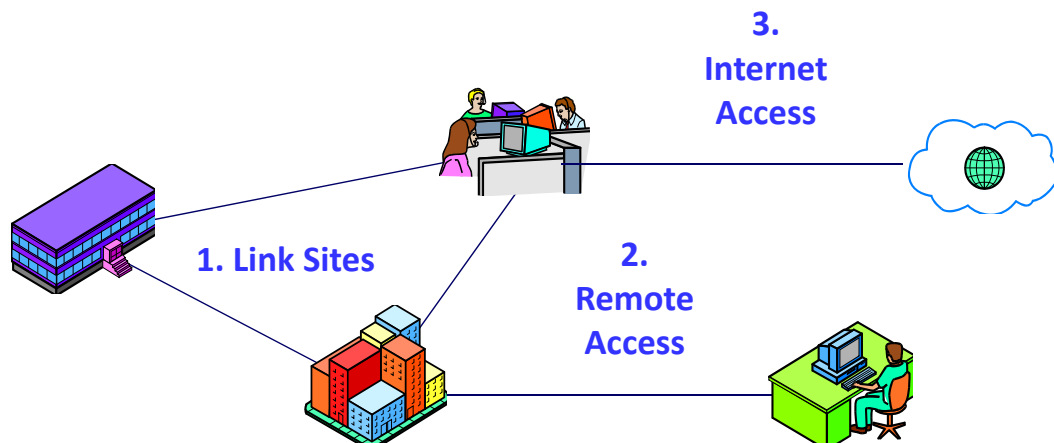


Característiques

- **Característiques** (comparades amb les LAN)
 - Temps de propagació més grans (alta latència).
 - Velocitats de transmissió inferiors.
 - Majors taxes d'error (BERs).
- **Característiques** (socioeconòmiques)
 - Propietat d'empreses operadores de telecomunicacions multinacionals.
 - Costos derivats del seu ús.

Aplicacions

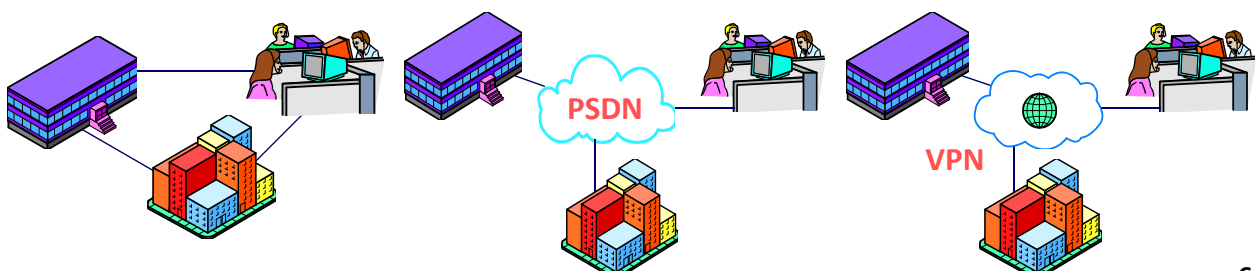
- Aplicacions bàsiques:
 - Connexió de llocs dispersos, normalment del mateix organisme
 - Accés remot individual des de l'exterior a una LAN
 - Accés a Internet



5

Tecnologies

- Servei telefònic tradicional
- Línies llogades punt a punt, línies xDSL, serveis de cable, FTTx, comunicacions sense fils, ..)
- Xarxes públiques de commutació de dades (**PSDN**, *Public Switched Data Network*).
- Transmissió segura a través d'Internet (**VPN**, *Virtual Private Network*).



6

Xarxes commutades

- Transmissió de dades a llarga distància → ús de xarxes amb **nodes de commutació** intermedis
- El contingut de les dades no interessa als nodes
- Dispositius a connectar → **estacions** (ordinadors, terminals, telèfons, ...)
- Conjunt de nodes i connexions → **xarxa de comunicacions**
- Les dades s'encaminen node a node utilitzant un mètode de commutació → **xarxes de comunicacions commutades**

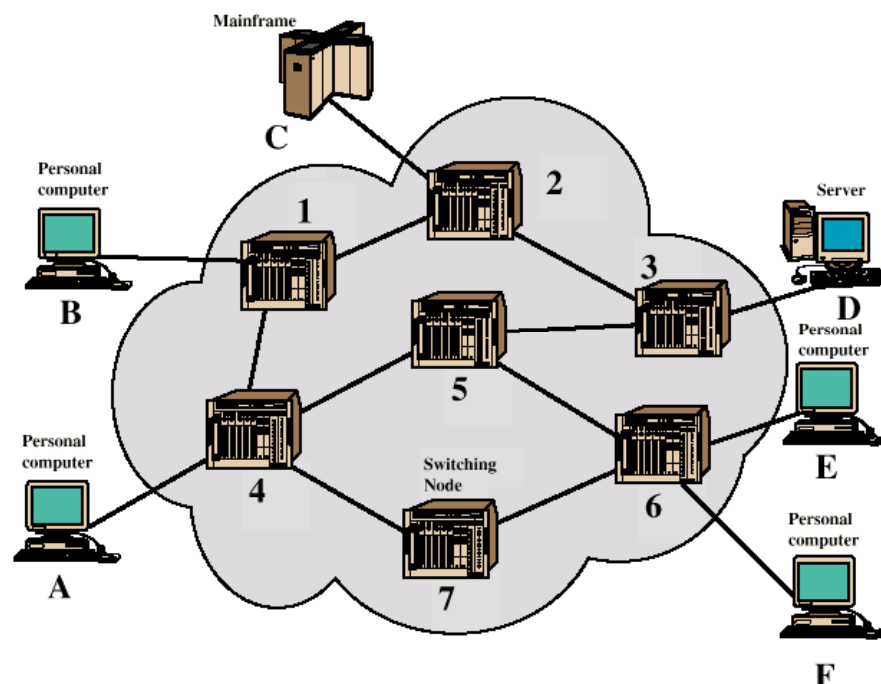
7

Xarxes commutades

Nodes interns: només estan connectats amb altres nodes

Nodes externs: als que es connecten les estacions

- Connexions multiplexades (normalment)
 - Xarxa connectada parcialment
- (Desitjable tenir connexions redundants)



8

Xarxes commutades

- Tecnologies de commutació

Clàssiques:

- Commutació de circuits
- Commutació de missatges
- Commutació de paquets

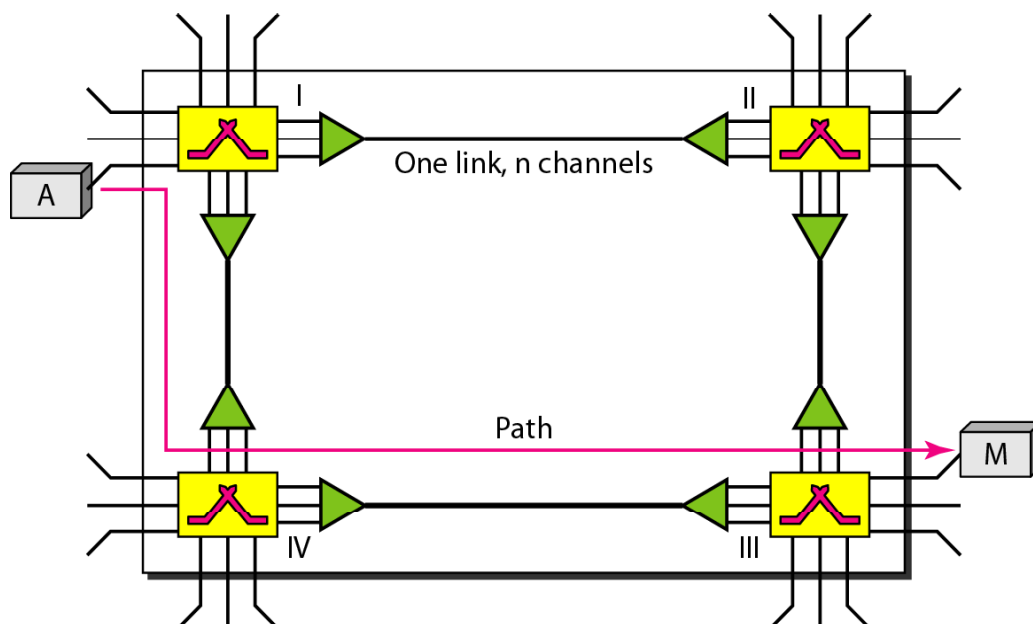
Noves:

- Retransmissió de trames (**FR**)
- Mode de transferència asíncrona (**ATM**)

9

Commutació de circuits

- Canal de comunicacions dedicat entre dues estacions



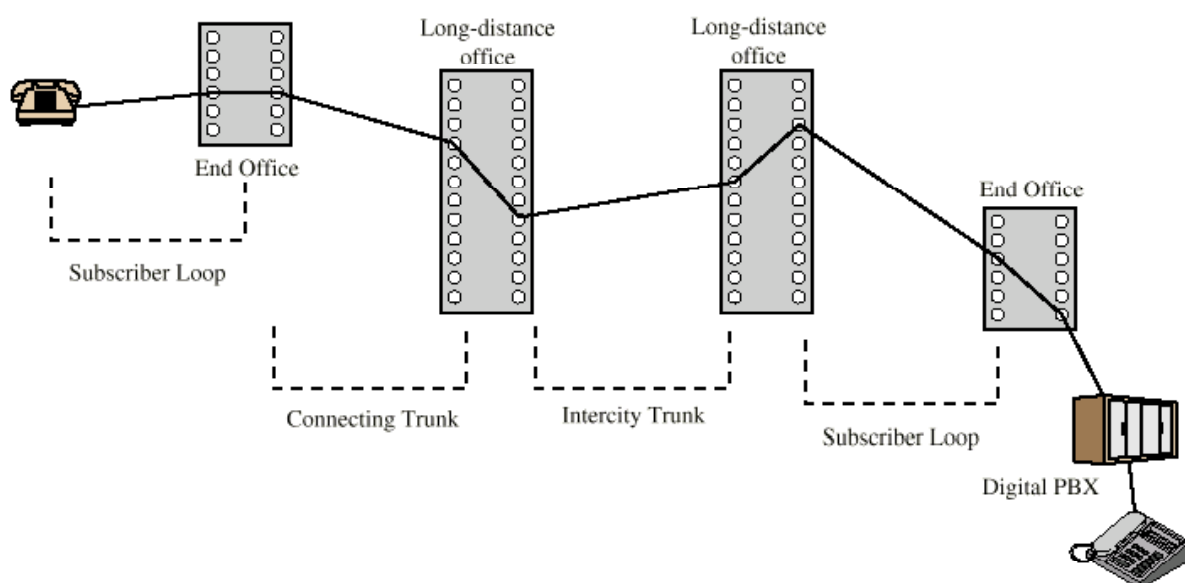
10

Commutació de circuits

- La comunicació es realitza en tres fases:
 - **Establiment del circuit** → abans de la transmissió s'estableix el circuit extrem-extrem.
 - **Transferència de dades** → normalment és full-dúplex.
 - **Desconnexió del circuit** → alliberament dels recursos dedicats a la connexió.
- Els commutadors han de ser capaços de reservar i establir camins a través de la xarxa.

11

Commutació de circuits



Components: abonats, bucle local, centrals i línies principals

12

Commutació de circuits

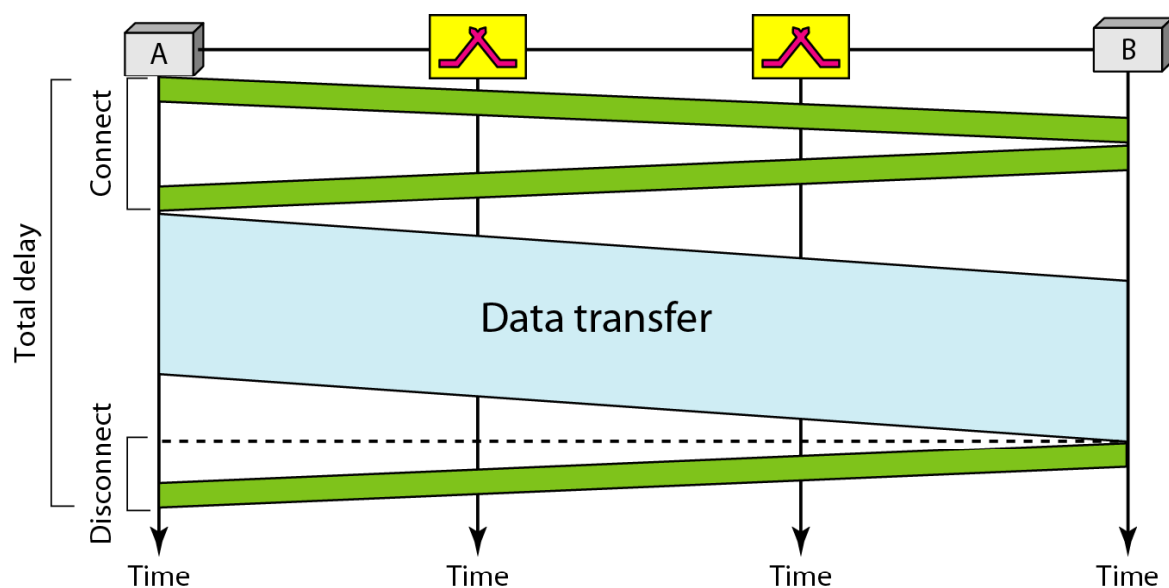
Inconvenients:

- Desaprofitament de la capacitat de la xarxa quan no hi ha transmissió.
 - Camí fixat des del principi.
 - Fase prèvia d'establiment.
- Desenvolupat per la transmissió de veu (comunicació telefònica).

13

Commutació de circuits

- Un cop feta la connexió, la transferència és transparent i ràpida (propagació del senyal).



14

Commutació de circuits

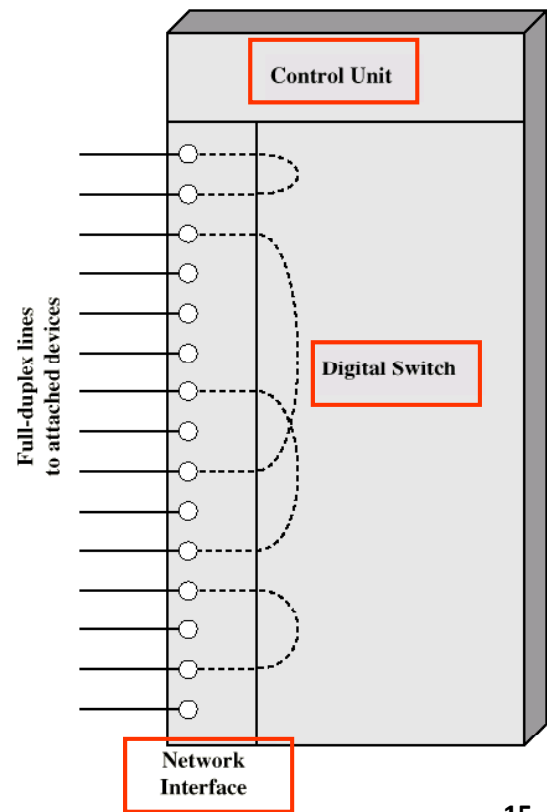
Commutadors:

Sistemes moderns:

Commutadors digitals: camí transparent entre dispositius.

Interfície de xarxa: funcions i hardware per la connexió de dispositius digitals.

Unitat de control: responsable de l'establiment, manteniment i desconnexió.



15

Commutació de circuits

Commutació per divisió en el temps:

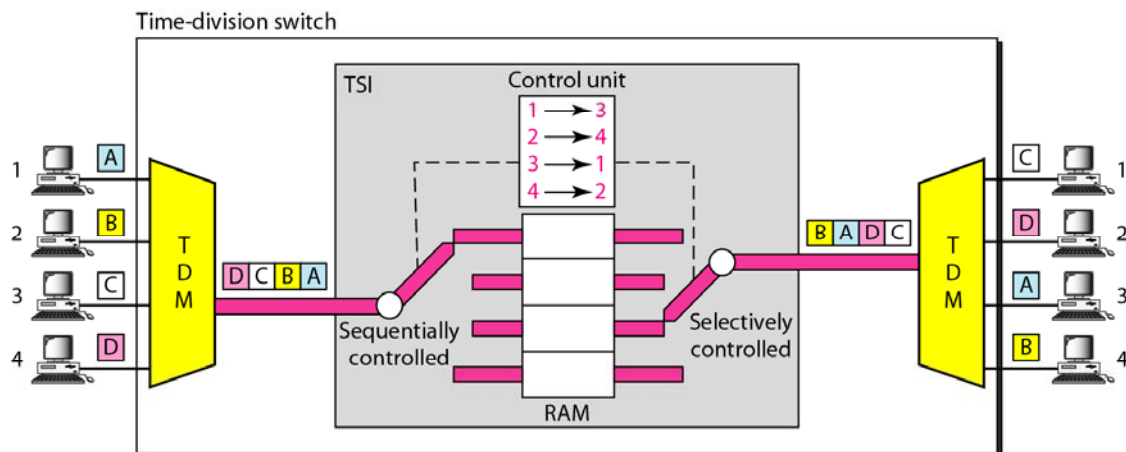
- Utilitzat en els sistemes digitals moderns.
- Fragmentació d'una cadena de bits de velocitat baixa que comparteix una seqüència de velocitat superior amb altres cadenes.
- Transmissió simultània de veu i dades i gestió de diferents velocitats.

16

Commutació de circuits

Commutació per divisió en el temps:

- Exemple: commutació per bus TDM
 - Basat en el multiplexat per divisió en el temps síncron.
 - A cada línia d'entrada se li assigna un *slot* de temps.
 - Durant el *slot* les dades es commuten des de la línia d'entrada vers la de sortida habilitada.

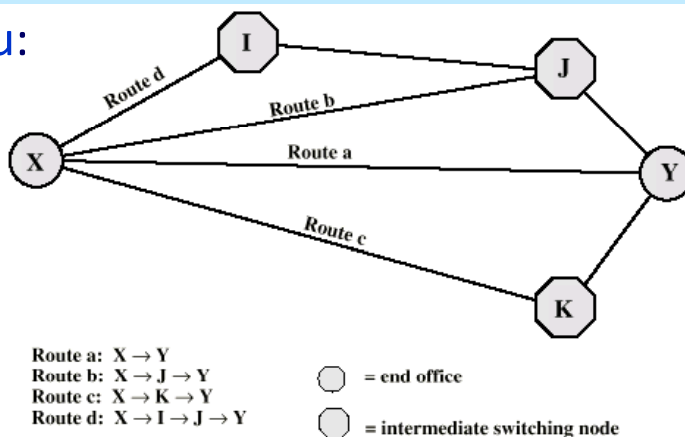


17

Commutació de circuits

Encaminament alternatiu:

- Camins diferents entre dues centrals finals.
- El commutador d'origen tria el camí.
- Camins ordenats per preferència.
- Camins diferents en funció dels períodes de temps.



(a) Topology

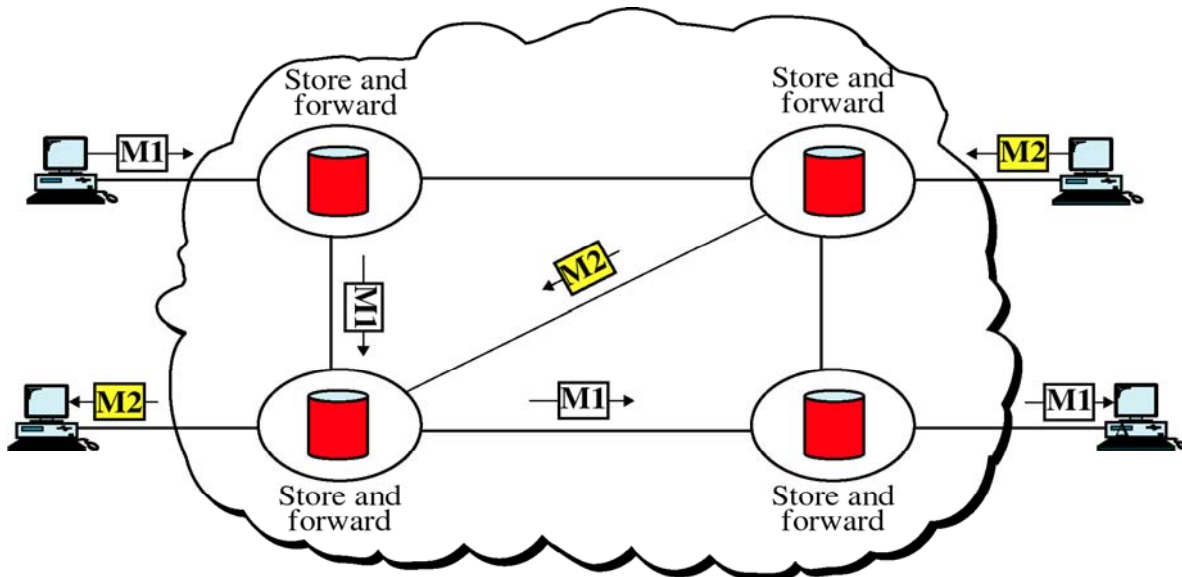
Time Period	First route	Second route	Third route	Fourth and final route
Morning	a	b	c	d
Afternoon	a	d	b	c
Evening	a	d	c	b
Weekend	a	c	b	d

(b) Routing table

18

Commutació de missatges

- **Missatge** → seqüència de bits que formen un tot lògic tant per l'emissor com pel receptor.
- *Store-and-forward* de missatges node a node.



19

Commutació de missatges

- Utilitzat als anys 60 i 70.
- **Inconvenients:**
 - Mida dels missatges? → Mida dels *buffers*?
 - Emmagatzematge en memòria secundària.
 - Missatges grans → ocupació de la línia durant molt temps
→ retards importants.
 - Sistema de gestió de transmissions correctes i errònies.
 - Si hi ha error → retransmissió de tot el missatge.

20

Commutació de paquets

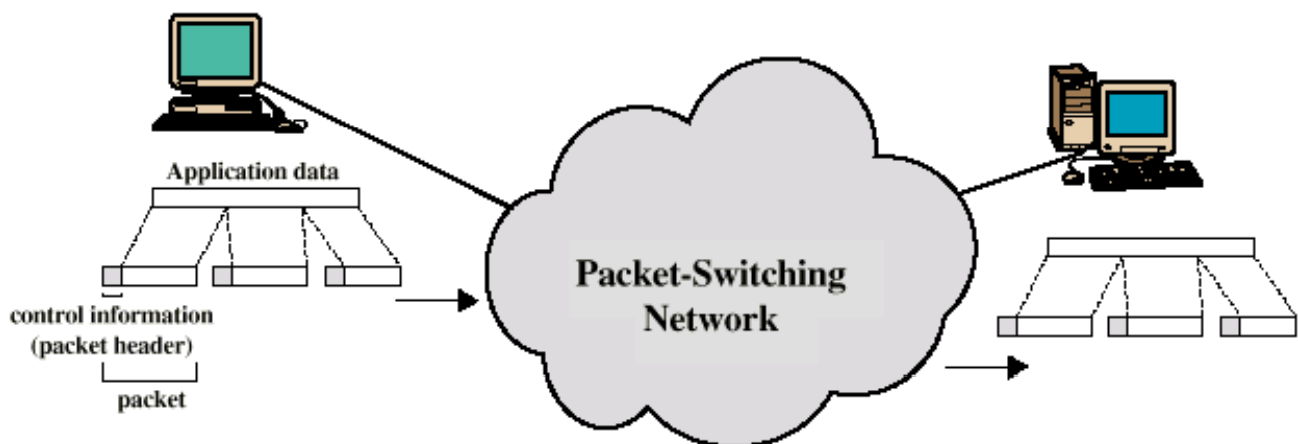
- Principis bàsics definits per Kleinrock el 1961

<http://www.lk.cs.ucla.edu/>

- Creat per resoldre problemes de les dues tècniques anteriors en la transmissió de dades.
- Dades transmeses en unitats petites anomenades paquets:
 - Mida típica màxima: 1000 bytes.
 - Missatges més grans es segmenten en paquets.
 - Cada paquet conté dades d'usuari i informació de control (la necessària per a l'encaminament).

21

Commutació de paquets



- *Store and Forward*. A cada node es rep el paquet, s'emmagatzema temporalment i es passa al node següent.

22

Commutació de paquets

- **Avantatges:**
 - Eficiència superior de la línia:
 - Enllaços simples compartits per diversos paquets.
 - Paquets posats en cua i transmesos el més ràpid possible.
 - Si error → retransmissió de menys informació
- **Gestió de l'encaminament:**
 - Les estacions fragmenten els missatges en paquets i s'envien, un a un vers la xarxa i l'encaminament es gestiona:

Datagrama

Circuit Virtual

23

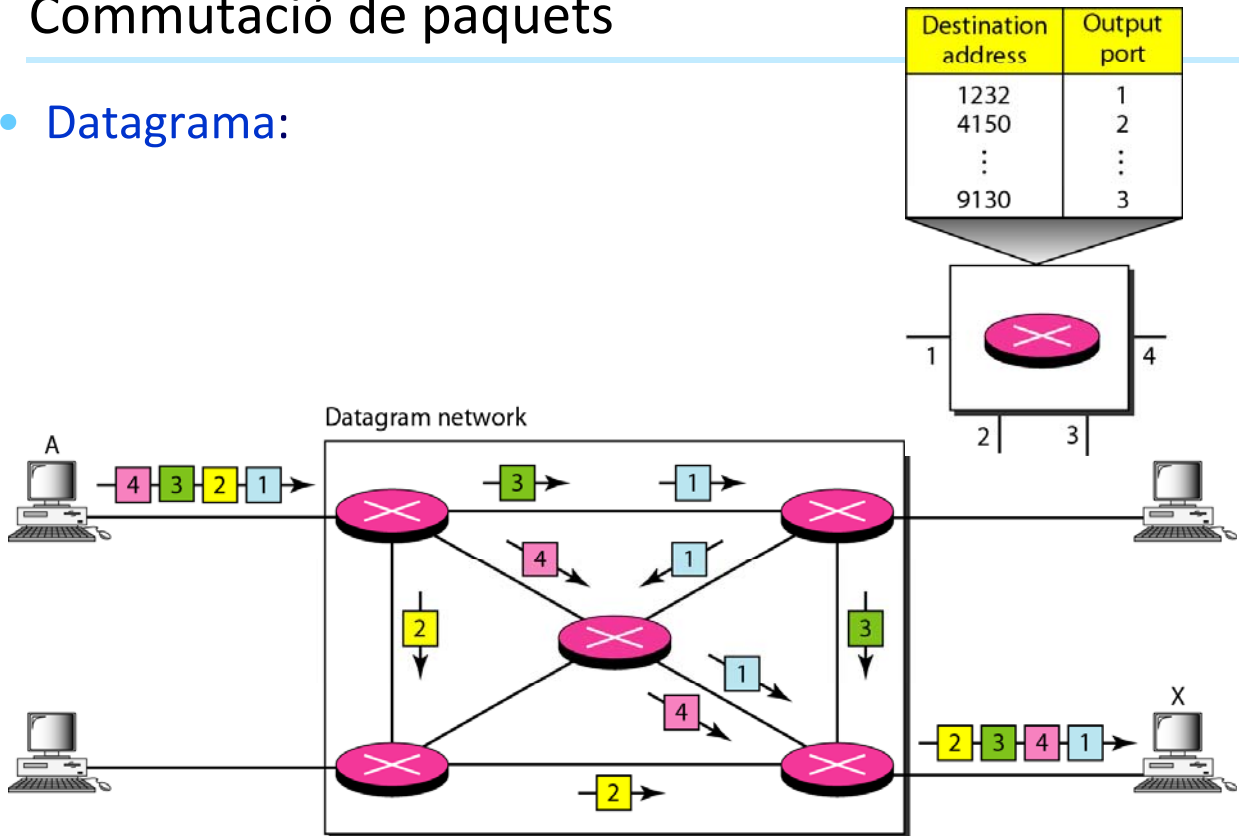
Commutació de paquets

- **Datagrama:**
 - Cada paquet es tracta de forma independent.
 - Els paquets poden seguir camins diferents.
 - Els paquets poden arribar desordenats al destí.
 - Els paquets es poden perdre.
 - Serà tasca del destí reordenar els paquets i recuperar els paquets perduts.
 - Cada paquet porta l'adreça del destí.

24

Commutació de paquets

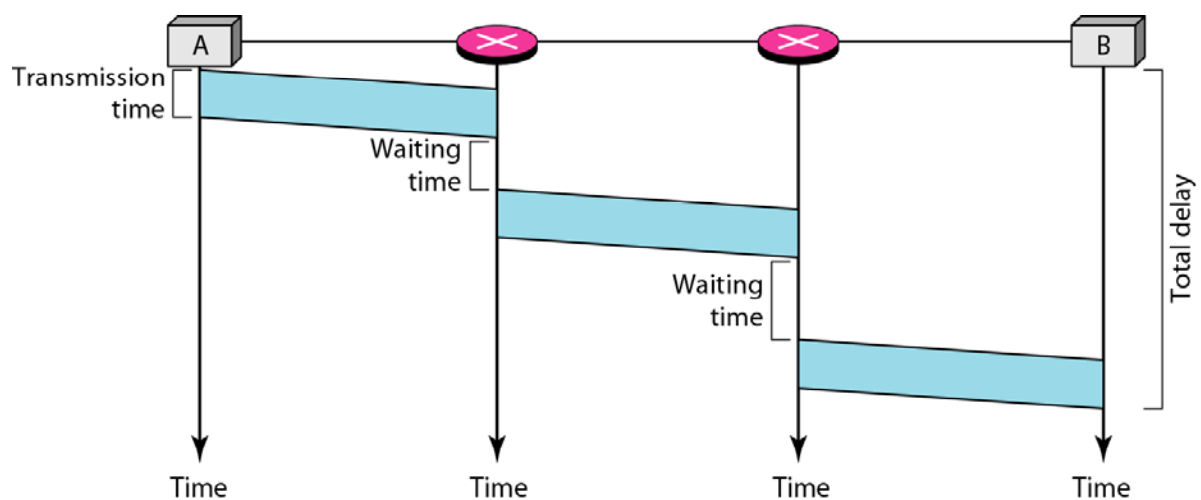
- Datagrama:



25

Commutació de paquets

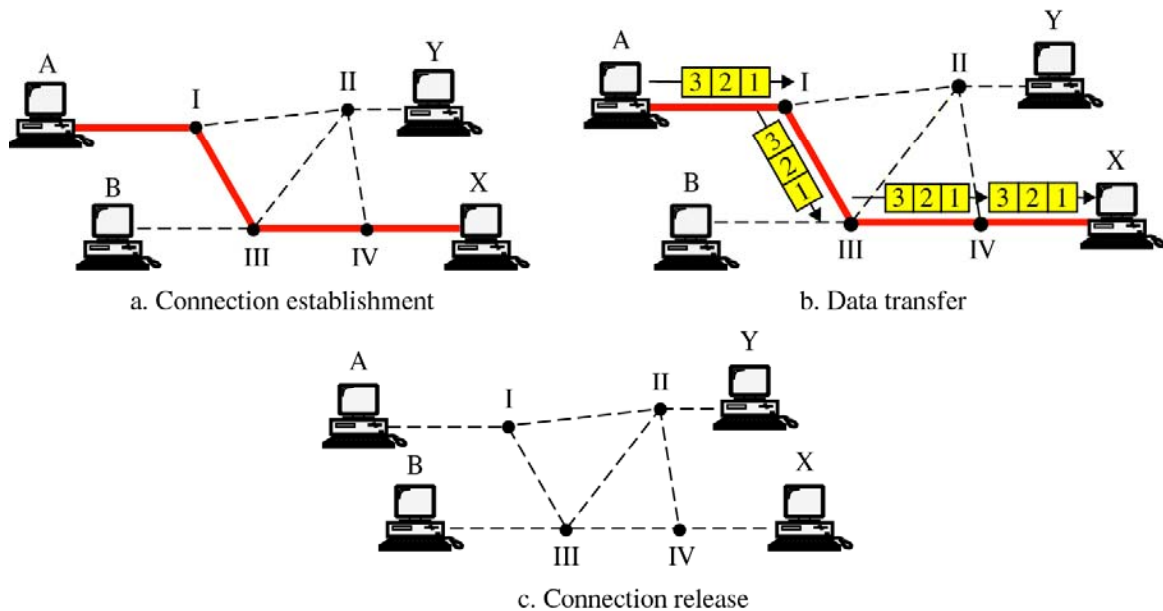
- Datagrama: retard en la transmissió



26

Commutació de paquets

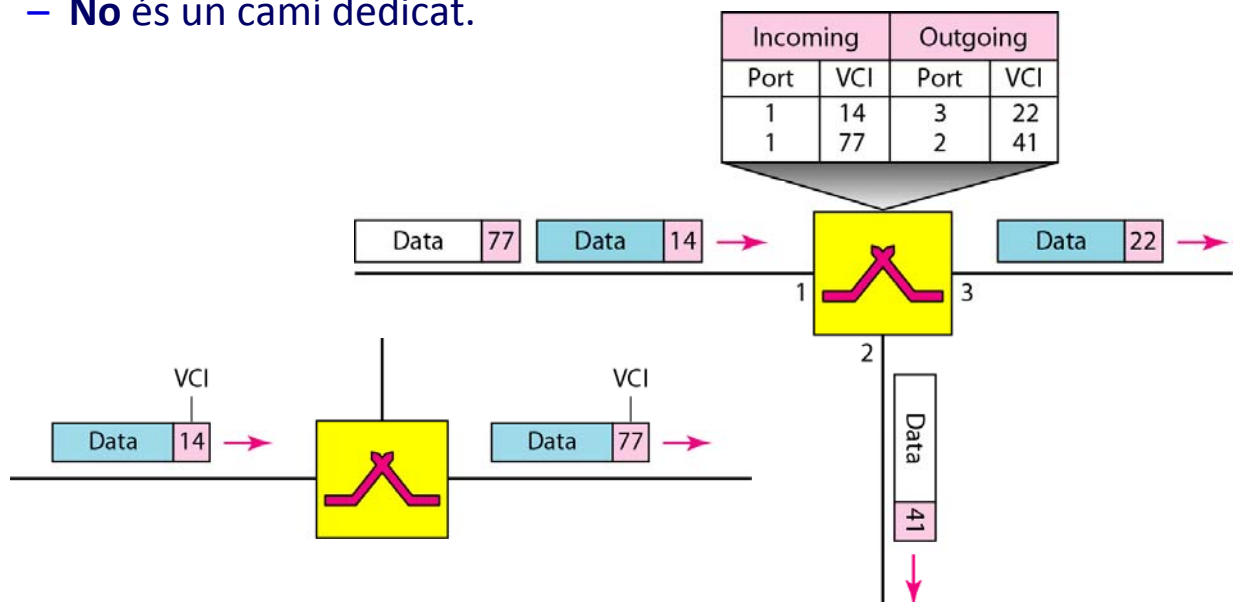
- **Circuit Virtual:**
 - S'estableix un camí previ a la transmissió
 - Cal alliberar el circuit



27

Commutació de paquets

- **Circuit Virtual:**
 - Identificador de circuit virtual a cada paquet (VCI)
 - **No** és un camí dedicat.

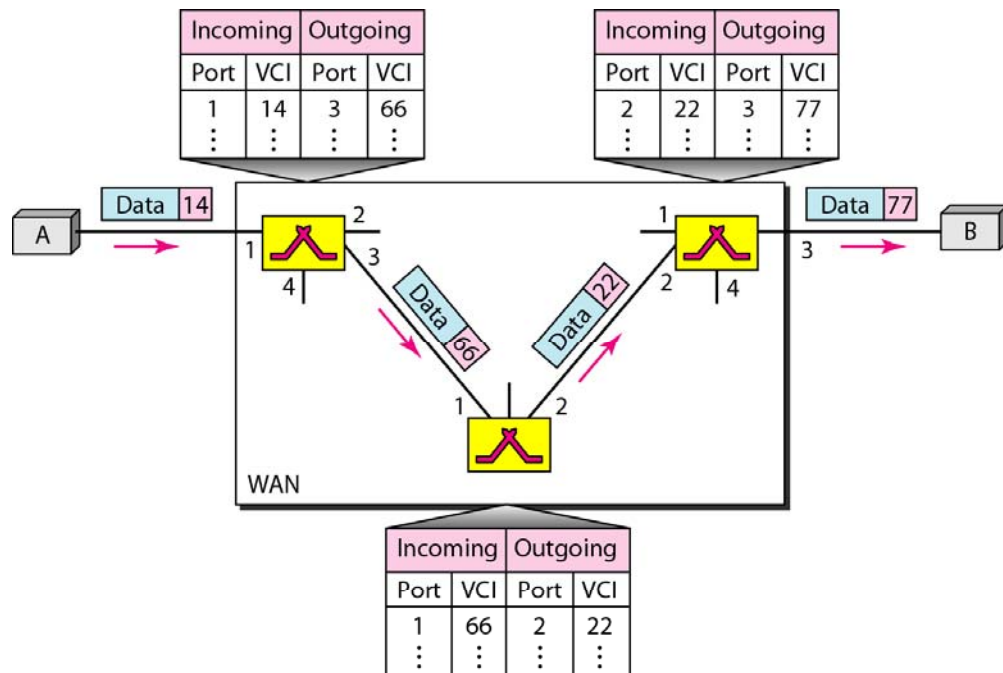


28

Commutació de paquets

- **Circuit Virtual:**

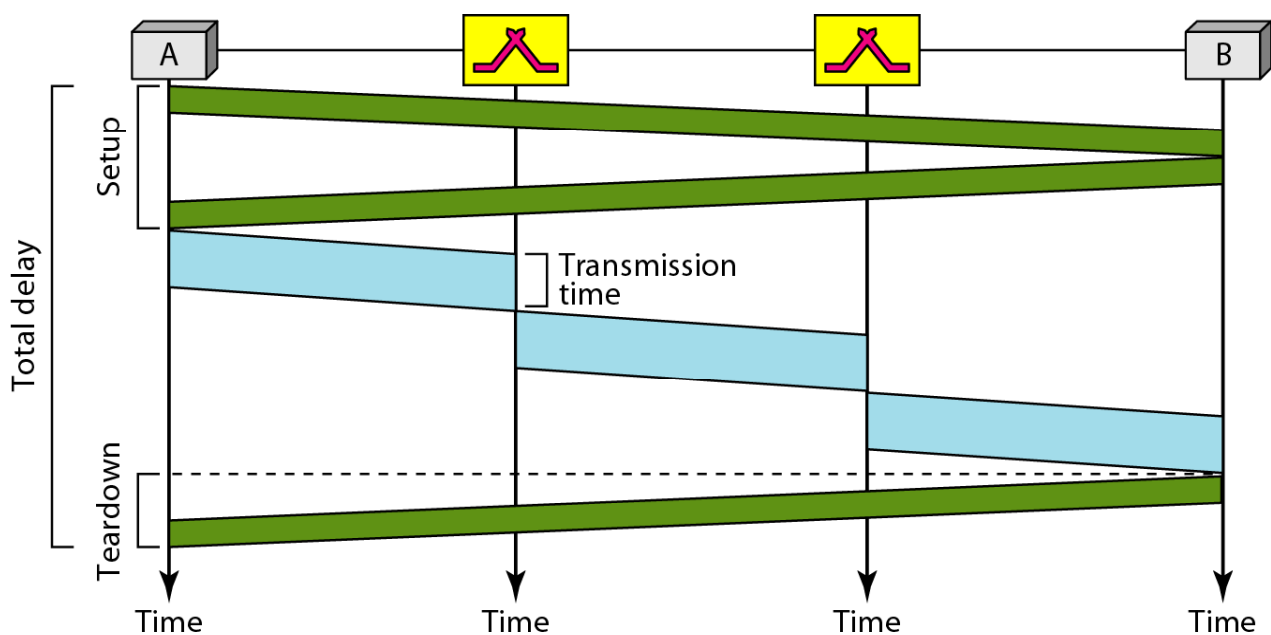
- No hi ha decisions d'encaminament per a cada paquet.



29

Commutació de paquets

- **Circuit Virtual: retard en la transmissió**



30

Commutació de paquets

• Circuit Virtual *versus* Datagrama

– Circuits Virtuals:

- La xarxa pot proporcionar serveis de seqüenciament i de recuperació de paquets perduts.
- Els paquets són retransmesos més ràpidament.

– Datagrames:

- No hi ha fase d'establiment de la connexió.
- Més flexible → L'encaminament es pot fer servir per evitar línies congestionades.
- Més tolerant a fallades → Als CV la fallada en un node implica la pèrdua de tots els circuits virtuals que el travessen.

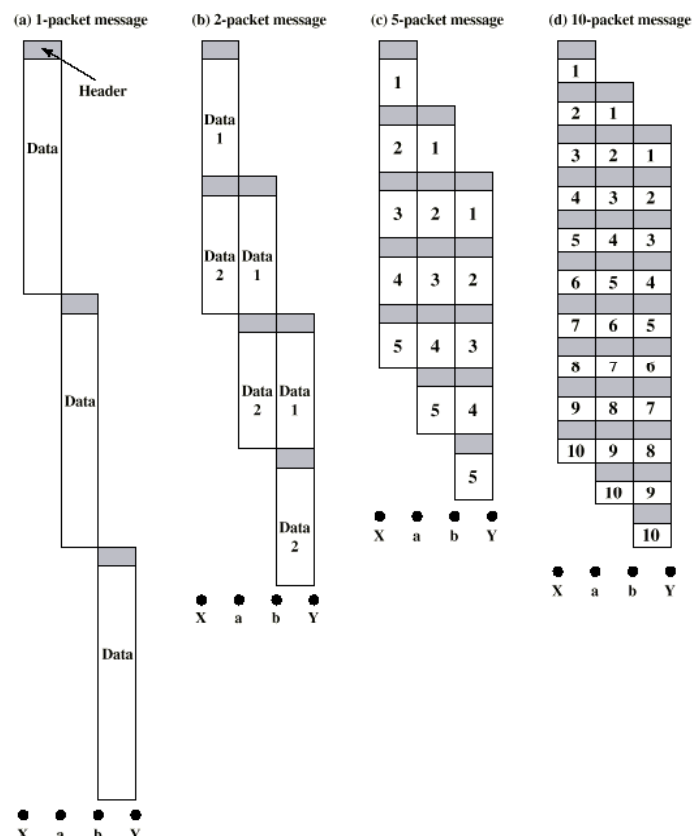
31

Commutació de paquets

• Mida del paquet:

Relació important entre la mida del paquet i el temps de transmissió.

Cal tenir en compte la mida de la capçalera



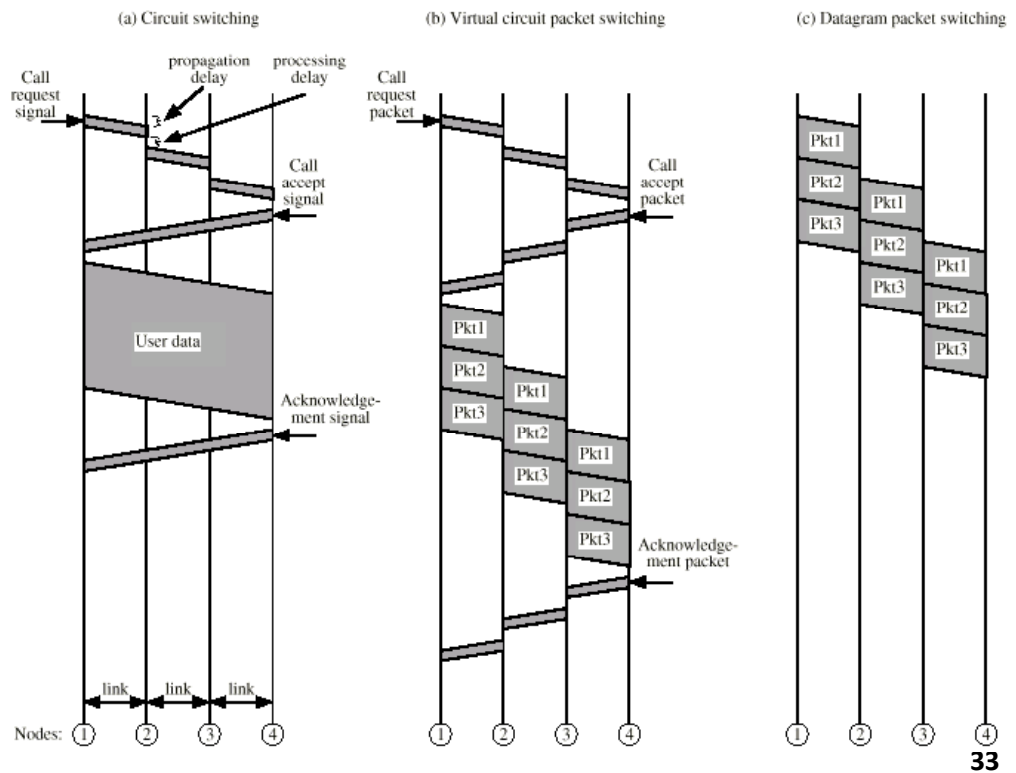
32

Commutació de paquets

• Comparativa

Prestacions:

- Retard de propagació
- Temps de transmissió
- Retard dels nodes



33

Commutació de paquets

• Encaminament

– Aspecte molt important (i complex) en el disseny de les xarxes commutades.

– Característiques desitjades de la funció d'encaminament:

- Exactitud
- Simplicitat
- Robustesa
- Estabilitat
- Imparcialitat
- Optimització
- Eficiència

**No sempre es poden aconseguir totes.
Algunes són, a vegades, incompatibles.**

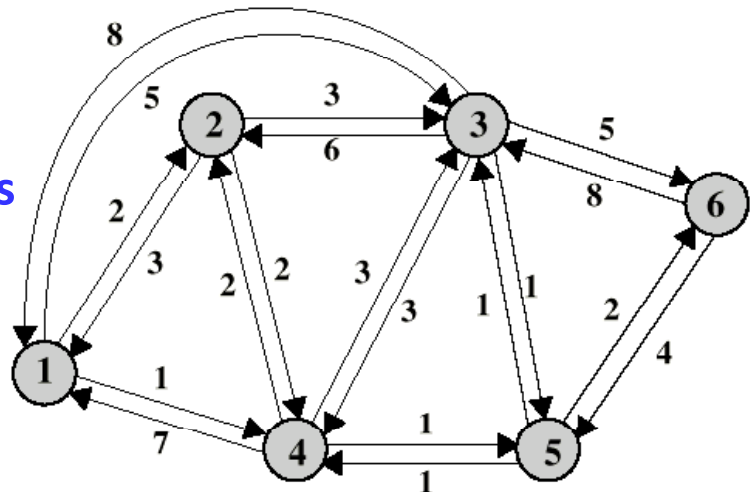
Commutació de paquets

- Encaminament

- Elecció del camí basat en algun criteri de funcionament:

- Mínim nombre de salts.
 - Cost mínim.

Poden ser diferents



35

Commutació de paquets

- Encaminament

- Instant i lloc de decisió:

- **Temps** (Quan?) → Circuit Virtual o paquet.
 - **Lloc** (Qui?) → Node o nodes que prenen les decisions:

Sistema distribuït → fet a cada node.

Centralitzat → node que actua de centre de control de la xarxa.

A l'origen → camí fixat per l'usuari en funció de criteris locals.

Commutació de paquets

• Encaminament

– Fonts d'informació:

- Encaminament distribuït → Ús d'informació local dels nodes i dels nodes adjacents.
- Encaminament centralitzat → Ús d'informació obtinguda de tots els nodes.

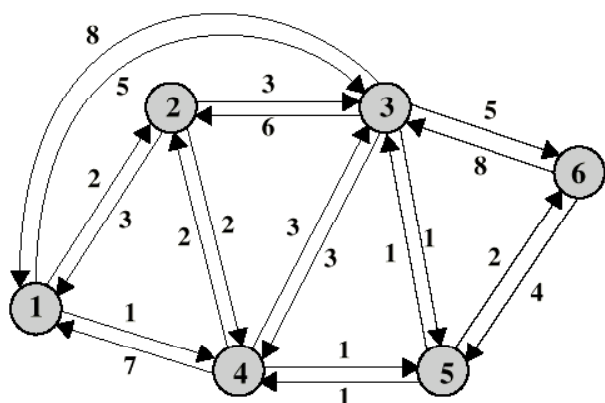
– Temps d'actualització – per reflectir l'estat de la xarxa:

- Informació local: actualització constant.
- Sistema estàtic → no s'actualitza mai.
- Sistema adaptatiu → actualitzacions periòdiques.

37

Commutació de paquets

• Taules encaminament



CENTRAL ROUTING DIRECTORY

	From Node					
	1	2	3	4	5	6
To Node 1	—	1	5	2	4	5
To Node 2	2	—	5	2	4	5
To Node 3	4	3	—	5	3	5
To Node 4	4	4	5	—	4	5
To Node 5	4	4	5	5	—	5
To Node 6	4	4	5	5	6	—

Node 1 Directory

Destination	Next Node
2	2
3	4
4	4
5	4
6	4

Node 2 Directory

Destination	Next Node
1	1
3	3
4	4
5	4
6	4

Node 3 Directory

Destination	Next Node
1	5
2	5
4	5
5	5
6	5

Node 4 Directory

Destination	Next Node
1	2
2	2
3	5
5	5
6	5

Node 5 Directory

Destination	Next Node
1	4
2	4
3	3
4	4
6	6

Node 6 Directory

Destination	Next Node
1	5
2	5
3	5
4	5
5	5

38

Commutació de paquets

- Encaminament adaptatiu
 - Utilitzat a la majoria de xarxes de commutació.
 - Les decisions d'encaminament canvien en funció de l'estat de la xarxa:
 - Fallades
 - Congestió
 - Intercanvi d'informació de l'estat de la xarxa entre els nodes (*echo packages*).
 - Compromís entre la qualitat de la informació de la xarxa i l'*overhead* generat.

39

Commutació de paquets

- Encaminament adaptatiu
 - Avantatges:
 - Millora de les prestacions
 - Ajuda al control de la congestió
 - Classificació basada en funció de les fonts d'informació:
 - Local (mètode aïllat)
 - Nodes adjacents
 - Tots els nodes

40

Commutació de paquets

Congestió de la xarxa

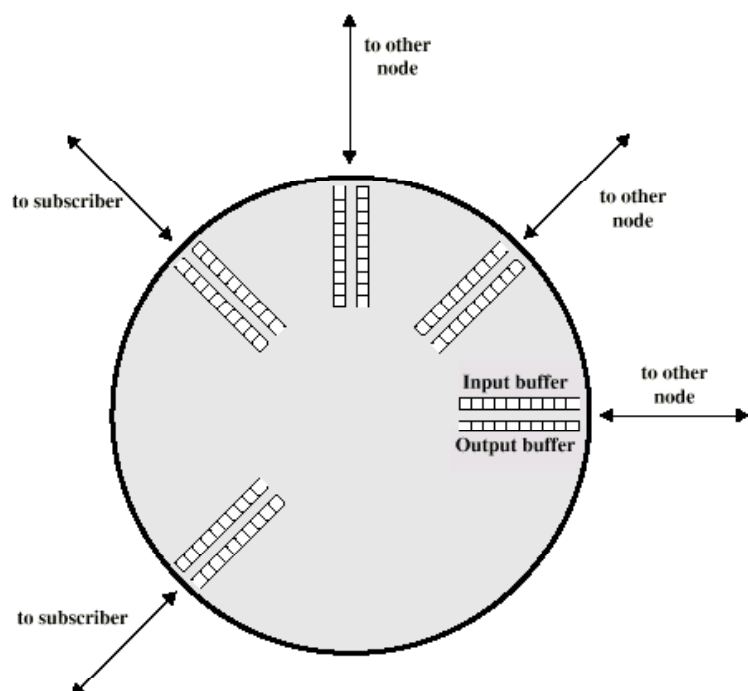
- El nombre de paquets a la xarxa s'aproxima al seu límit de capacitat de gestió de paquets.
- L'objectiu del control de la congestió és mantenir el nombre de paquets per sota del llindar a partir del qual el rendiment de la xarxa decau dramàticament.
- Xarxa de cues finites → es poden perdre dades.
- Superar un ús del 80% és crític (normalment).

41

Commutació de paquets

Congestió de la xarxa

- 2 cues per port (entrada/sortida)
- Si s'omplen els buffers i no es poden lliurar els paquets als nodes següents.
- Necessari un control de flux global



42

Commutació de paquets

Congestió de la xarxa

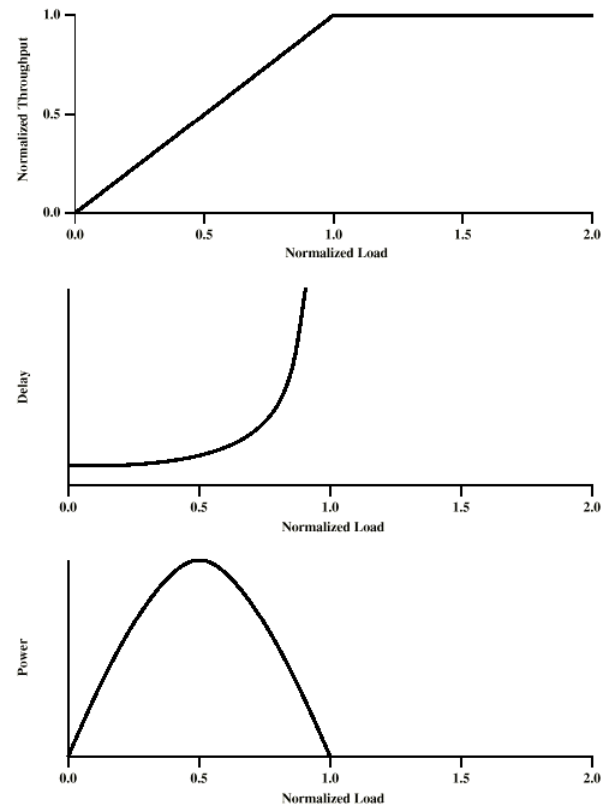
Funcionament ideal

Càrrega → Ritme de recepció de paquets.

Rendiment → Ritme de transmissió de paquets.

Retard → Temps de viatge dels paquets per la xarxa.

Potència → Raó entre el rendiment i el retard



43

Commutació de paquets

Congestió de la xarxa

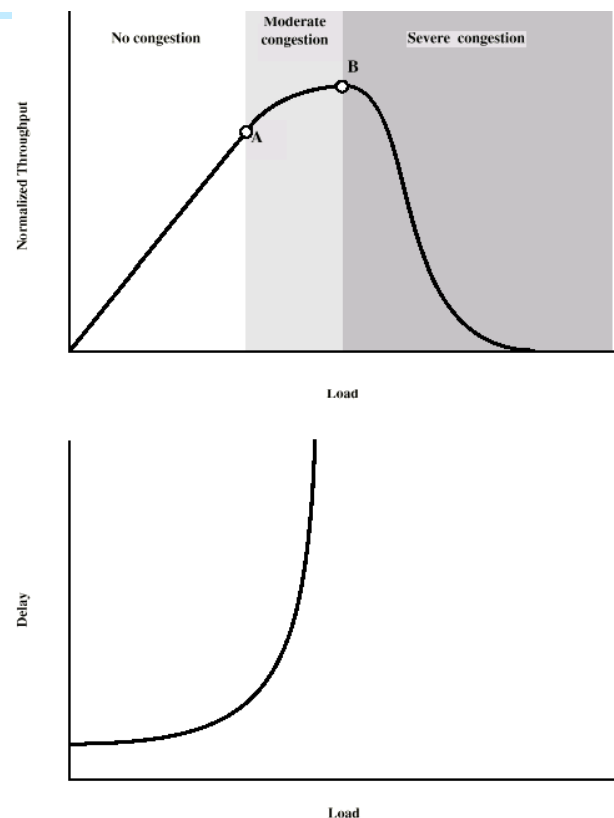
Funcionament real

A → congestió moderada:

- Càrrega de la xarxa no uniforme
- Temps de gestió de cues més gran
- Alg. d'encaminament amb més dades.

B → congestió severa:

- Memòria de cues exhaurida
- Pèrdua de paquets → retransmissions
- més càrrega



44

Commutació de paquets

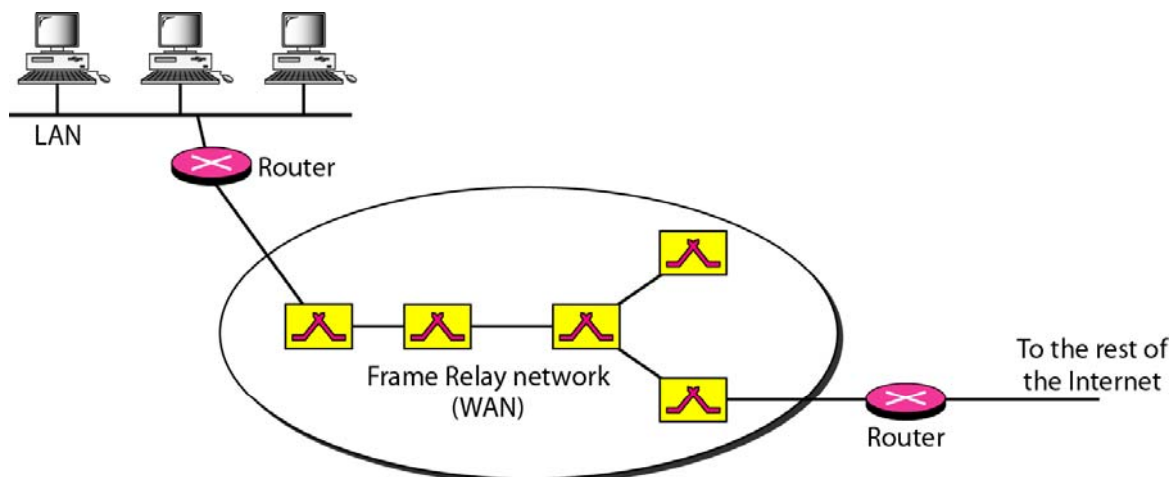
- Control de la Congestió:
 - Contrapressió → node a node el receptor frena l'emissor.
 - Paquets d'obstrucció → entre els extrems si hi ha perill de congestió.
 - Senyalització implícita → detectada als extrems per la pèrdua de paquets o l'augment del temps de transmissió.
 - Senyalització explícita → de la xarxa a l'emissor o al receptor (binària, crèdits, velocitat).

45

Frame Relay

Frame Relay

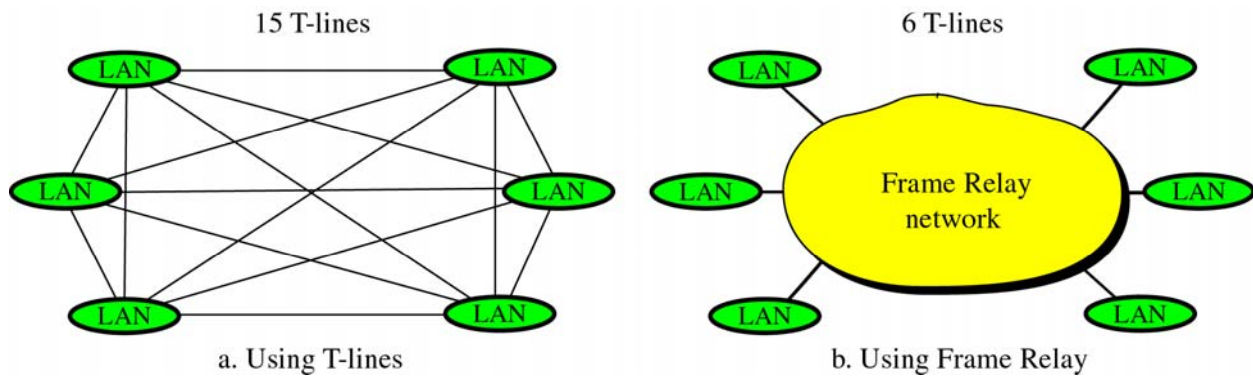
Tecnologia basada en **Circuits Virtuals** que ofereix serveis de baix nivell (físic i d'enllaç de dades) per WANs (Finals 1980 – principis 1990).



46

Característiques

- Velocitats superiors a menor cost.

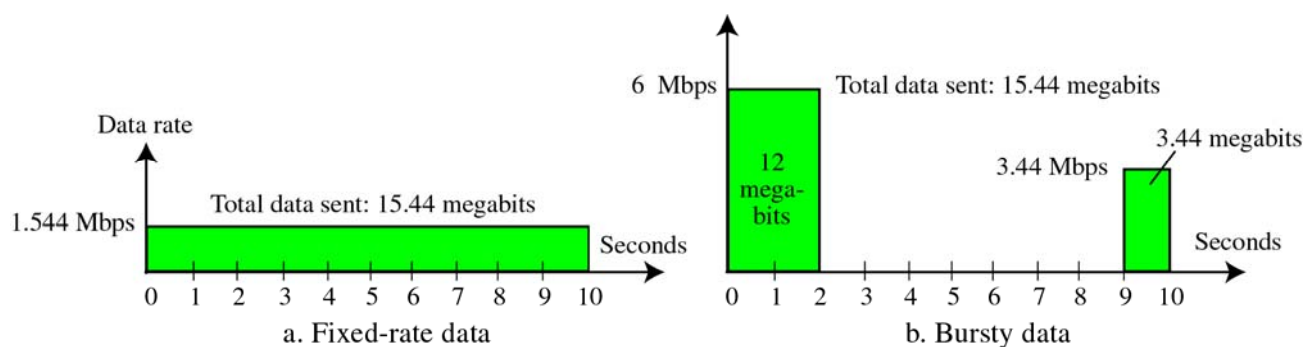


Disseny inicial : 1,544 Mbps / Actualment : 44,376 Mbps

47

Característiques

- Dades a ràfegues



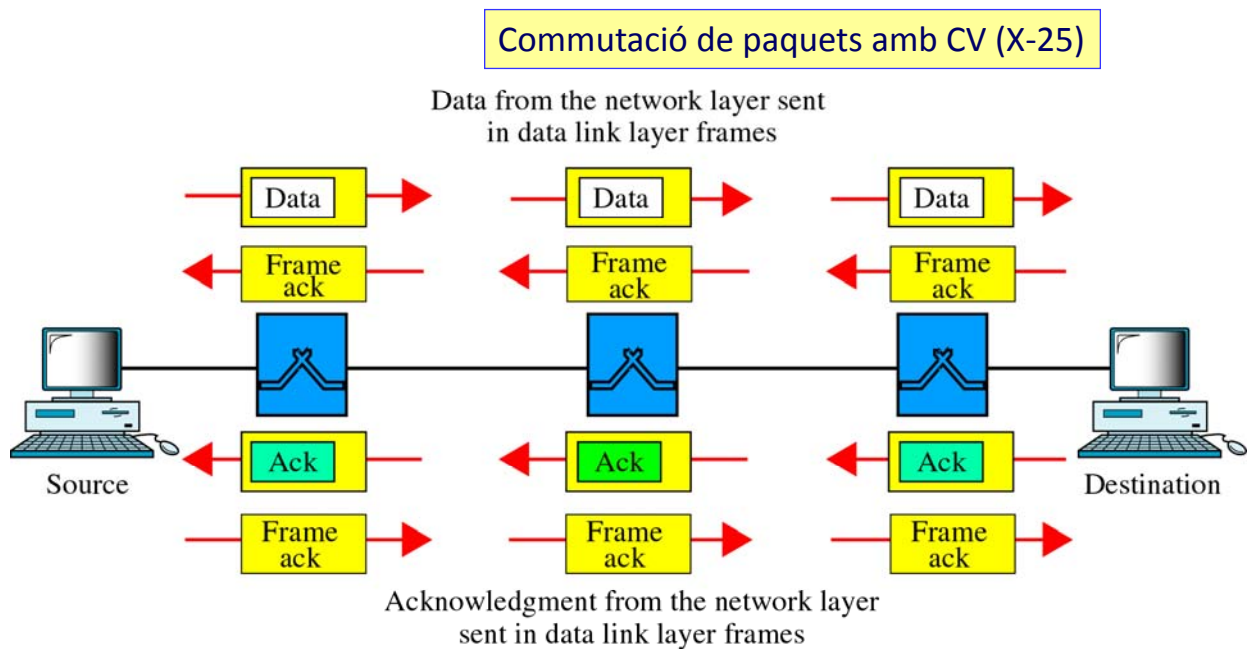
Ample de banda sota demanda, en funció de les necessitats del moment.

Un usuari té garantida una velocitat mitja que es pot incrementar durant períodes a ràfegues

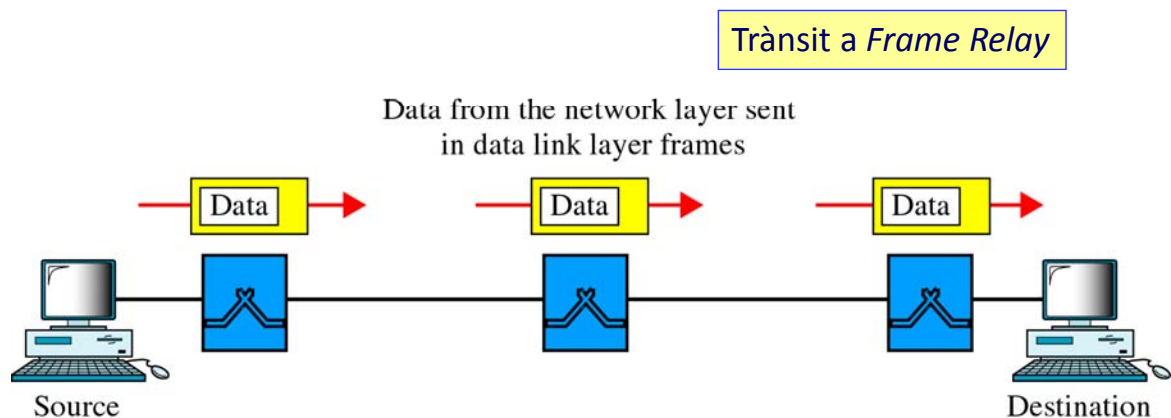
48

Característiques

- Sobrecàrrega menor degut a la millora en els medis de transmissió.



Característiques



Ús de fibra òptica i millora dels sistemes tradicionals.

No hi ha comprovació d'errors ni confirmacions a nivell d'enllaç de dades.

La comprovació d'errors es deixa als nivells superiors (xarxa i transport) que utilitzen els serveis de *Frame Relay*.

Avantatges

- Velocitats superiors (fins a 44,476 Mbps)
- Operació fins al nivell d'enllaç → pot oferir serveis a famílies de protocols que tenen nivell de xarxa propi (ex: TCP/IP).
- Permet dades a ràfegues.
- Mida de trama màxim de 9.000 bytes → pot acomodar les trames de les diferents LAN.
- Cost menor que altres WAN.

51

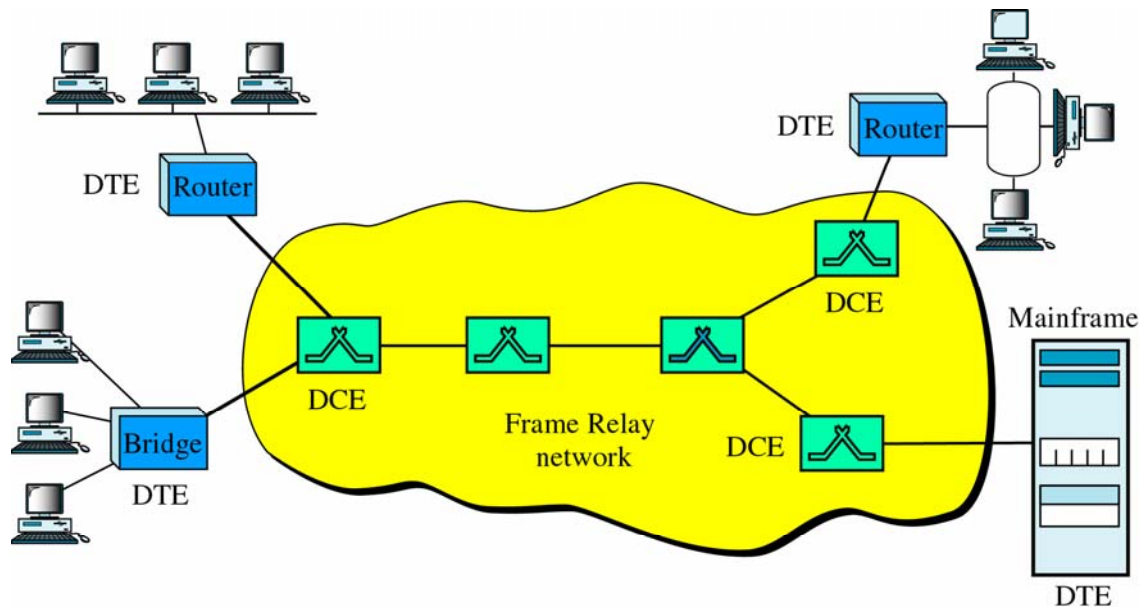
Inconvenients

- Alguns sistemes necessiten velocitats més altes.
- Permet trames de longitud variable → retards variables a diferents usuaris. Penalització als usuaris de trames petites.
- Retards variables → no és un bon sistema per la transmissió de dades sensibles als retards (vídeo o àudio en temps real, per exemple: teleconferències).

52

Funcionament

- Ofereix connexions virtuals permanents i commutades.
- Utilitzada com a WAN per connectar LANs i *mainframes*.

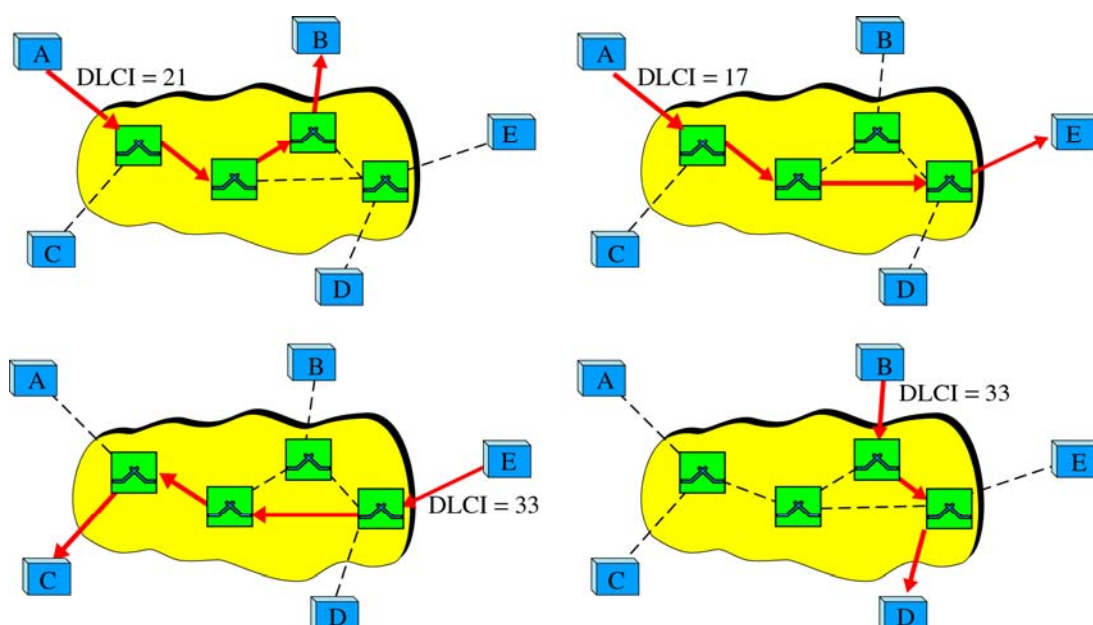


53

Funcionament

Circuits Virtuals

- Ús de identificadors de Circuit Virtual a nivell d'enllaç.
- **DLCI** – Identificador de connexió de l'enllaç de dades.

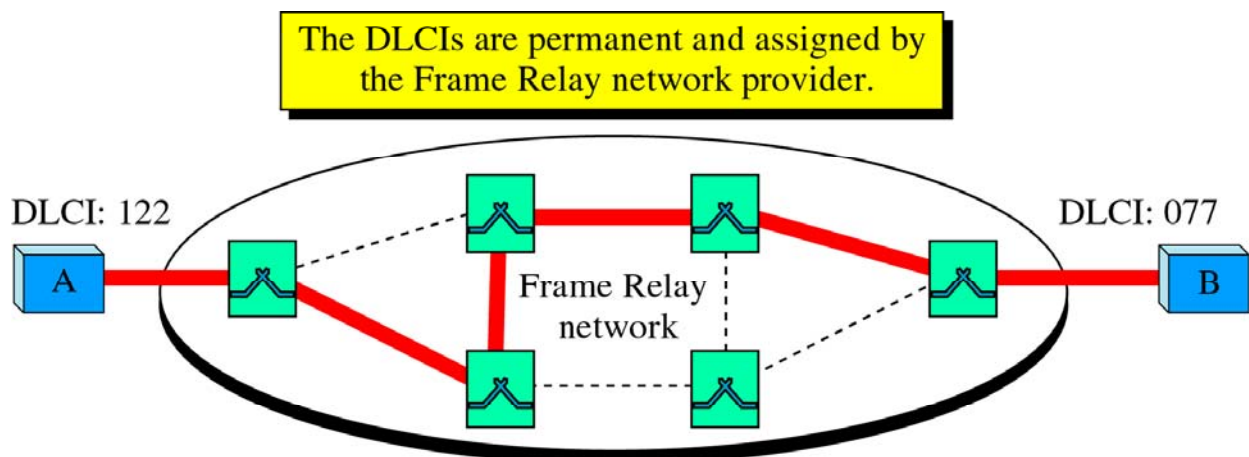


54

Funcionament

Circuit Virtual Permanent (PVC)

- S'estableix un circuit virtual permanent (PVC) a través del proveïdor de la xarxa, assignant dos DLCIs a les interfícies dels dos extrems de la connexió.



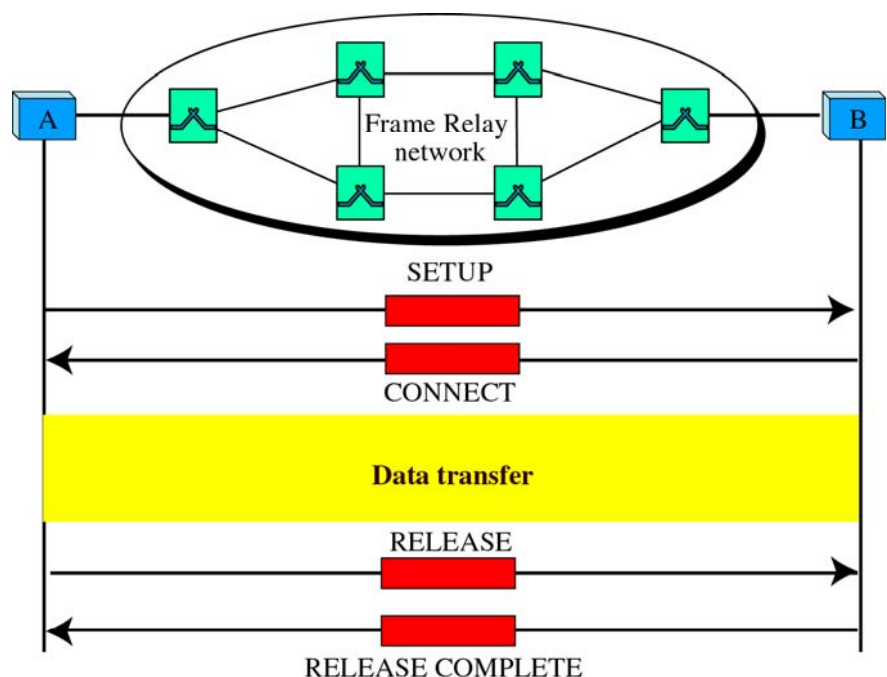
55

Funcionament

Circuit Virtual Commutat (SVC)

Cada vegada que un DTE vol establir una connexió amb un altre, s'estableix un nou circuit virtual. Calen els serveis d'un protocol de nivell de xarxa (XDSI, IP).

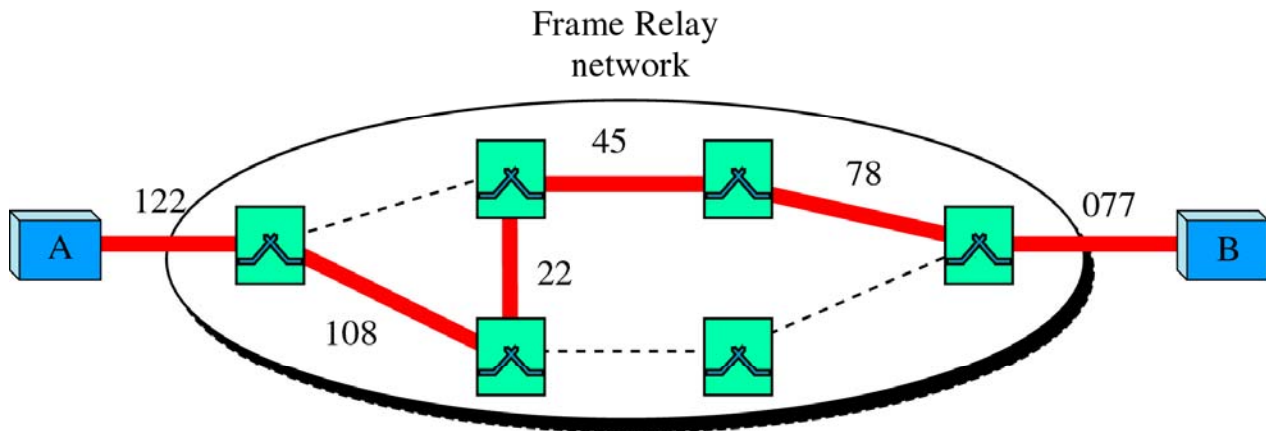
DLCIs temporals assignats a la fase de connexió.



56

Funcionament

DLCIs dins la xarxa

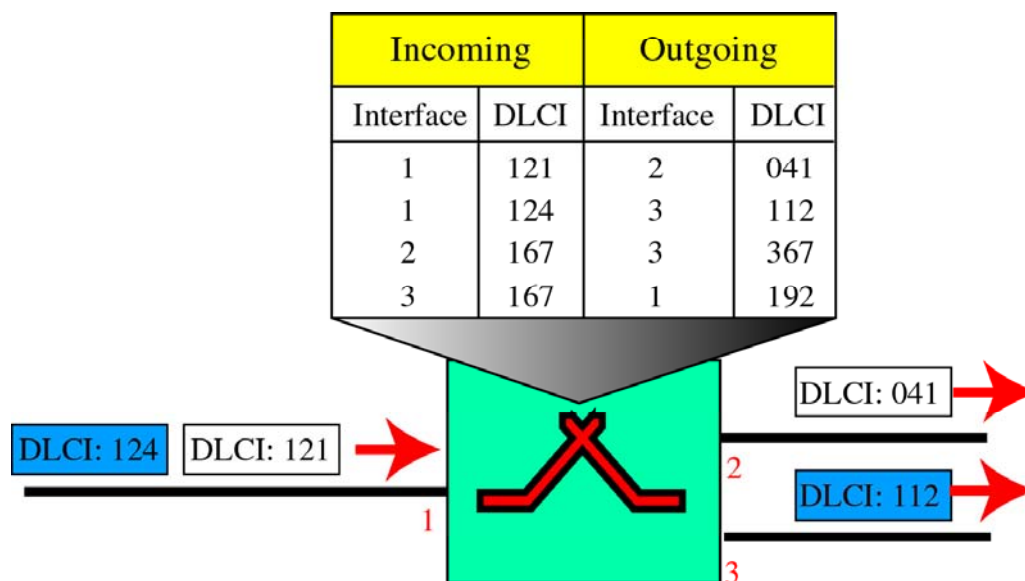


- Els DLCIs també s'assignen per definir connexions entre commutadors
- Els DLCIs només són únics per una interfície concreta.

57

Funcionament

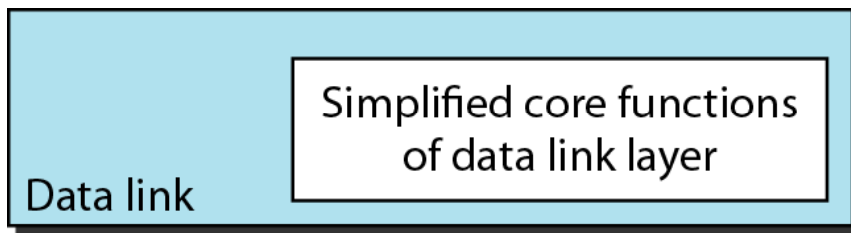
Commutadors



Cada commutador té una taula per encaminar les trames:
parelles DLCI/interfície.

58

Nivells



Versió simplificada
de HDLC → LAPF
central

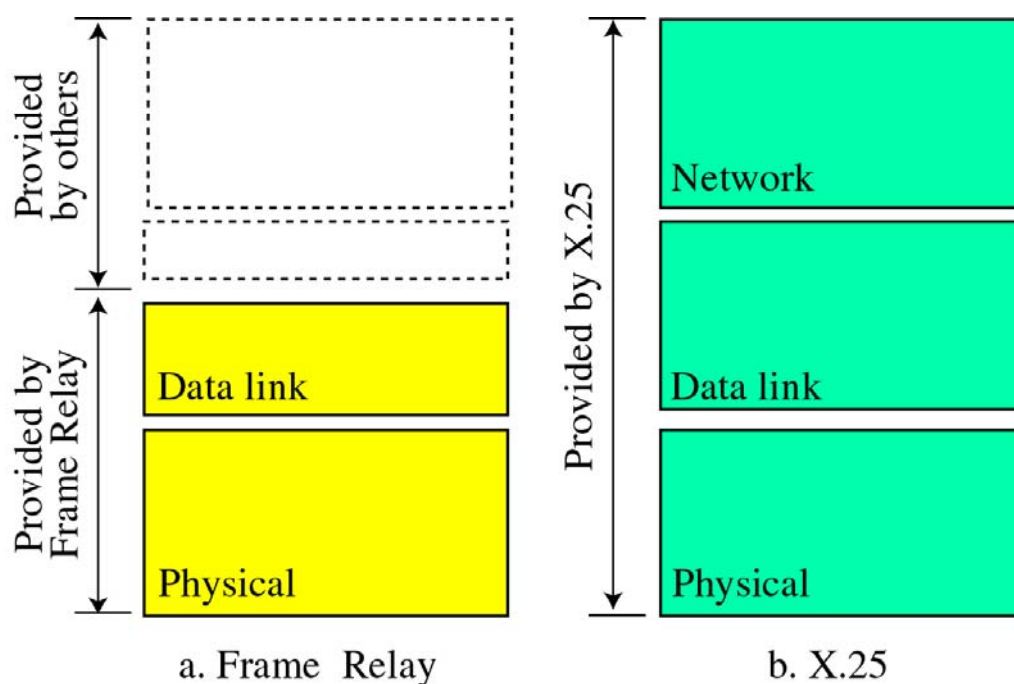


Qualsevol dels
protocols
reconegut per ANSI

59

Nivells

Comparativa amb X-25



60

Nivells

Format de les trames

C/R: Command/response

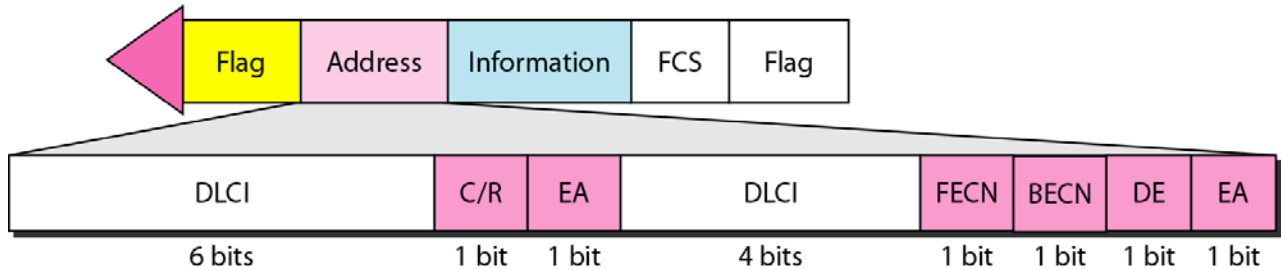
EA: Extended address

FECN: Forward explicit congestion notification

BECN: Backward explicit congestion notification

DE: Discard eligibility

DLCI: Data link connection identifier



DLCI	C/R	EA = 0
DLCI	FECN	DE
	BECN	EA = 1

a. Two-byte address (10-bit DLCI)

DLCI	C/R	EA = 0
DLCI	FECN	DE
	BECN	EA = 0
DLCI	0	EA = 1

b. Three-byte address (16-bit DLCI)

DLCI	C/R	EA = 0
DLCI	FECN	DE
	BECN	EA = 0
DLCI	0	EA = 1

c. Four-byte address (23-bit DLCI)

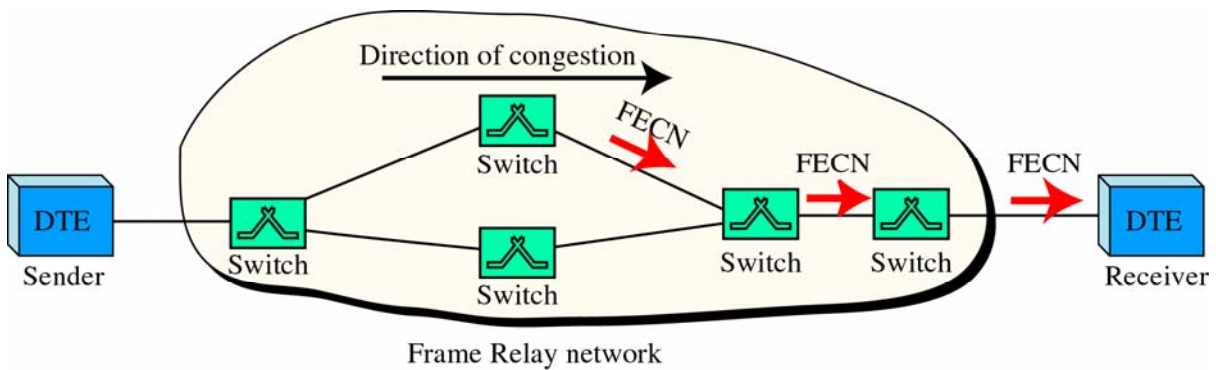
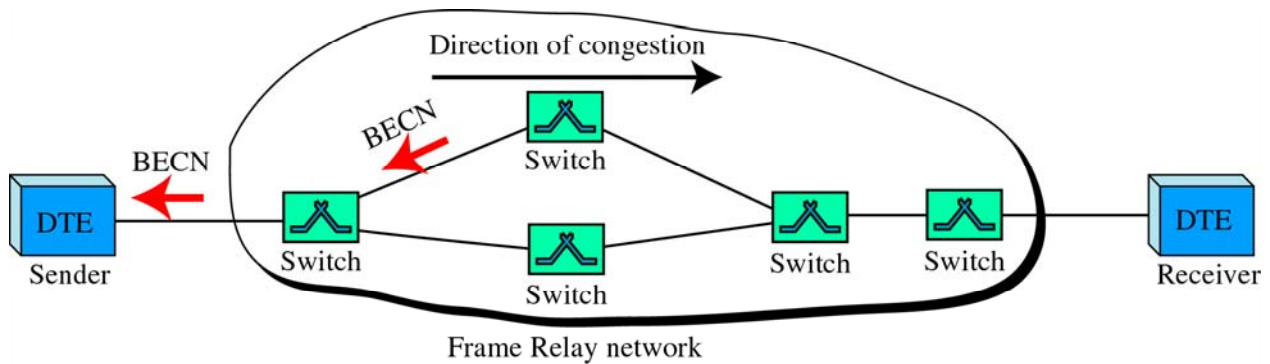
61

Control de la congestió

- Els commutadors tenen un espai limitat per emmagatzemar trames que arriben abans de processar-se ➔ Això pot provocar congestió.
- Control de la congestió ➔ Ús de dos bits per avisar de forma explícita a l'origen i al destí de la presència de congestió:
 - **BECN**: Notificació de congestió explícita enrere
 - **FECN**: Notificació de congestió explícita endavant.
- Control de tràfic per descartar trames si cal.

Control de la congestió

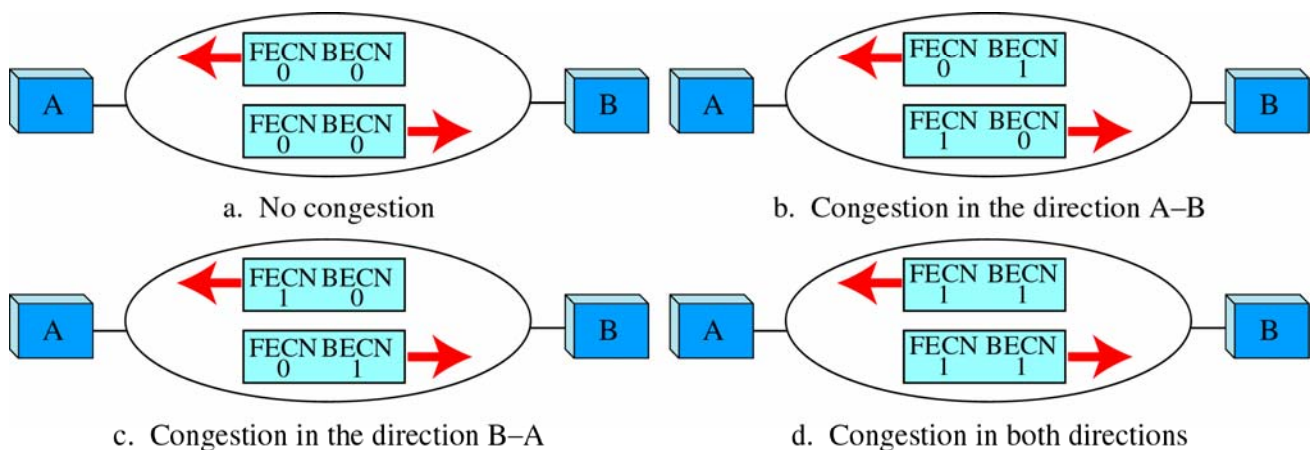
BECN i FECN



63

Control de la congestió

Quatre casos possibles de congestió



64

Introducció

Mode de transferència asíncron.

Protocol de retransmissió de cel·les.

Dissenyat pel fòrum ATM i adoptat per la ITU-T.

Tecnologia per la interconnexió a alta velocitat de totes les xarxes del món.

Objectius de disseny:

- Optimització de l'ús dels medis de transmissió de dades d'alta velocitat.
- Interacció amb els sistemes existents.

65

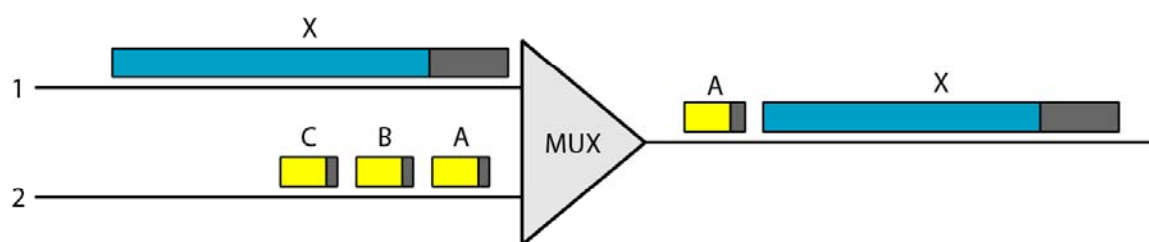
Introducció

Objectius de disseny:

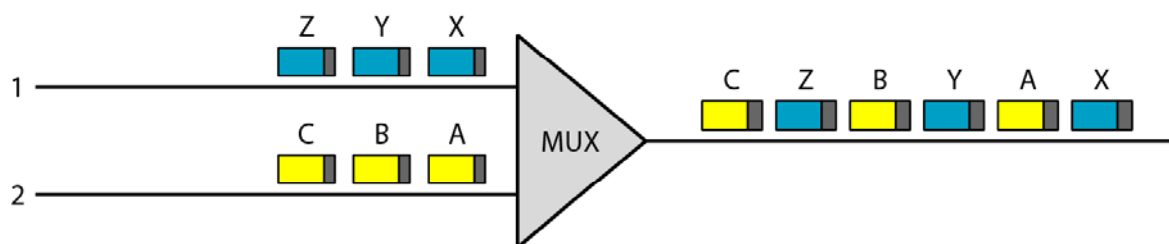
- Disseny no massa costós d'implementar.
- Capaç d'admetre i funcionar amb les jerarquies de telecomunicacions existents (bucles locals, proveïdors, portadors de llarga distància,...).
- Proporcionar un servei orientat a la connexió per assegurar un lliurament precís.
- Desplaçar la màxima funcionalitat possible al *hardware* (increment de la velocitat) i eliminar la *software* sempre que sigui possible.

66

Multiplexat



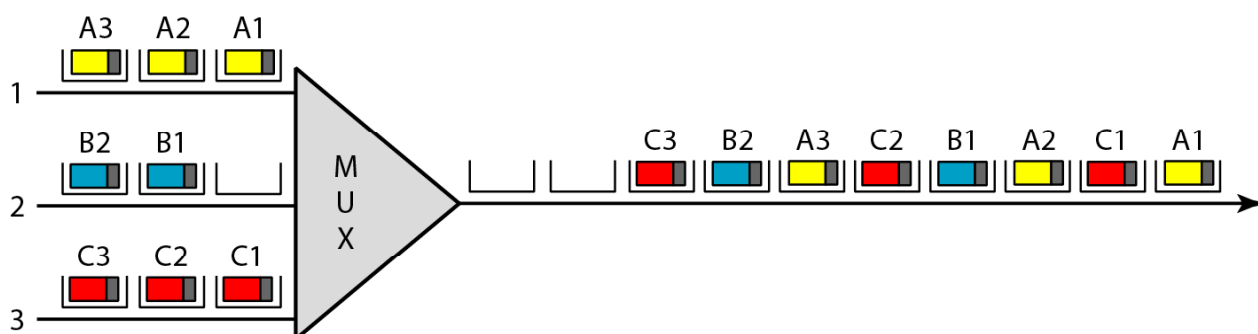
Multiplexat utilitzant paquets de mides diferents



Multiplexat utilitzant cel·les (unitats de dades petites i de mida fixa)

67

Multiplexat

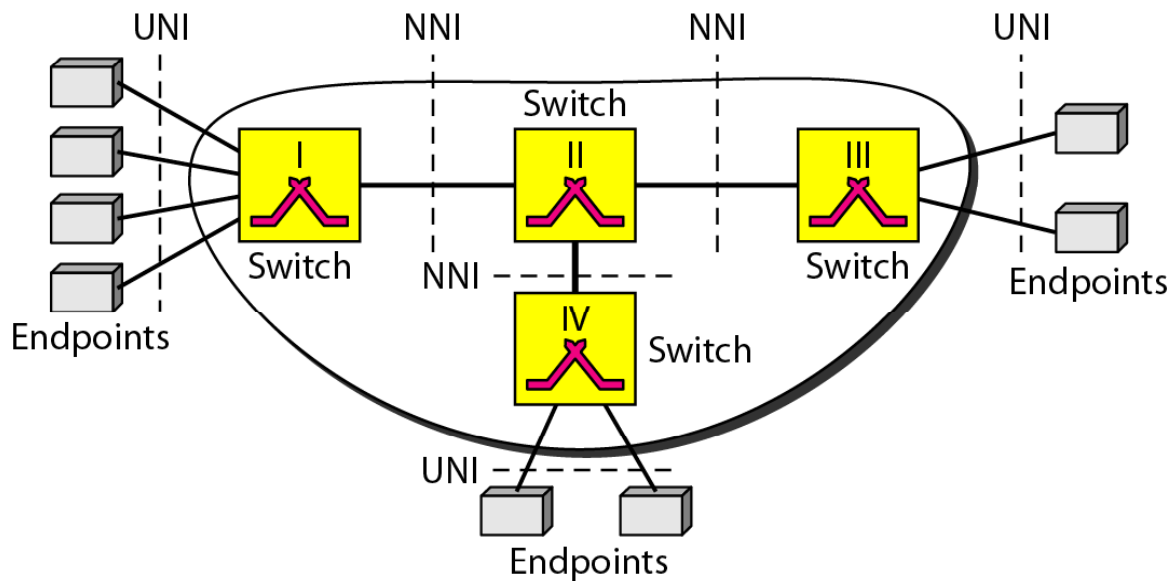


Multiplexat asíncron (ATM) → només hi ha slots lliures si cap dels canals té una cel·la per enviar.

Aprofitament màxim de l'ample de banda disponible.

68

Arquitectura de la xarxa



UNI → *User-to-Network interface*

NNI → *Network-to-Network interface*

69

Arquitectura de la xarxa

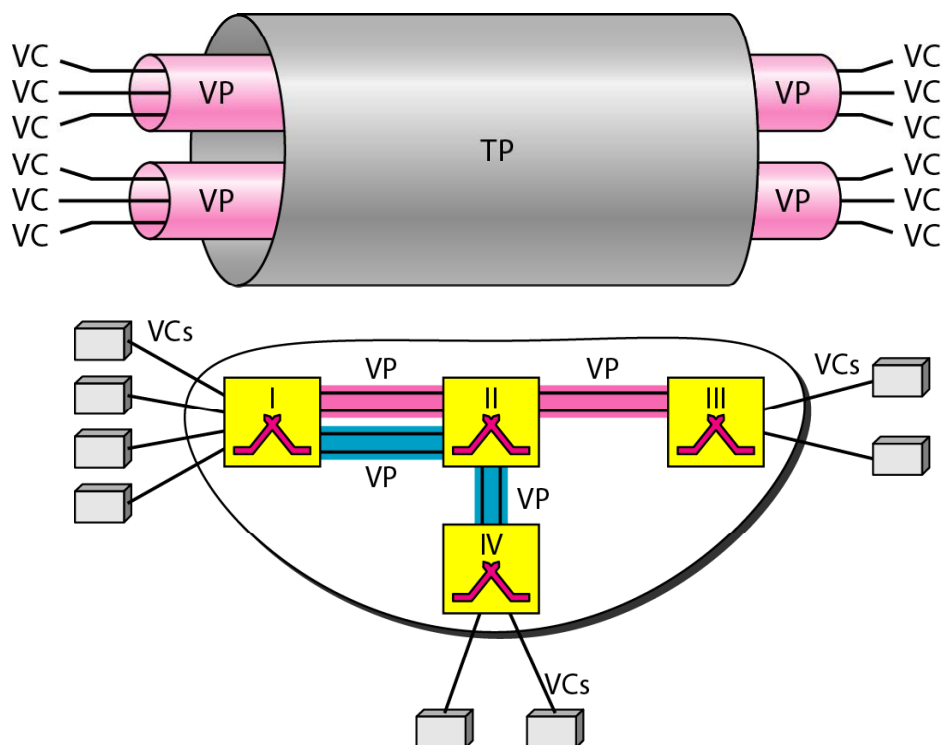
Connexió virtual

- **TP** (*Transmission path*) → el camí de transmissió és la connexió física entre el sistema final i un commutador o entre commutadors.
- **VP** (*Virtual path*) → un camí virtual ofereix una connexió o un conjunt de connexions entre dos commutadors.
- **VC** (*Virtual circuits*) → totes les cel·les que pertanyen a un mateix missatge segueixen el mateix circuit virtual i mantenen l'ordre original fins arribar al destí.

70

Arquitectura de la xarxa

Connexió virtual

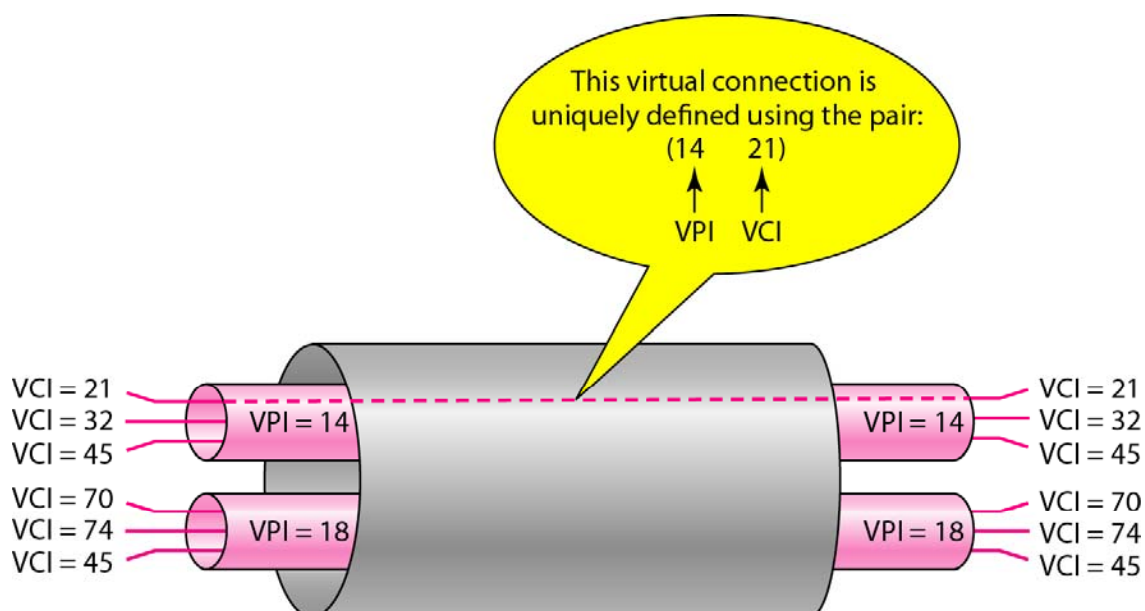


71

Arquitectura de la xarxa

Connexió virtual

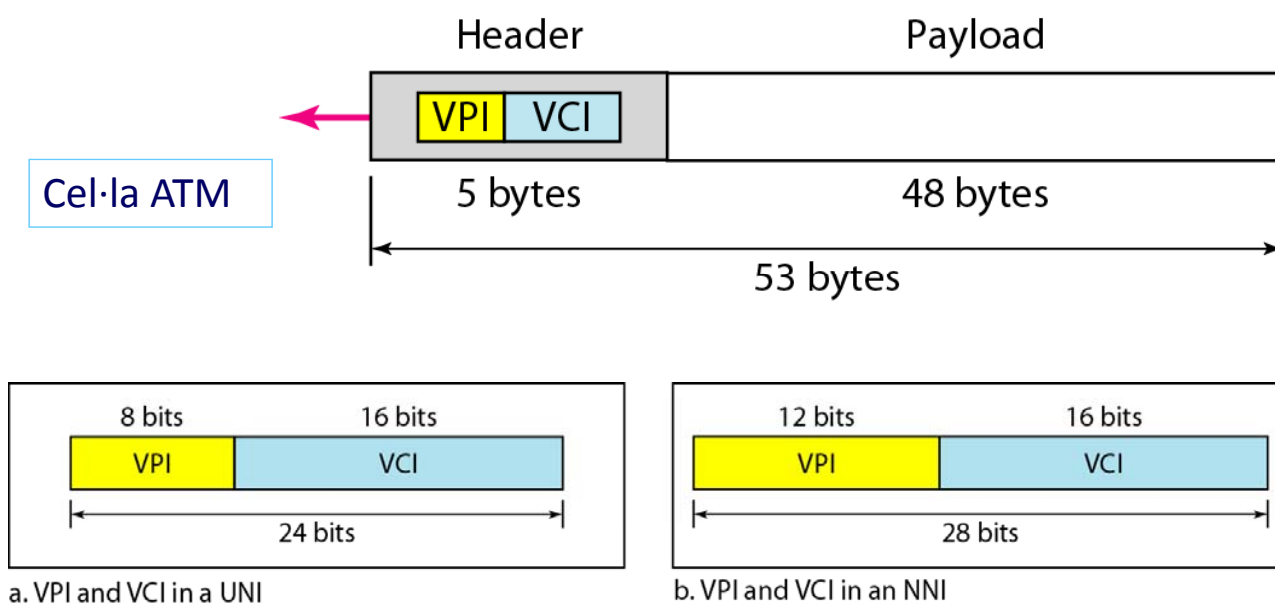
- VPI : Identificador de camí virtual
- VCI : Identificador de circuit virtual



72

Arquitectura de la xarxa

Connexió virtual



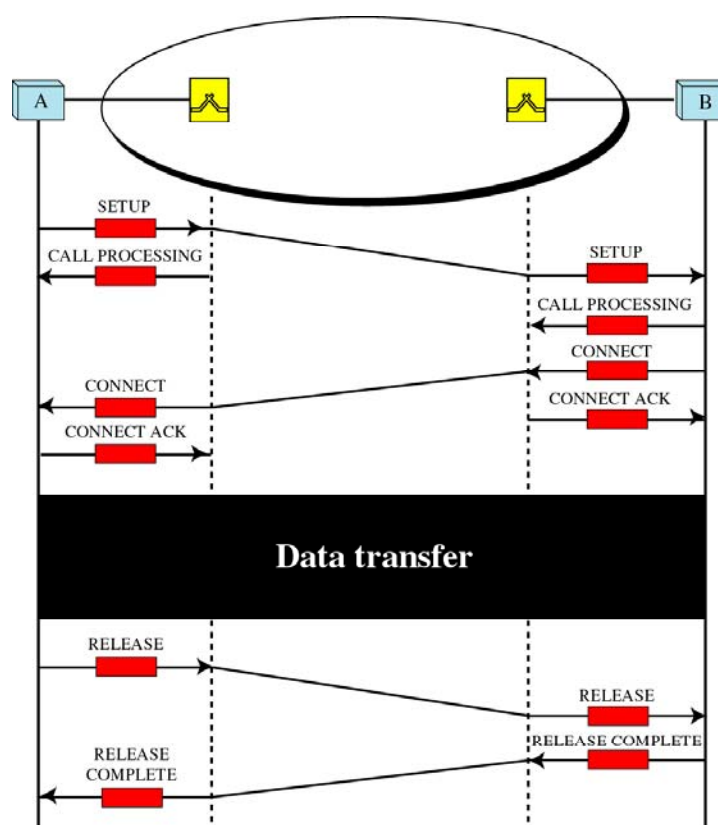
73

Arquitectura de la xarxa

Connexió virtual

Establiment i
alliberament
de la connexió

- Circuit Virtual Permanent (PVC)
- Circuit Virtual Commutat (SVC)



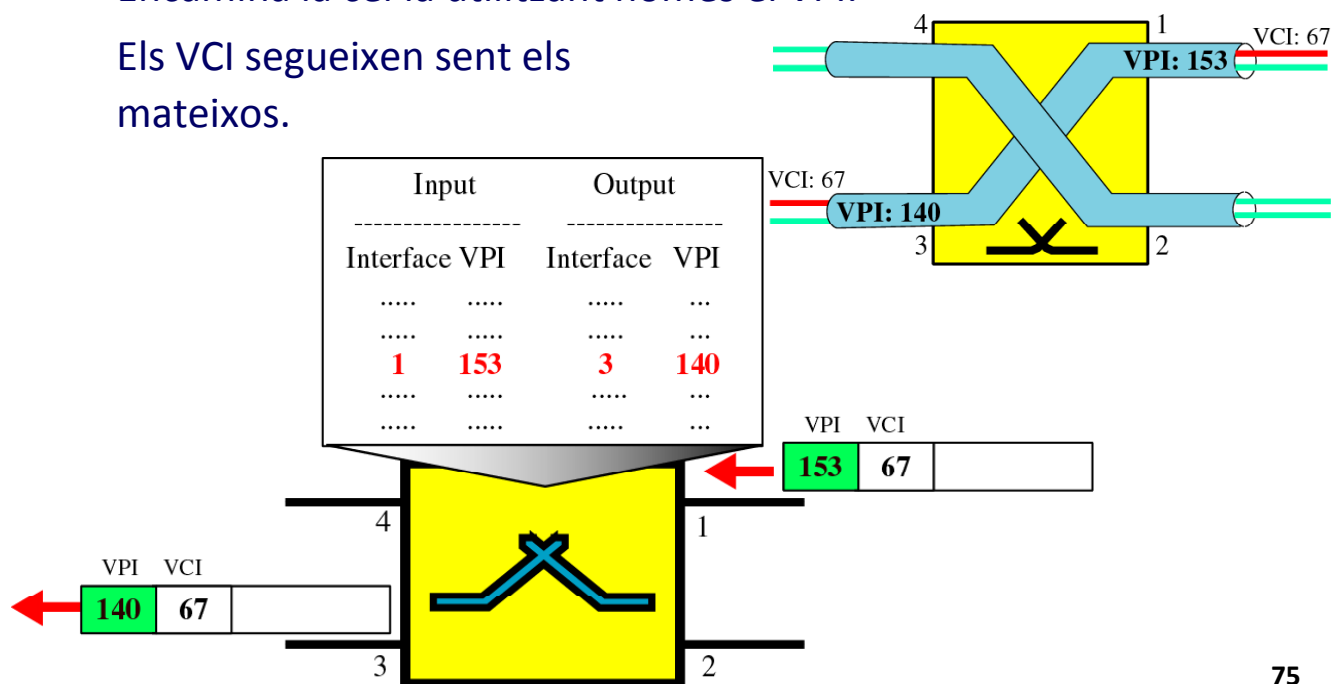
74

Commutació

Commutadors VP

Encamina la cel·la utilitzant només el VPI.

Els VCI segueixen sent els mateixos.

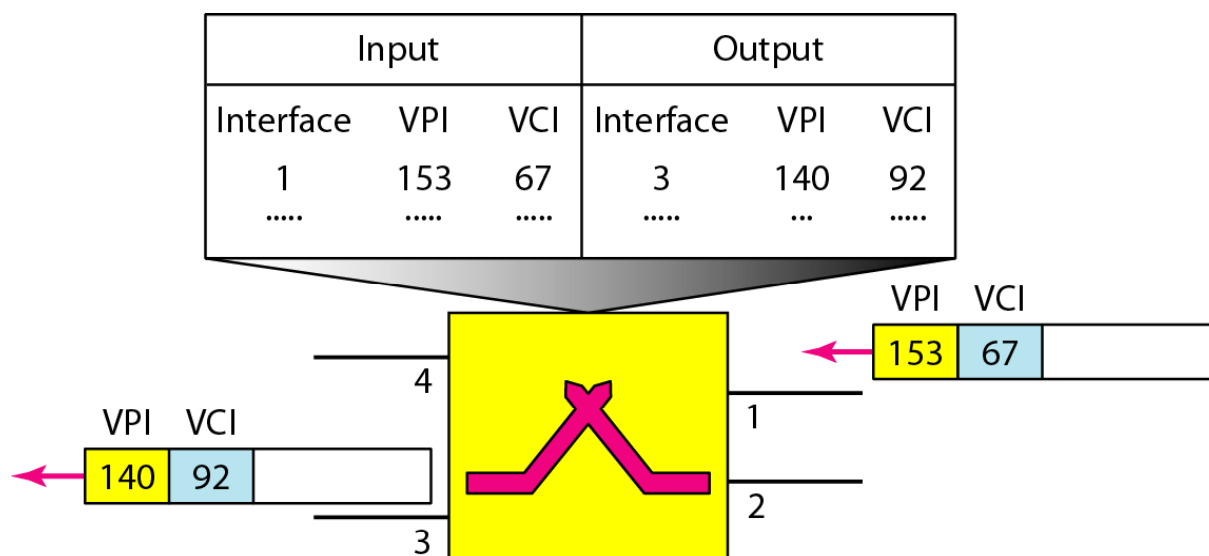


75

Commutació

Commutadors VPC

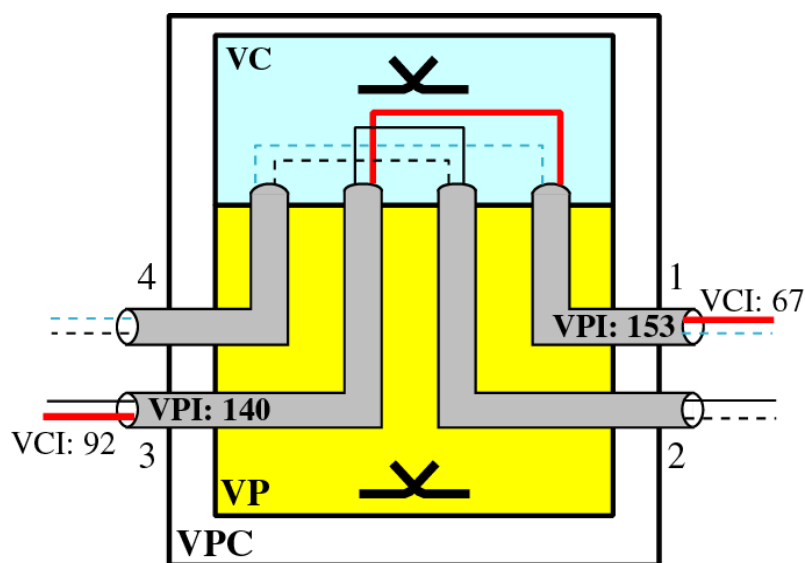
Encamina la cel·la utilitzant el VPI i el VCI



76

Commutació

Commutadors VPC



Amb els dos tipus de commutadors es permet un encaminament jeràrquic.

77

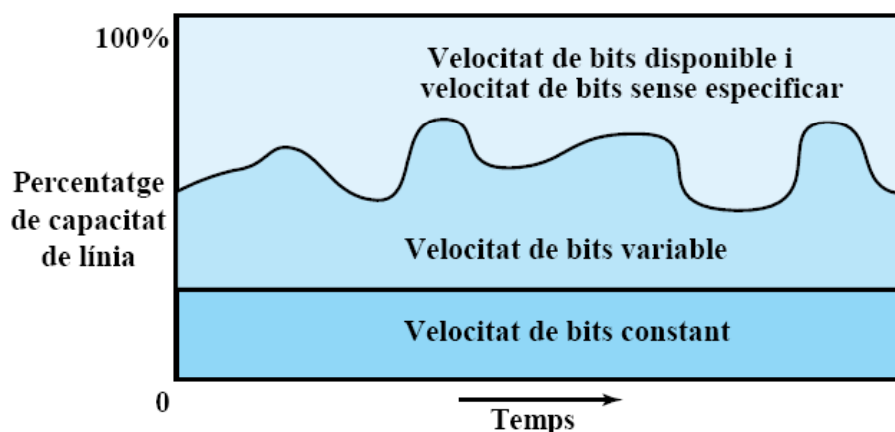
Classes de servei

- ATM dissenyada per poder transmetre simultàniament diferents tipus de trànsit:
 - Transmissió en temps real: veu, vídeo.
 - Trànsit TCP a ràfegues.
- Cada flux es gestiona com una seqüència de cel·les de 53 octets a través d'un canal virtual.
- La seva gestió dins la xarxa depèn del tipus de dades i dels requeriments de les aplicacions.

78

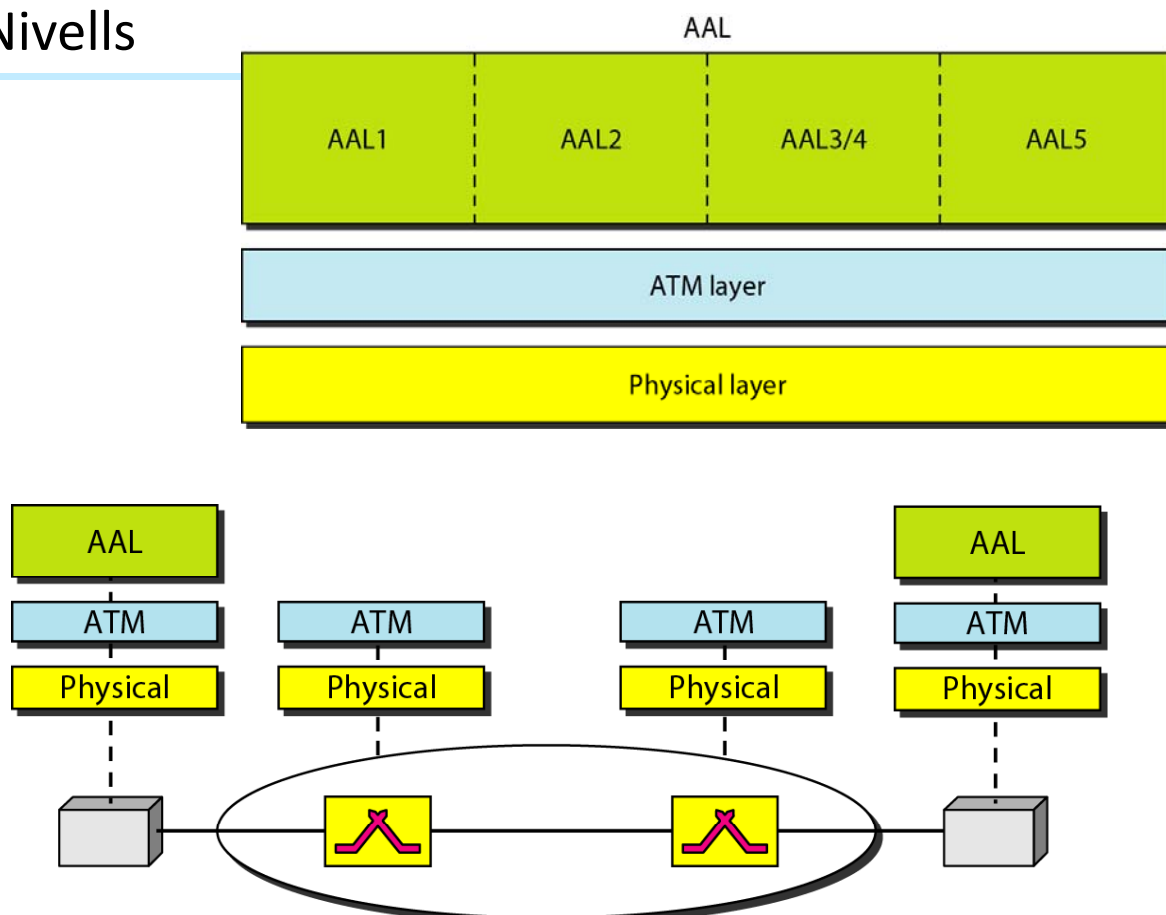
Classes de servei

- **Serveis de temps real:** a velocitat constant (**CBR**) i a velocitat variable en temps real (**rt-VBR**)
- **Serveis de no temps real:** a velocitat variable (**nrt-VBR**), a velocitat disponible (**ABR**), a velocitat no especificada (**UBR**) i a velocitat de trames garantida (**GFR**).



79

Nivells



80

Nivells

Nivell d'Adaptació de l'Aplicació (**AAL**) → Permet a les xarxes existents connectar a ATM (exemples: sistemes PCM o IP).

Serveis de AAL (document I.362 de ITU-T):

- Gestió d'errors de transmissió.
- Segmentació i ensamblat per permetre la transmissió de blocs de dades més grans.
- Gestió de condicions de pèrdua de cel·les.
- Control de flux i temporització.

Nivells

AAL - Diferents protocols per a les diferents necessitats

	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	ABR	UBR
AAL 1	Emulació de circuits, XDSI, veu sobre ATM				
AAL 2		Veu i vídeo VBR			
AAL 3/4			Serveis generals de dades		
AAL 5	Emulació de xarxes LAN	Veu sota demanda i LANE	Retransmissió de trames, ATM, LANE	LANE	IP sobre ATM

Nivells

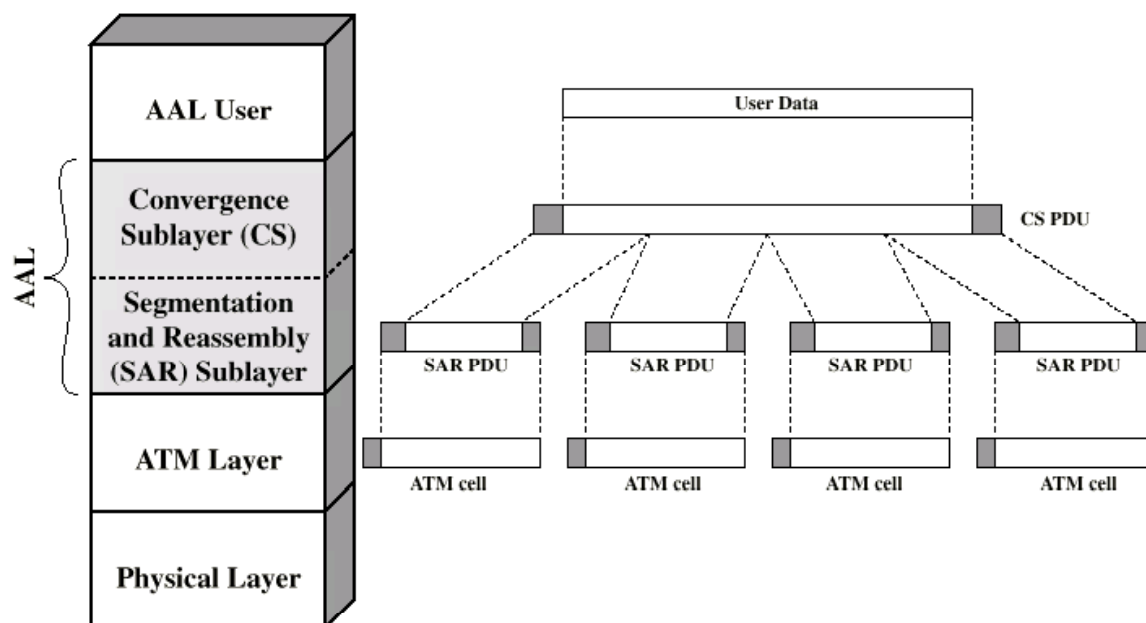
AAL - Subcapes lògiques

- Subcapa de convergència (**CS**, *Convergence Sublayer*):
 - Suport a les aplicacions específiques.
 - Els usuaris de AAL es connecten a través de SAP.
 - Subcapa depenent del servei.
- Subcapa de segmentació i ensamblat (**SAR**, *Segmentation and Reassembly Sublayer*):
 - Empaqueta la informació rebuda de la subcapa CS en cel·les per la seva transmissió.
 - Desempaqueta la informació a l'altre extrem.

83

Nivells

AAL - Subcapes lògiques



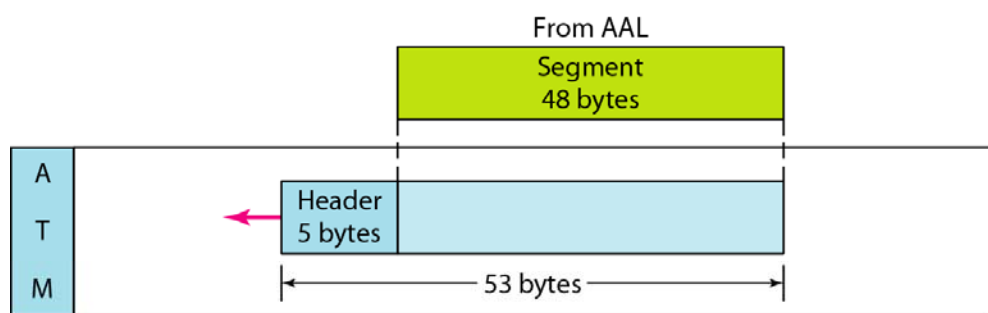
84

Nivells

ATM – Processa el trànsit sortint acceptant segments de 48 bytes dels subnivells d'AAL i els transforma en cel·les de 53 bytes afegint una capçalera de 5 bytes.

Serveis de ATM:

- Serveis d'encaminament.
- Gestió de trànsit.
- Commutació i multiplexat.



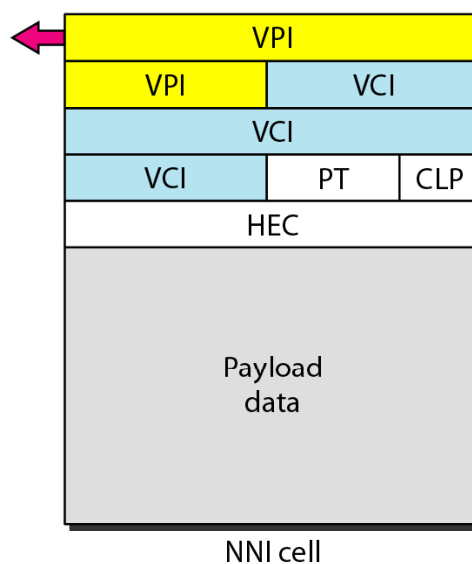
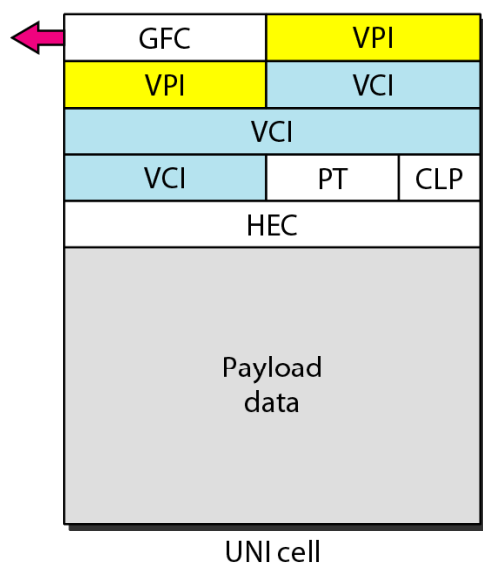
85

Nivells

ATM – Capçalera

GFC: Generic flow control
VPI: Virtual path identifier
VCI: Virtual circuit identifier

PT: Payload type
CLP: Cell loss priority
HEC: Header error control



86

Nivells

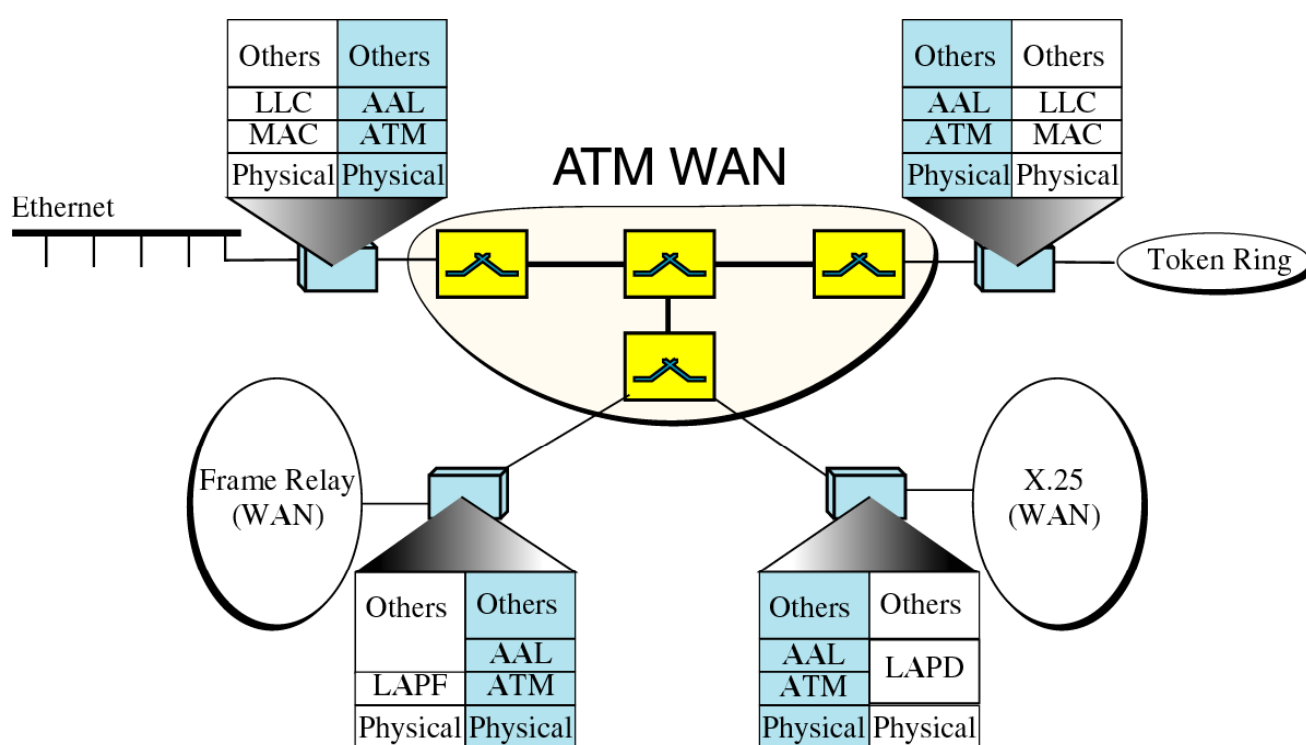
Capa física

- Defineix el medi de transmissió, la transmissió de bits, la codificació i la transmissió òptica o elèctrica.
- Ofereix convergència amb els protocols de transport físic, així com els mecanismes per transformar el flux de cel·les en un flux de bits.
- 25.6 Mbps, 51.84 Mbps, 155.52 Mbps, 622.08 Mbps.

87

ATM

Interconnexió



88

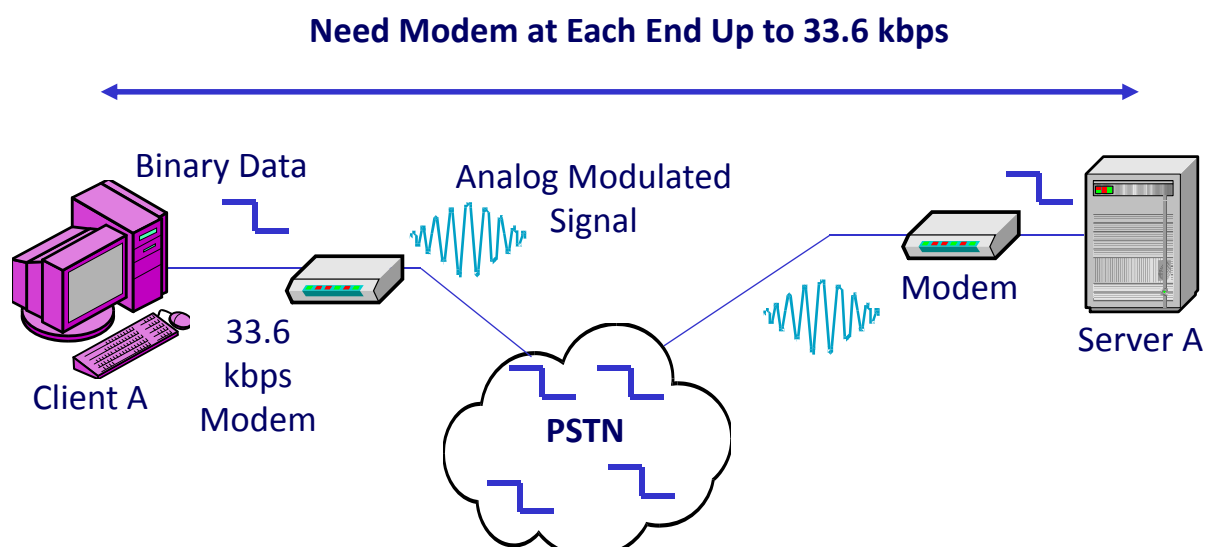
Tecnologies i mètodes de connexió WAN

- Xarxa Telefònica Commutada
- Línies punt-a-punt
- Tecnologies xDSL
- Serveis de Cable
- *Fiber To The X*
- Xarxes públiques de Commutació de dades
- Sistemes de comunicació sense fils: GSM, GPRS, UMTS, WIMAX, ..

Connexió WAN

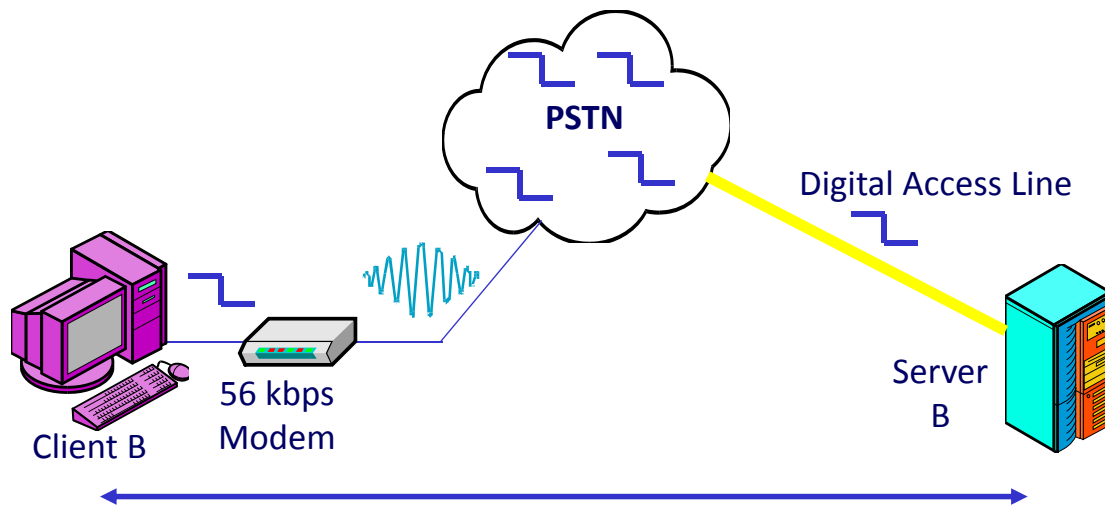
Xarxa Telefònica Commutada

- Ús de mòdems: accés a baixa velocitat



Xarxa Telefònica Commutada

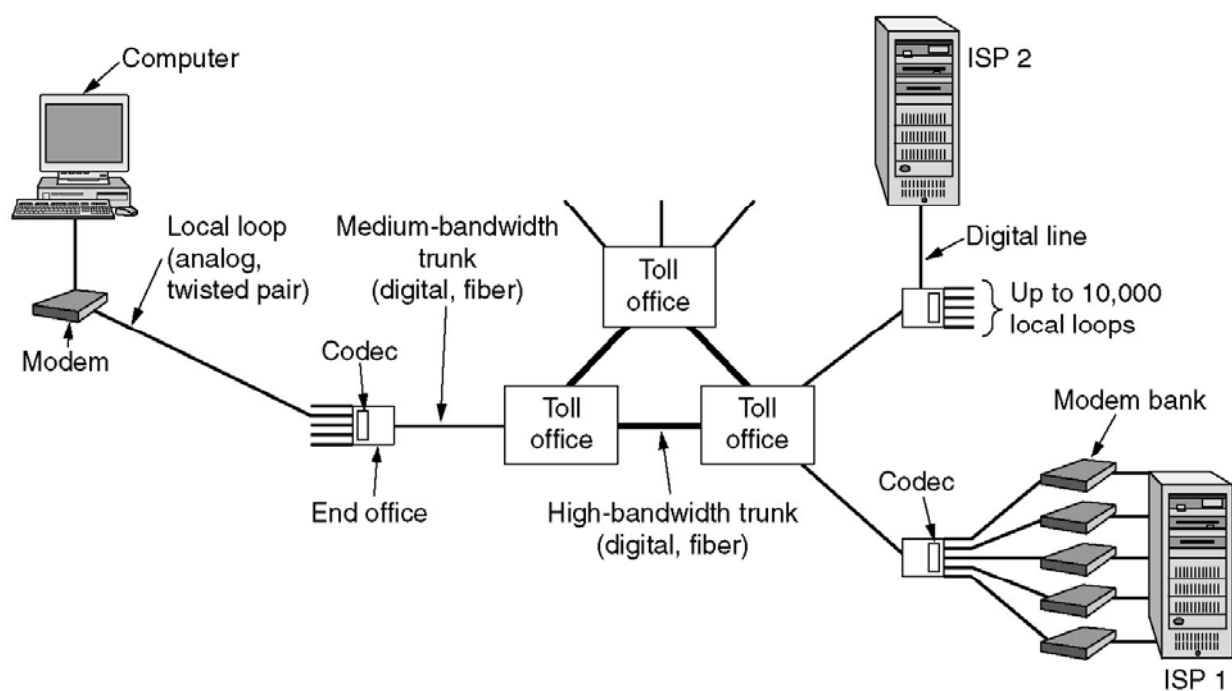
- Connexió a 56 Kbps ➔ només de descàrrega



**Per poder fer la descàrrega a 56 Kbps
el servidor ha de tenir una connexió digital
a la xarxa telefònica commutada**

91

Xarxa Telefònica Commutada



92

Xarxa Telefònica Commutada

- Mòdems:
 - **V.34** → Transmissió/Recepció a 33.6 Kbps
Disminució de la velocitat si les condicions de la línia no són les òptimes.
 - **V.90** → Recepció fins a 56 Kbps i transmissió a 33.6 Kbps.
Aquesta connexió asimètrica és útil pel servei Web.
L'ISP necessita una connexió digital a la XTC.
 - **V.92** → Recepció a 56 Kbps i transmissió a més de 33.6 Kbps si la línia ho permet.
Modem-on-hold, Quick-Connect, PCM-Upstream

93

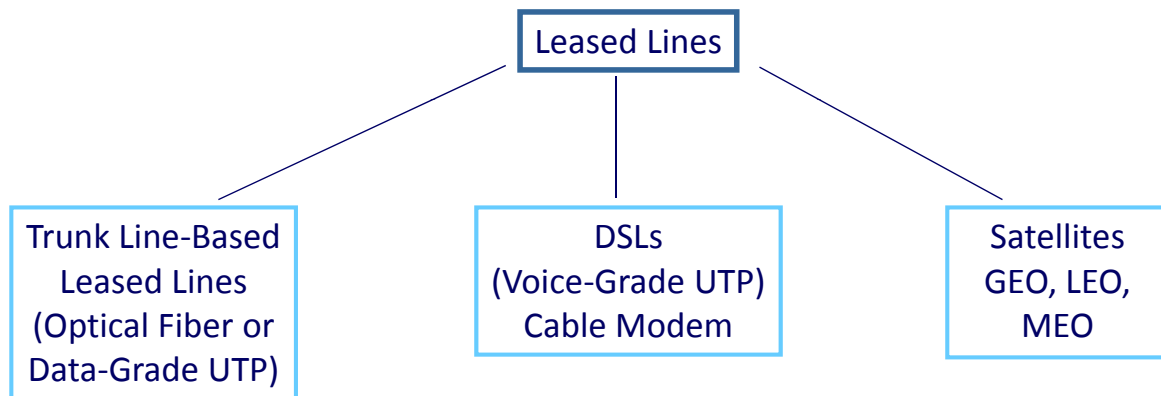
Línies punt a punt

- Línies llogades (línies dedicades o privades)
 - Connexions punt-a-punt
 - Sempre disponible
 - D'alta velocitat (≥ 56 Kbps)
 - Generalment digitals
 - Cost inferior als serveis commutats si el volum d'informació és elevat.
 - Pot trigar un cert temps la posada en marxa del servei.

94

Línies punt a punt

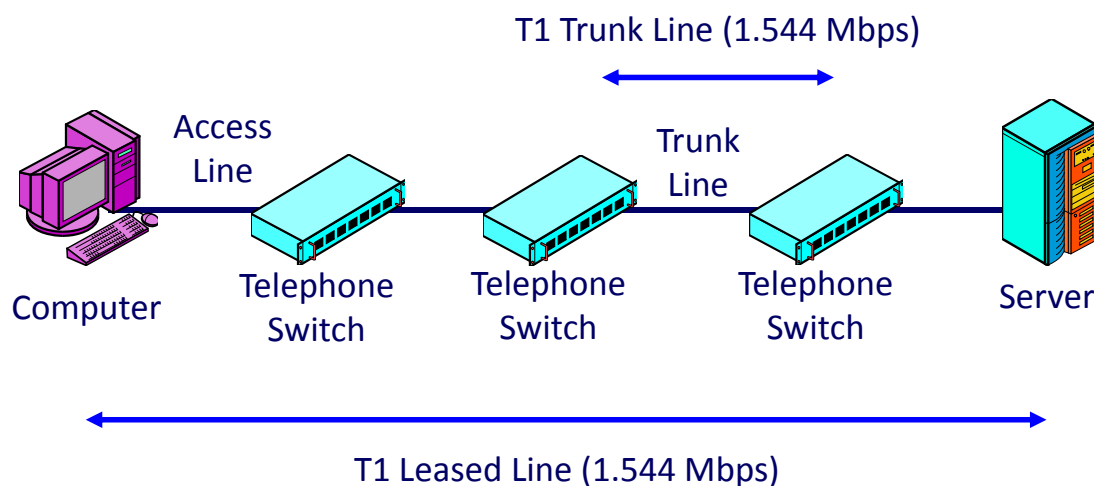
- Tipus de línies “llogades”



95

Línies punt a punt

- Contractació de línies punt a punt

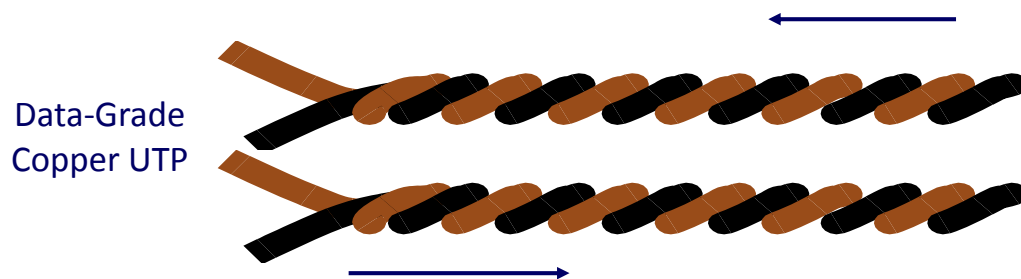


Serveis extrem-extrem de connexió mitjançant línies principals

96

Línies punt a punt

- Línies llogades troncal
 - Fibra òptica
 - Cables de parells trenats UTP per dades (2 parells)
(Circuits de 4 fils)

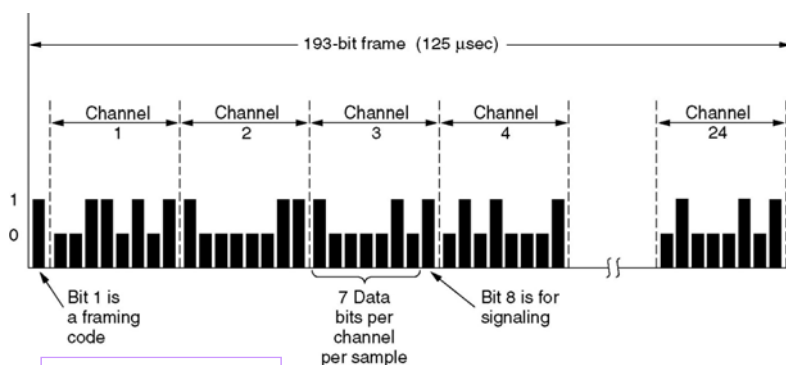


- Ús de variants de la modulació PCM i de tècniques de multiplexat per divisió en el temps.

97

Línies punt a punt

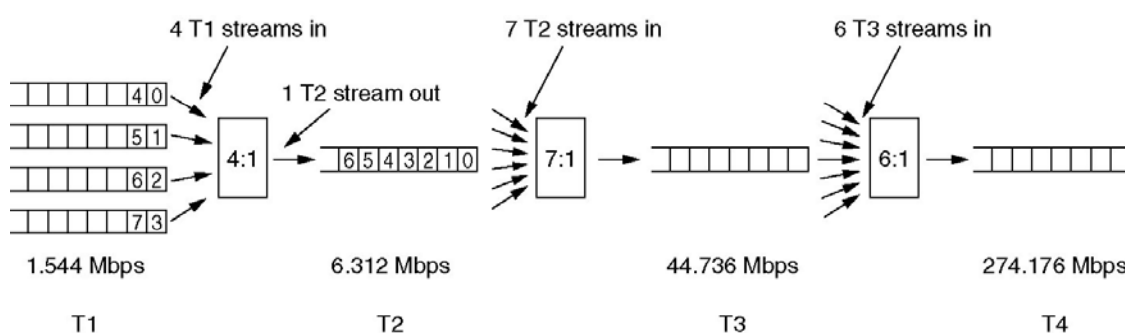
- Línies llogades troncal



Portadora T1

Velocitats: 56 Kbps, 128 Kbps, 256 Kbps, 512 Kbps, 768 Kbps, línia T1 (1,544 Mbps), T2, T3, T4 (EE.UU)

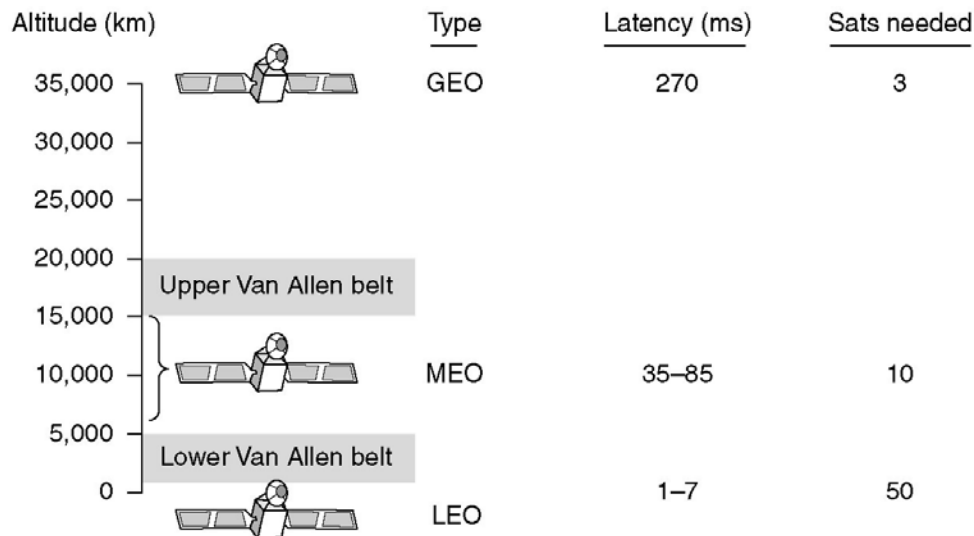
Europa: Línies E1 (2,048 Mbps), E2, E3, E4 (139,264 Mbps)



98

Línies punt a punt

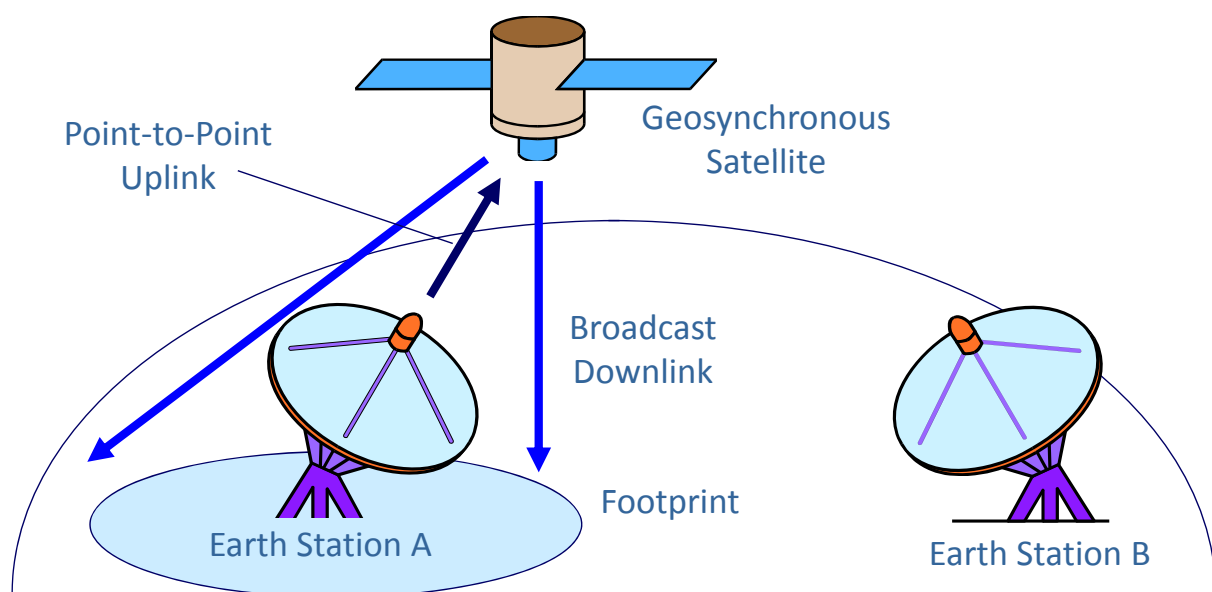
- Sistemes per satèl·lit:



Propietats: altitud sobre la terra, temps d'anada/tornada i nombre de satèl·lits necessaris per abastar tota la terra.

Línies punt a punt

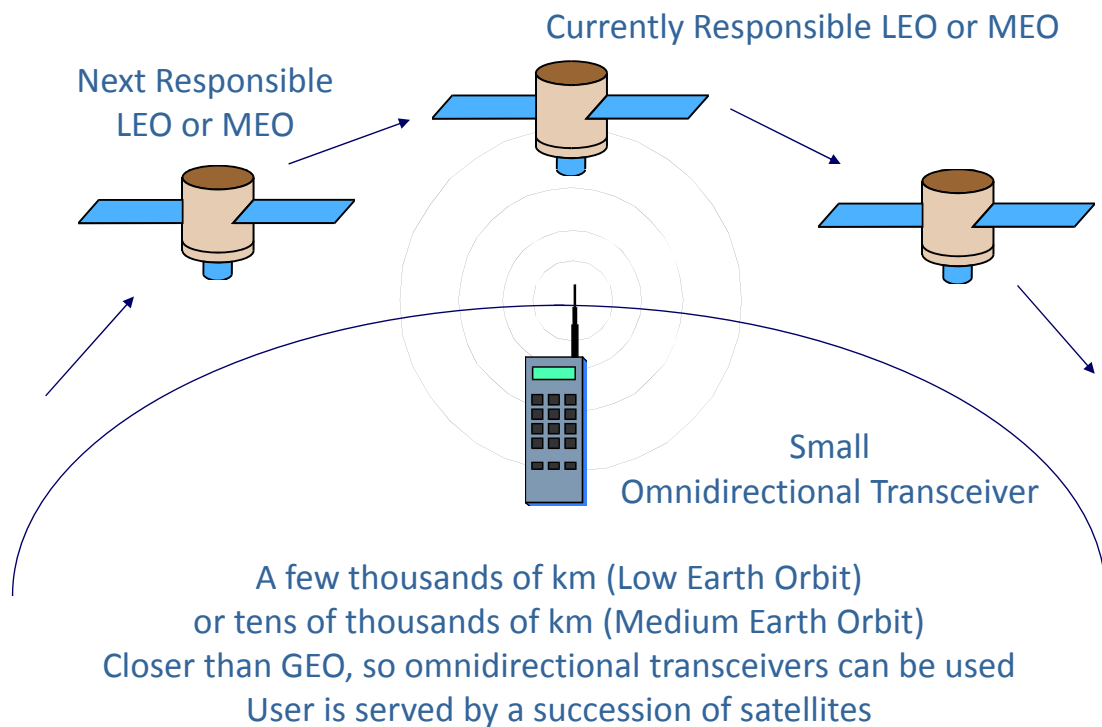
- Sistemes per satèl·lit: *GEO Satellite System*



Satellite appears stationary in sky (35,785 km)
Far, so earth station needs dish antenna

Línies punt a punt

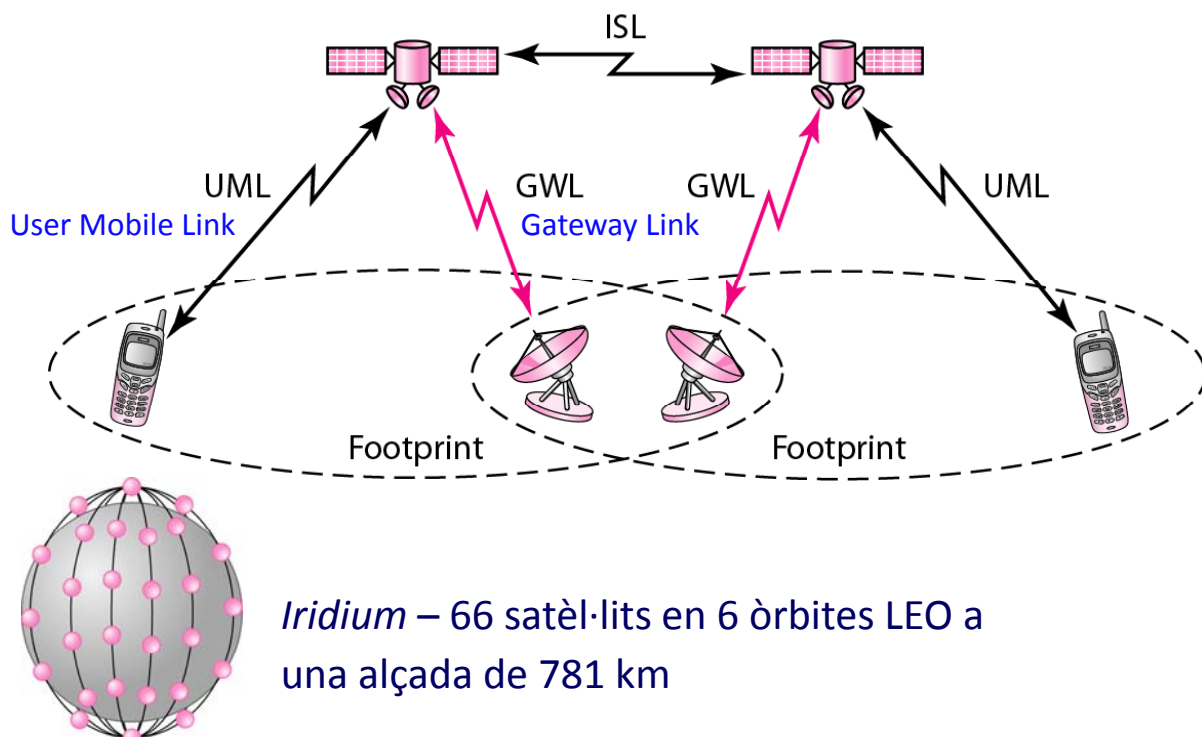
- Sistemes per satèl·lit: *LEO & MEO Satellite System*



101

Línies punt a punt

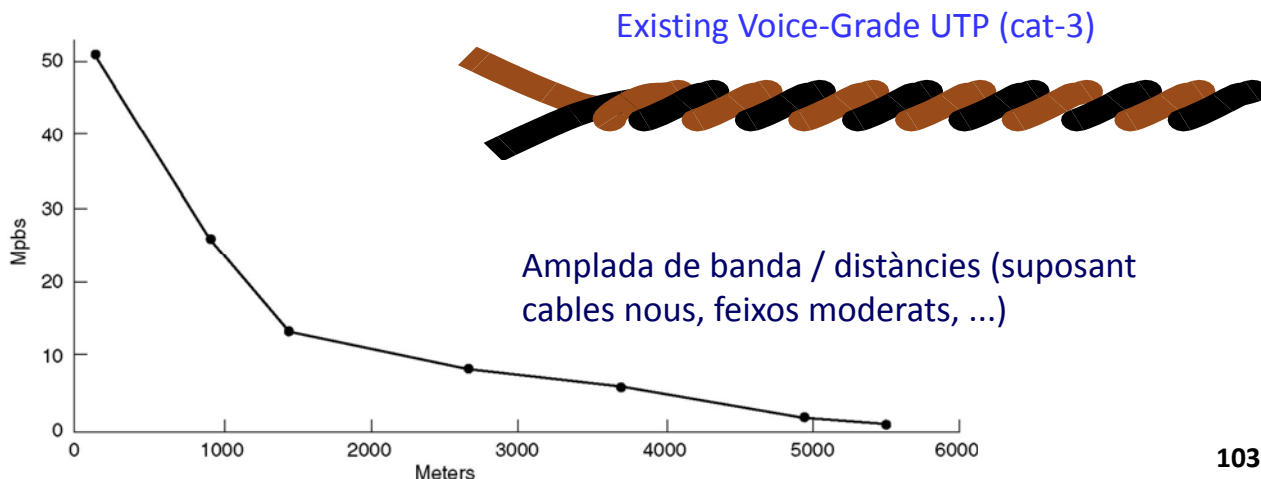
- Sistemes per satèl·lit: *LEO & MEO Satellite System*



102

ADSL/xDSL

- DSL → Digital Subscriber Lines
 - Serveis digitals sobre el circuit local
 - Velocitats elevades sobre un parell UTP de grau de veu
 - No sempre funciona: limitacions de distància, qualitat general, espessor, ..



103

ADSL/xDSL

- DSL → Digital Subscriber Lines
 - Objectius de disseny:
 - Han de funcionar sobre els circuits locals existents de parell trenat de categoria 3.
 - No han d'afectar els fax ni els telèfons existents.
 - Han de superar en molt els 56 Kbps.
 - Han de funcionar sempre, pagant una tarifa fixa mensual, no per minut.
 - Tipus: Asymmetric DSL (ADSL), ADSL2, ADSL2+, High-rate DSL (HDSL), HDSL2, Super High-rate DSL (SHDSL).

104

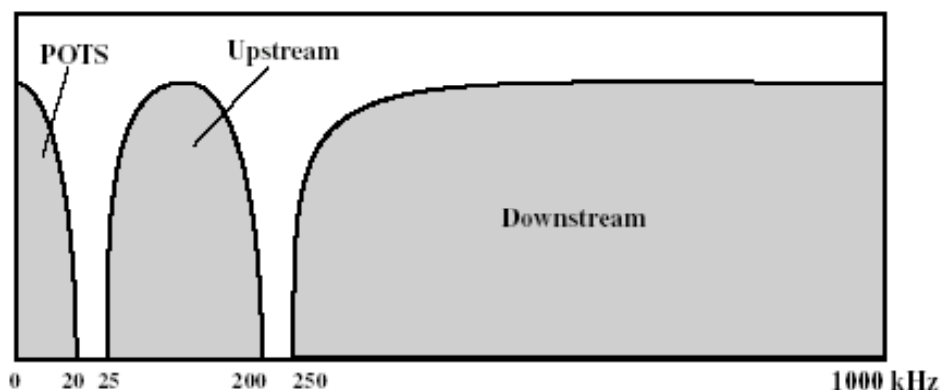
ADSL/xDSL

- DSL → Digital Subscriber Lines
 - **ADSL:**
 - Velocitat asimètrica.
 - Estàndard ITU G.992.1: descàrrega de 256 kbps a 8 Mbps i càrrega de 64 Kbps a 1 Mbps.
 - Transmissió simultània de veu (servei telefònic) i dades.
 - Capacitat de transmissió no garantida.

105

ADSL/xDSL

- **ADSL:**
 - Primera proposta: ús de 3 bandes de freqüència diferents

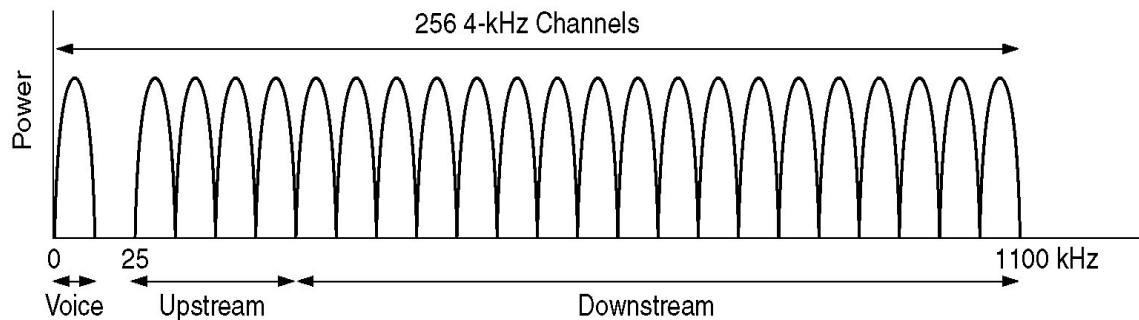


- 25 KHz inferiors per veu (**POTS**, *Plain old telephone service*) → Servei telefònic convencional.
- Amplada de banda restant per la transmissió de dades: banda de pujada i de baixada.

106

ADSL/xDSL

- **ADSL:**
 - Segona proposta: **DMT** (MultiTo Discret)

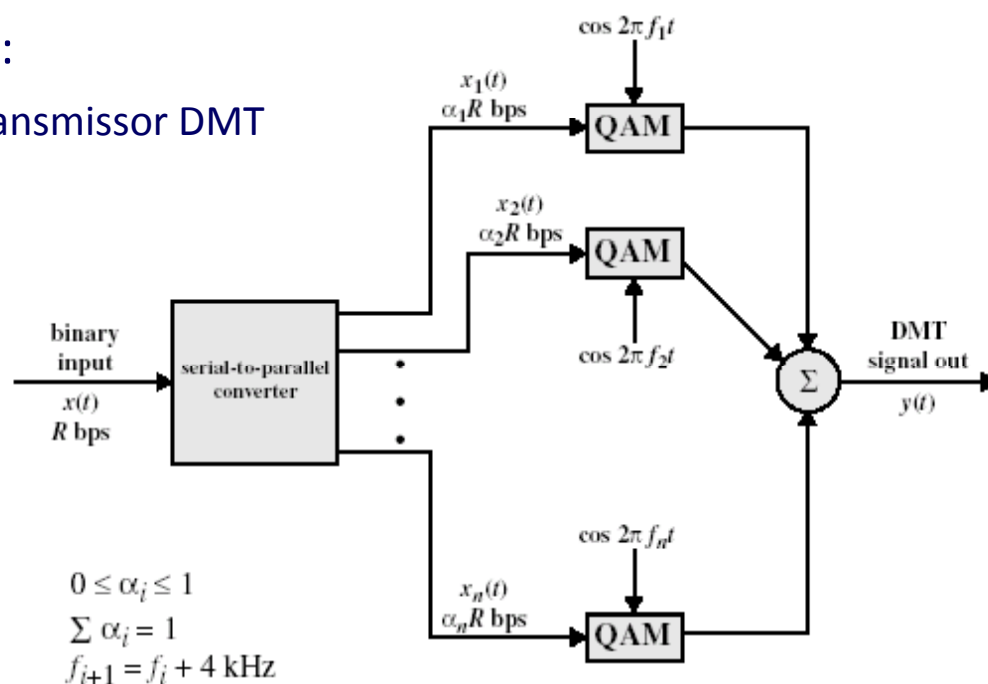


- Divisió de l'espectre disponible de 1,1 MHz en 256 canals independents de 4.312,5 Hz cadascun.
- Canal 0: POTS. Canals 1-5: no utilitzats per evitar interferències.
- 250 canals per les dades d'usuari (2 per control).

107

ADSL/xDSL

- **ADSL:**
 - Transmissor DMT



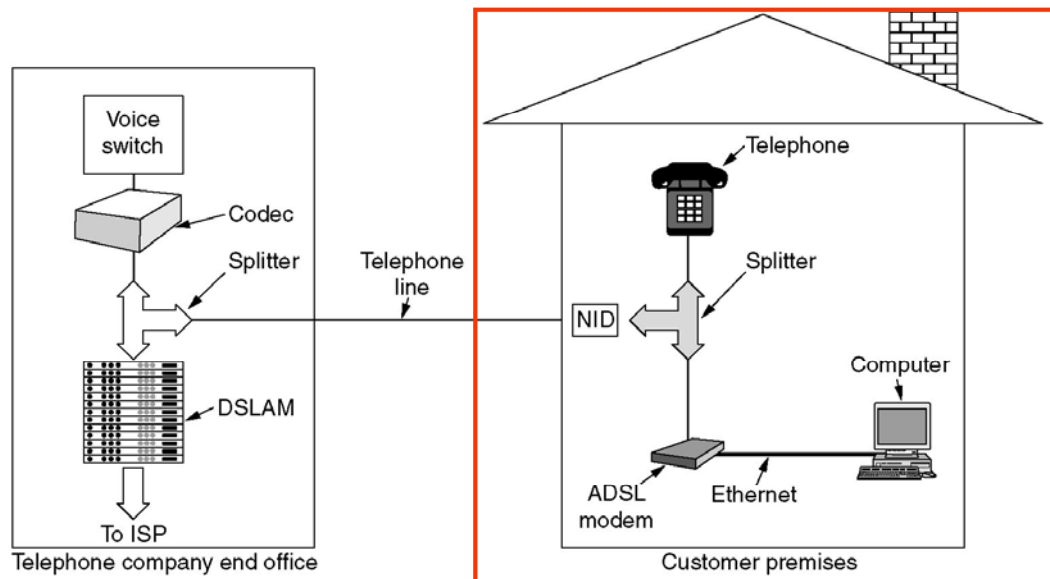
Monitorització de la qualitat de la línia en cada canal per ajustar la taxa de transmissió quan sigui necessari. Canals diferents poden tenir taxes diferents.

108

ADSL/xDSL

- **ADSL:**

Necessitat d'un NID (dispositiu d'interfície de xarxa) a casa del client, i d'un divisor (filtre analògic per separar la banda de 0-4000 Hz utilitzada per a la veu de les bandes de les dades).

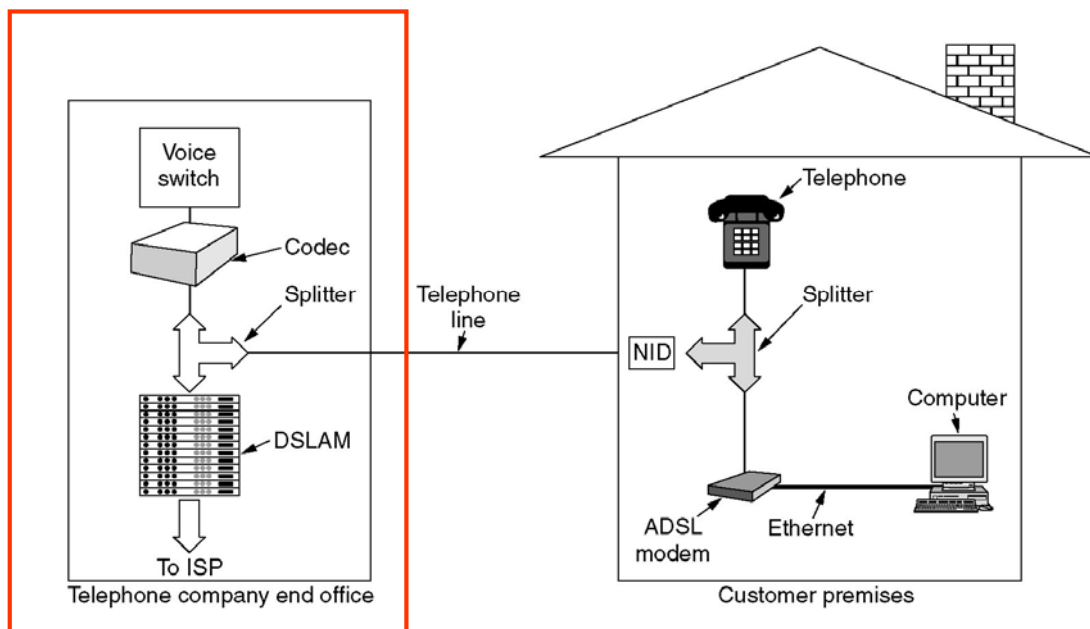


109

ADSL/xDSL

- **ADSL:**

- Oficina central: divisor corresponent i DSLAM (Multiplexor d'accés de línia digital de subscriptor).



110

ADSL/xDSL

• ADSL:

- Inconvenient → Presència del NID i del filtre a casa del client que ha d'instal·lar un tècnic de la companyia telefònica.
- Disseny alternatiu sense divisor: **G.lite** (estàndard ITU G.992.2). Ús d'un microfiltre a cada connector telefònic:
 - Pel telèfon (filtre passa-baixes que elimina les freqüències superiors a 3400 Hz).
 - Pel mòdem ADSL (filtre passa-altes que elimina les freqüències per sota de 26 KHz).
- ADSL2 : Estàndard ITU G.992.3/4
- ADSL2+ : Estàndard ITU G.992.5

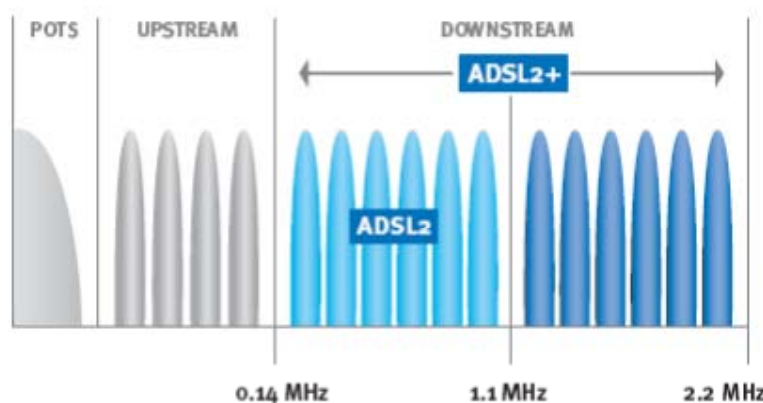
111

ADSL/xDSL

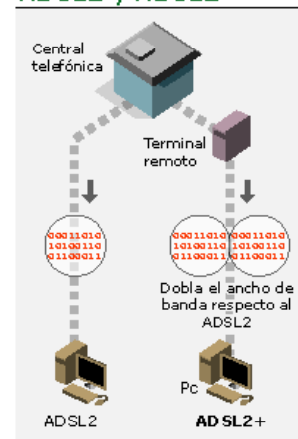
• ADSL2+:

Basat en la recomanació ITU-T G.992.5

Ús del doble de l'espectre de freqüències (fins 2,2 MHz), utilitzat pel canal de baixada.



Comparativa del ADSL2 y ADSL2+



Velocidad de bajada

Megabits por segundo

ADSL2+	ADSL2	ADSL
24 Mb	12 Mb	8 Mb

Fuente: Elaboración propia elmundo.es

112

ADSL/xDSL

- Comparativa ADSL, ADSL2 i ADSL2+

	ADSL	ADSL2	ADSL2+
Frecuencia	0,5 MHz	1,1 MHz	2,2 MHz
Velocidad Max. Subida	1 Mbps	1 Mbps	1,2 Mbps
Velocidad Max. Bajada	8 Mbps	12 Mbps	24 Mbps
Distancia	2 Km	2,5 Km	2,5 Km
Tiempo Sincronización	10-30 s	3 s	3 s
Corrección de Errores	No	Sí	Sí

113

ADSL/xDSL

- DSL → Altres possibilitats:
 - HDSL, High-rate DSL:
 - Velocitat simètrica: fins 2,048 Mbps per 3 parells i fins 1,544 Mbps per a 2 parells de grau de veu
 - Uns 4,5 km
 - Dissenyat per l'ús empresarial
 - Velocitat garantida
 - SHDSL, Super High-rate DSL:
 - Per distàncies superiors que ADSL i HDSL
 - Velocitat simètrica (de 384 Kbps a 2 Mbps) i garantida

114

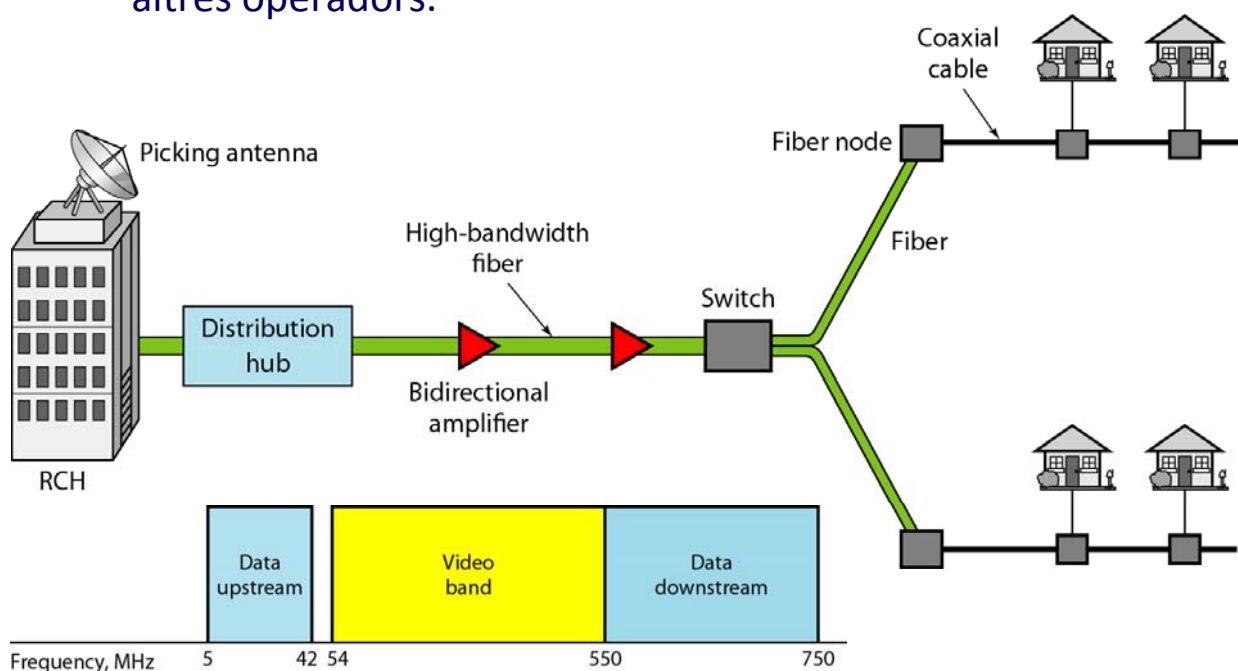
ADSL/xDSL

- DSL → Altres possibilitats:
 - VDSL, Very high-rate DSL:
 - Evolució d'ADSL
 - Tecnologia d'accés a Internet de banda ampla.
 - Cable de coure de grau de veu
 - Asimètrica (52 Mbit/s de descàrrega i 12 Mbit/s de pujada) o de manera simètrica (26 Mbit/s tant de pujada com de baixada).
 - Aplicacions: *Triple play*, Transmissió TV alta definició, veu sobre IP,...
 - VDSL2 (ITU-T G.993.2, aprovat el febrer de 2006): taxes de transmissió simètriques i asimètriques de fins a 200 Mbit/s, a través de cables de parells trenats. Disminució dràstica a l'augmentar la distància.

115

Serveis de cable (Cable Modem)

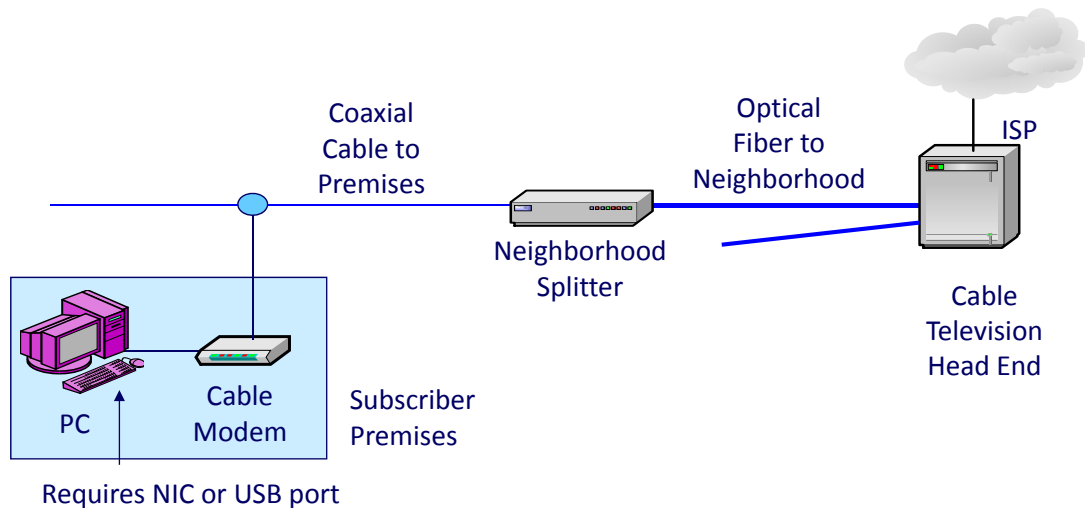
Servei proporcionat pels operadors de televisió per cable o altres operadors.



116

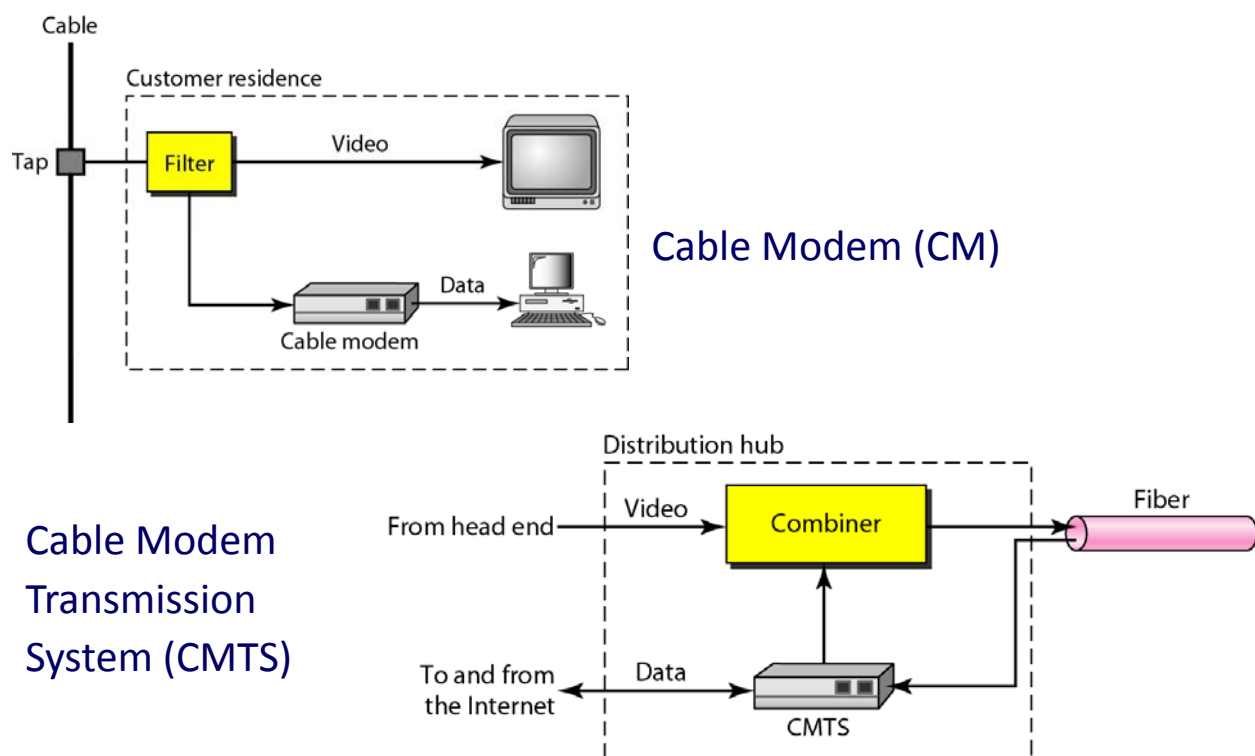
Serveis de cable (Cable Modem)

- Velocitats relativament altes i asimètriques: descàrrega teòrica fins als 30 Mbps i càrrega teòrica fins a 12 Mbps (QPSK). Depèn del nombre d'usuaris actius.



117

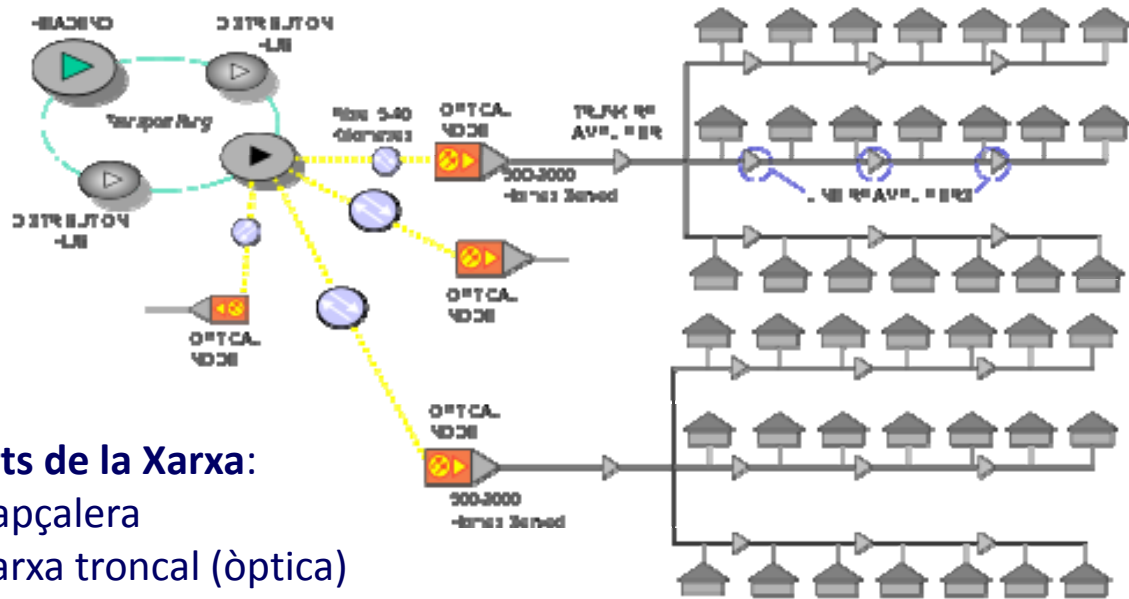
Serveis de cable (Cable Modem)



118

Serveis de cable (Cable Modem)

Hybrid Fibre Coaxial (HFC)



Parts de la Xarxa:

- Capçalera
- Xarxa troncal (òptica)
- Xarxa de distribució (coaxial)
- Xarxa de connexió
- Equips d'abonat

119

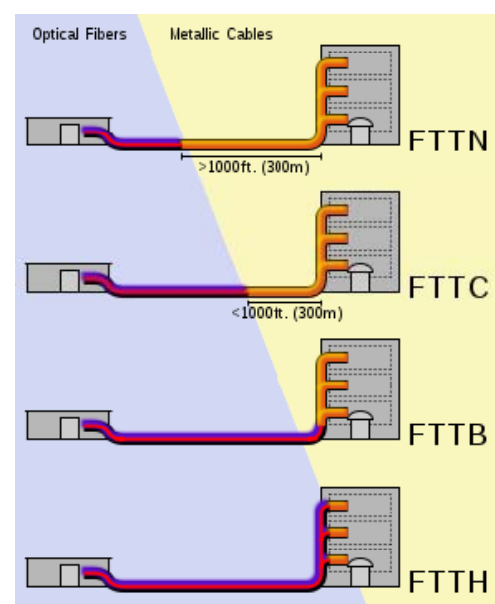
Fiber To The x (FTTx)

Tipus d'arquitectures d'accés de banda ampla amb fibra òptica:

- FTTN: *fiber to the node (neighborhood)*
- FTTC: *fiber to the curb (closet, cabinet)*
- FTTP (*Fiber to the premises*):
 - FTTB: *fiber to the building (business, basement)*
 - FTTH: *fiber to the home*
- FTDD: *fiber to the desktop*

Avantatges de la fibra:

- Majors distàncies
- Majors velocitats
- Serveis quad-play (veu, vídeo, dades i mòbil)

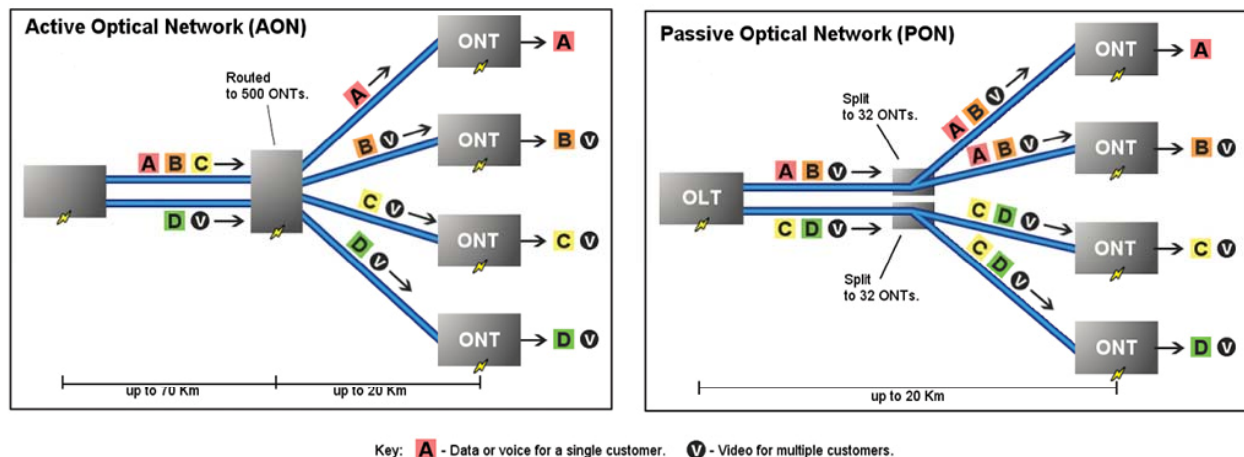


120

Fiber To The x (FTTx)

Tipus de xarxes:

- Actives (AON): connexions punt a punt amb amplex de banda dedicats als usuaris. Més cares. Elements actius per guiar el trànsit per la xarxa.
- Passives (PON): Substitució dels elements actius per divisors òptics (splitter). Comunicacions punt-multipunt. Ample de banda no dedicat, sinó multiplexat en una mateixa fibra. Reducció de cost. Ús en FTTH.

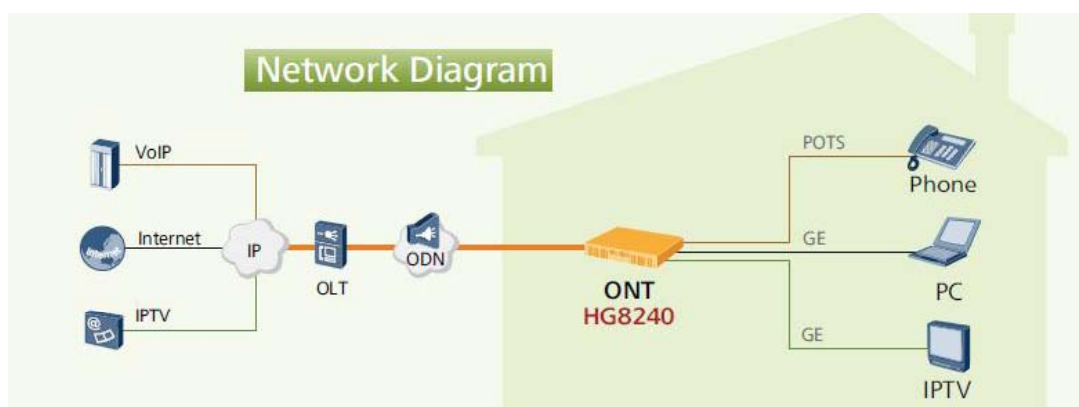


121

Fiber To The x (FTTx)

Components de la xarxa:

- OLT (*Optical Line Termination/Terminal*): Punt final del proveïdor de serveis de la xarxa òptica passiva situat en el node de distribució.
- POS (*Passive Optical Splitter*): Elements passius de ramificació òptica / ODN (*Optical Distribution Nodes*): Nodes que distribueixen el senyal des de la central fins a les llars /splitters, trams de fibra, empalmes i connectors).
- ONT (*Optical Network Terminal*) / ONU (*Optical Network Unit*): Terminals de xarxa que es troben a casa de l'usuari i que tenen les interfícies cap als dispositius d'accés al servei.

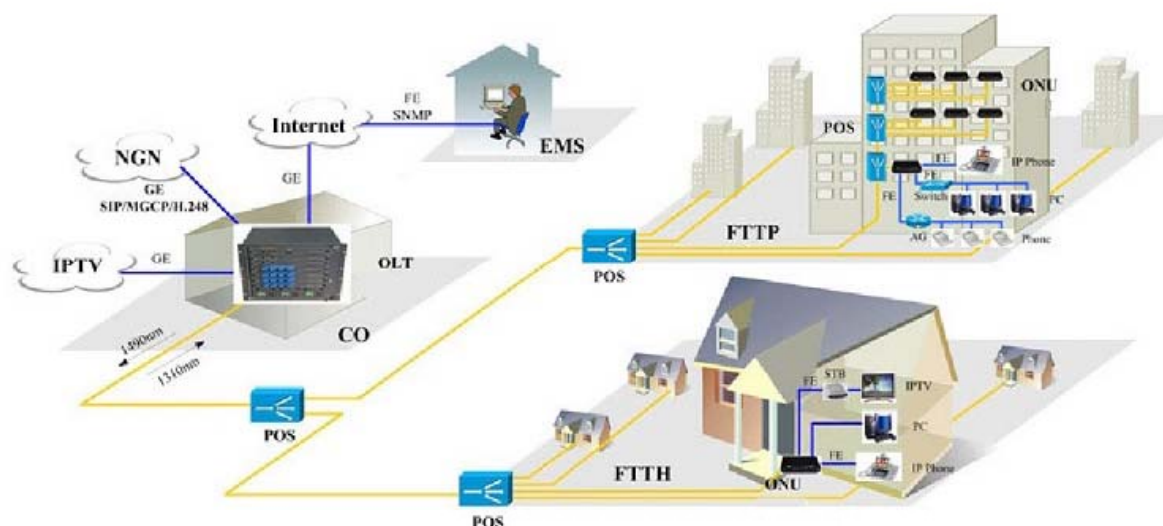


122

Fiber To The x (FTTx)

Components de la xarxa:

- OLT (Optical Line Termination/Terminal)
- POS (Passive Optical Splitter)/ ODN (Optical Distribution Nodes)
- ONT (Optical Network Terminal) / ONU (Optical Network Unit)

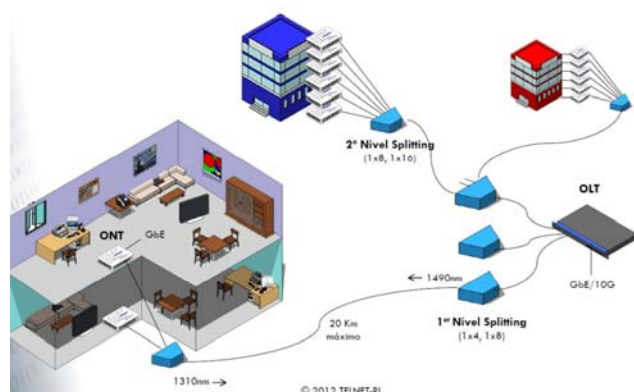


123

Fiber To The Home (FTTH)

Xarxes PON (Passive Optical Network):

- Configuració punt a multipunt
- Ús d'elements passius senzills (splitters òptics) i compartició d'un mateix cable de fibra entre diversos abonats.
- Diferents tecnologies: APON (ATM PON), BPON (Broadband PON); EPON (Ethernet PON), 10G-EPON; GPON (Gigabit PON), 10GPON; WDMPON.

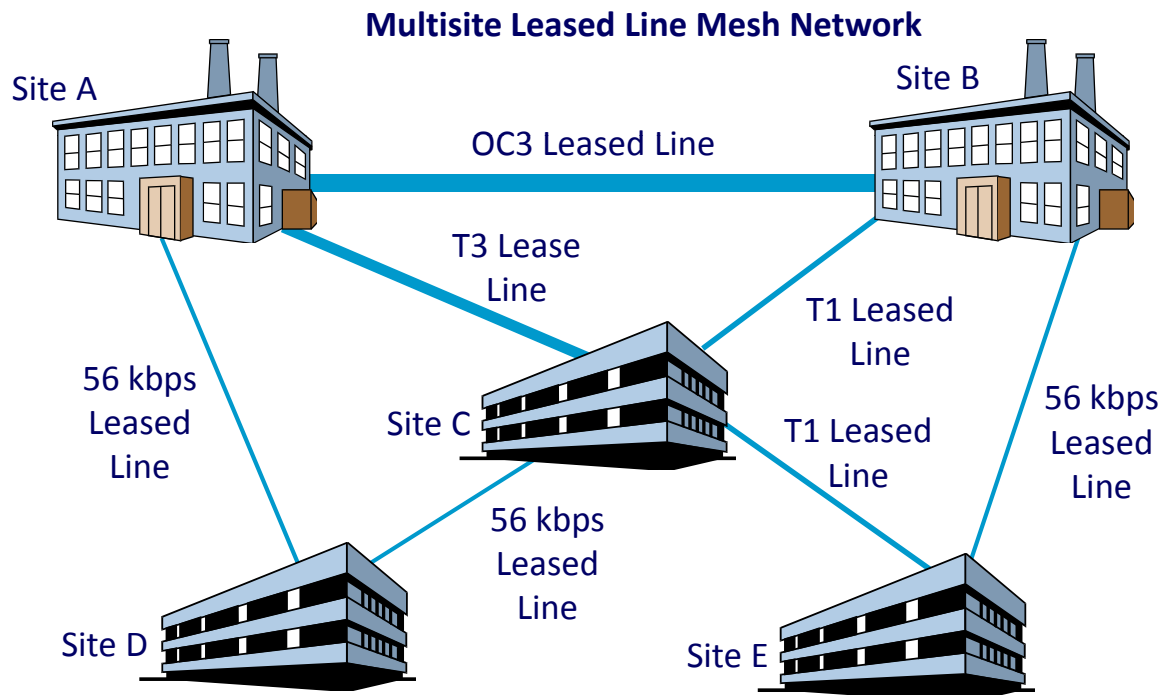


CARACTERISTI CAS	BPON	EPON	GPON
Estàndard	ITU-T G.983.x	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984.x
Velocidades de transmissió (Mbps)	Down: 155, 622, 1244 Up: 155, 622	Down: 1244 Up: 1244	Down: 1244, 2488 Up: 155, 622, 1244, 2488
Tipo de fibra	Monomodo estàndard (ITU-T G.652)		
Número de fibras por ONT	1 ó 2	1	1 ó 2
Ratio de divisió òptica	1:32 (Puede aumentar a 1:64)	1:16 (permite 32)	1:128 (en la práctica 1:64)
Máxima longitud de fibra entre OLT y ONT	20 km	10 km	10-20 km
Modo de tráfico	ATM	Ethernet	ATM, Ethernet, TDM

124

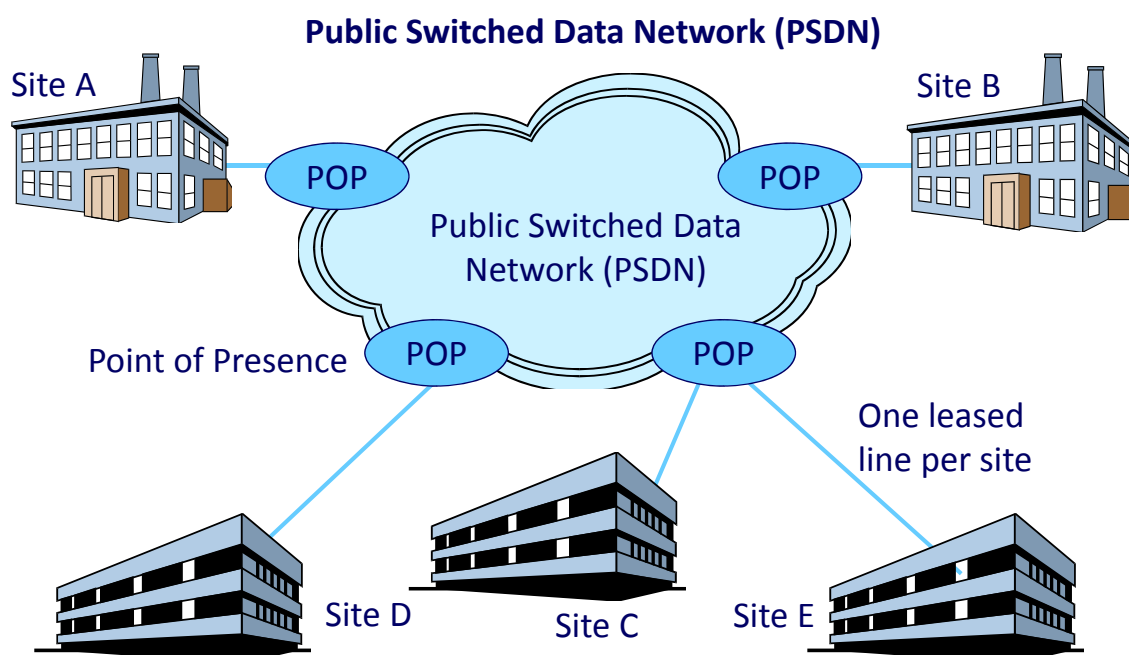
Xarxes públiques de commutació de dades

- Línies punt a punt llogades.



125

Xarxes públiques de commutació de dades



126

Xarxes públiques de commutació de dades

- Serveis PSDN

Service	Typical Speeds	Circuit- or Packet-Switched	Reliable or Unreliable	Virtual Circuits?	Relative Price
X.25	9,600 kbps to about 40 Mbps	Packet	Reliable	Yes	Moderate
Frame Relay	56 kbps to about 40 Mbps	Packet	Unreliable	Yes	Low

X.25 → Sistema obsolet (velocitats baixes)

127

Xarxes públiques de commutació de dades

- Serveis PSDN

Service	Typical Speeds	Circuit- or Packet-Switched	Reliable or Unreliable	Virtual Circuits?	Relative Price
ATM	1 Mbps to about 156 Mbps	Packet	Unreliable	Yes	High
Ethernet	10 Gbps and 40 Gbps	Packet	Unreliable	No	Probably Low

FR i ATM no són competidors, es complementen.

ATM és molt més ràpid que FR, i més escalable.

S'està utilitzant cada vegada més Ethernet a nivell MAN i WAN que pot oferir preus inferiors a ATM.

128

Xarxes públiques de commutació de dades

- Serveis PSDN

Service	Typical Speeds	Circuit- or Packet-Switched	Reliable or Unreliable	Virtual Circuits?	Relative Price
ISDN	Two 64 kbps B channels One 16 kbps D channel	Circuit	Unreliable	No	Moderate

XDSI és un sistema no gaire popular.

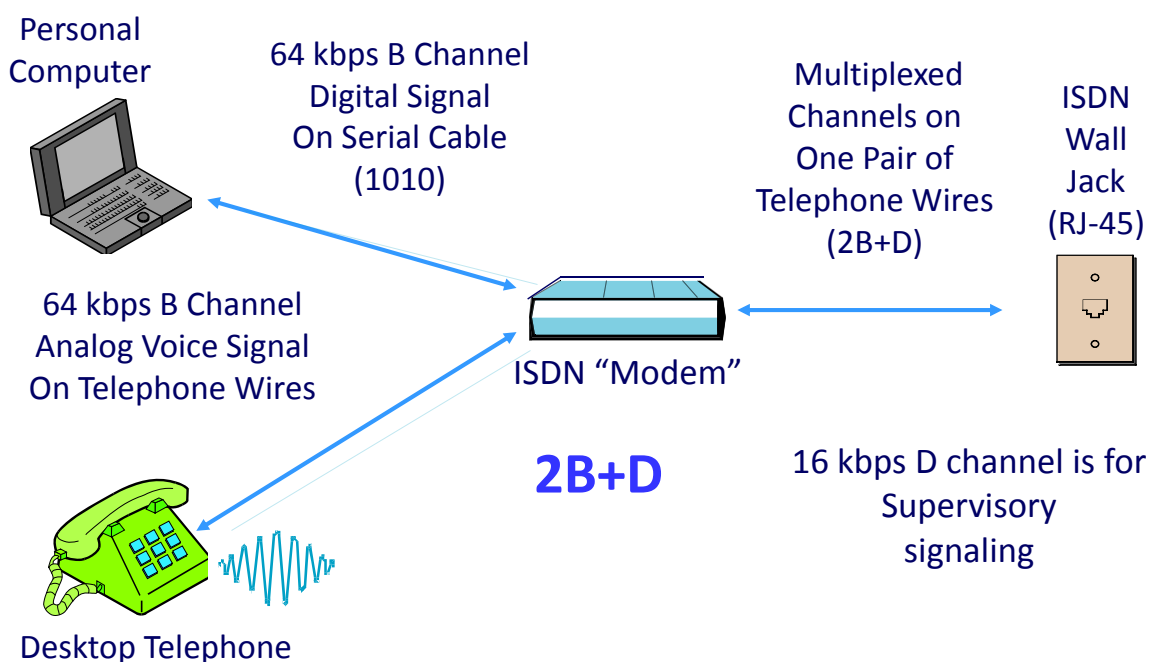
Massa costós per les baixes velocitats que ofereix.

Utilitzat per connexions de *backup* (només es paga per l'ús que se'n fa).

129

Xarxes públiques de commutació de dades

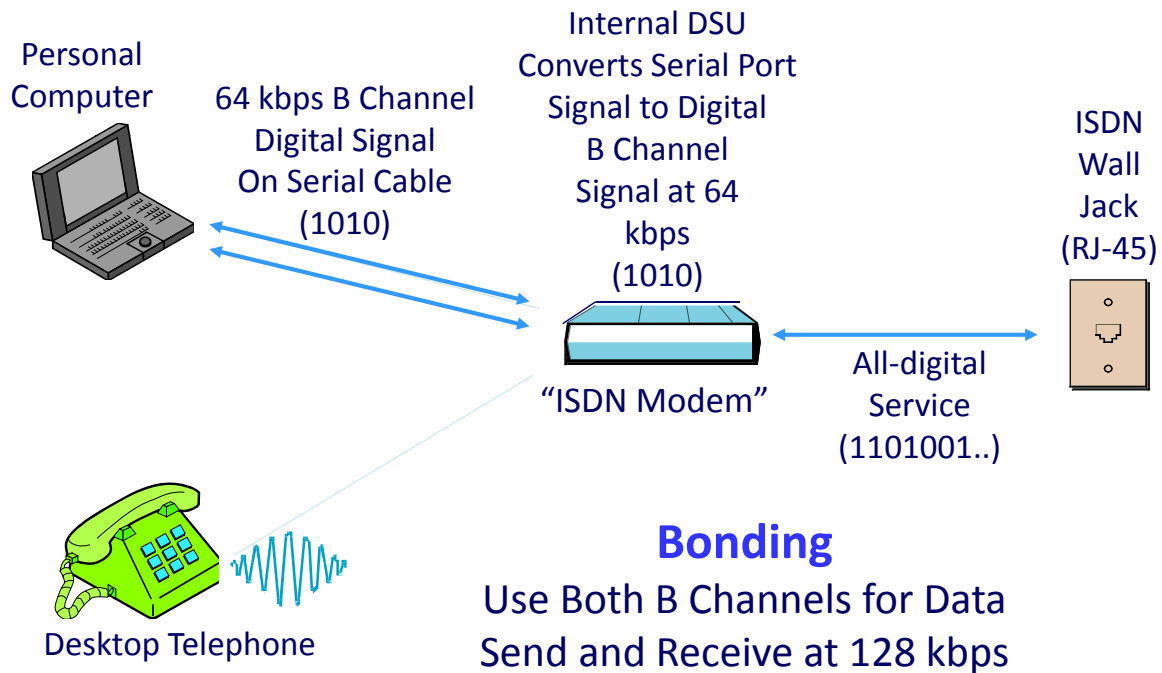
- XDSI – Xarxa Digital de Serveis Integrats



130

Xarxes públiques de commutació de dades

- XDSI – Xarxa Digital de Serveis Integrats



131

Sistemes de comunicació sense fils

- GSM (*Global System for Mobile Communications*)
 - Protocol de comunicacions telefòniques mòbils per fer circuits digitals per radioenllaç.
 - Segona generació de sistemes de telefonia mòbil (2G).
 - 9,6 kbps per dades
- GPRS (*General Packet Radio Service*)
 - Protocol de commutació de paquets sobre GSM
 - Velocitat teòrica per dades de 171,2 kbps
 - 2,5G
- EDGE (*Enhanced Data rates for GSM of Evolution*)
 - Taxes de dades millorades per a l'evolució del GSM
 - També anomenat EGPRS (*Enhanced GPRS*)
 - Pot assolir una velocitat de transmissió de 384 kbps
 - Pont entre les xarxes 2G i 3G

132

Sistemes de comunicació sense fils

- UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*)
 - Xarxa digital per microones per a telèfons mòbils.
 - 3G
 - Forma part de la família ITU IMT-2000 (*International Mobile Telecommunications 2000*), que garanteix que totes les xarxes 3G siguin compatibles.
 - Coneguda també com W-CDMA: Accés Múltiple per divisió de codi de banda ampla.
 - Serveis que ofereixen les tecnologies 3G:
 - Accés a Internet
 - Serveis de banda ampla
 - *Roaming* internacional
 - Interoperativitat
 - Velocitat màxima de 2 Mbps en condicions òptimes

133

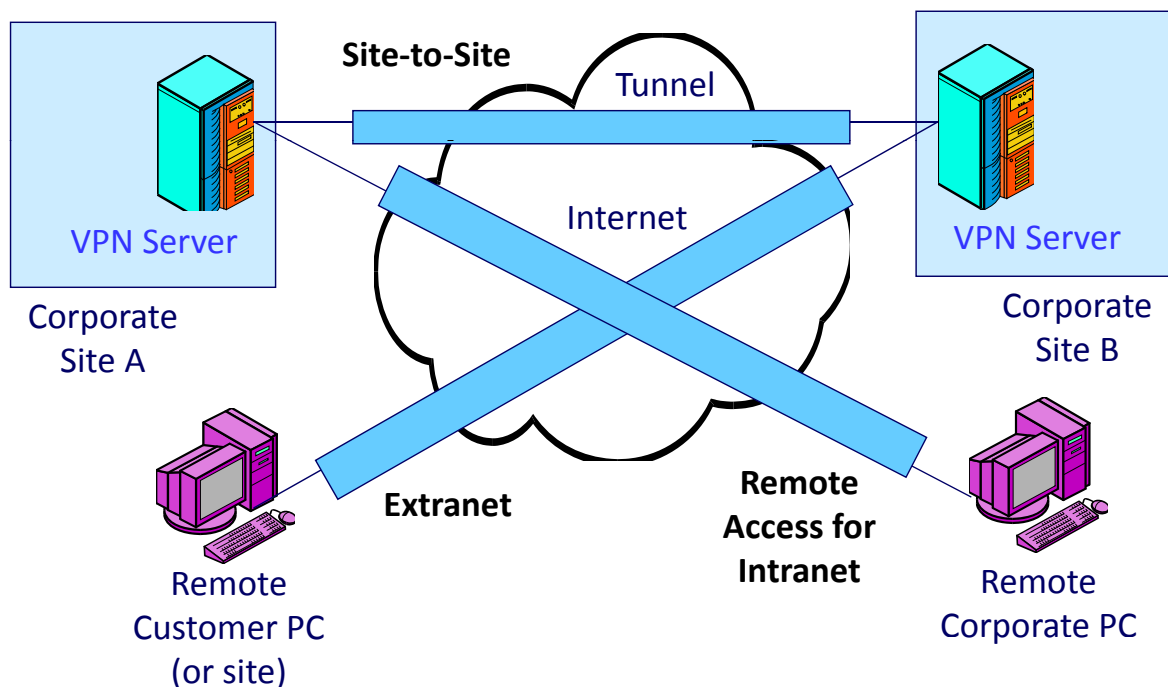
Sistemes de comunicació sense fils

- WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*)
 - Interoperabilitat mundial per accés per microones
 - IEEE 802.16
 - Distàncies de fins a 50 km, amb antenes molt direccionals i d'alt guany.
 - Velocitats de fins a 70 Mbps, 35+35 Mbps, sempre que l'espectre estigui net
 - Permet donar serveis de banda ampla en zones on el desplegament de cable o fibra per la baixa densitat de població presenta uns costos per usuari molt elevats (zones rurals)
 - Ús de les bandes de freqüència de 2,5 i 3,5 GHz.
 - Si fan ús de la banda lliure de 5,4 GHz: *pre-wimax*.
 - *Mobile Wimax: 4G. (Down: 37–365 Mbps / Up:17–56 Mbps)*
- MBWA (*Mobile Broadband Wireless Access*)
 - IEEE 802.20 (iBurst, HC-SDMA)
 - Estàndard per a xarxes sense fils de banda ampla basades en serveis IP mòbils
 - 4G

134

Xarxa Privada Virtual

- Transmissió a través d'Internet afegint seguretat



135

XPV

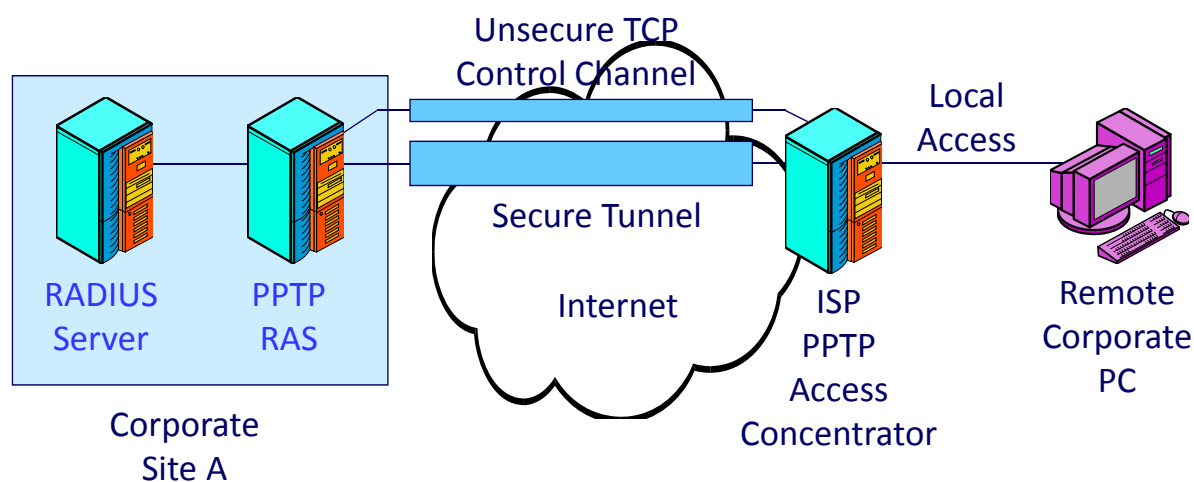
Xarxa Privada Virtual

- Perquè VPN?
 - No totes les xarxes públiques de commutació estan interconnectades ➔ Útil per a les comunicacions corporatives.
 - Internet arriba arreu.
 - Costos de transmissió relativament baixos.
- Problemes de VPN:
 - Latència i baixa qualitat de la transmissió de veu
 - Seguretat:
 - PPTP (*Pont-to-Point Tunneling Protocol*) per a l'accés remot
 - IPSec per a la transmissió *site-to-site*

136

Accés remot VPN

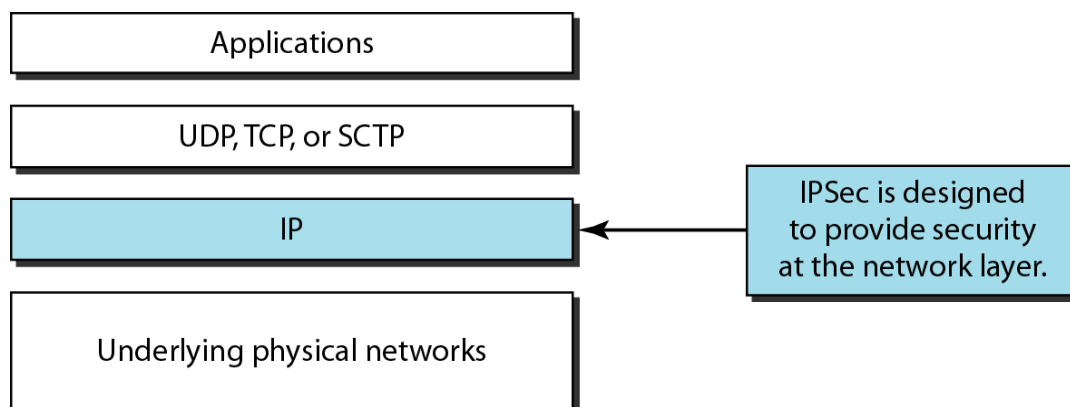
- Servidor d'accés remot (RAS, *Remote Access Server*)
- Ús d'un servidor RADIUS per obtenir informació d'identificació dels usuaris (acceptar o refusar les connexions).



137

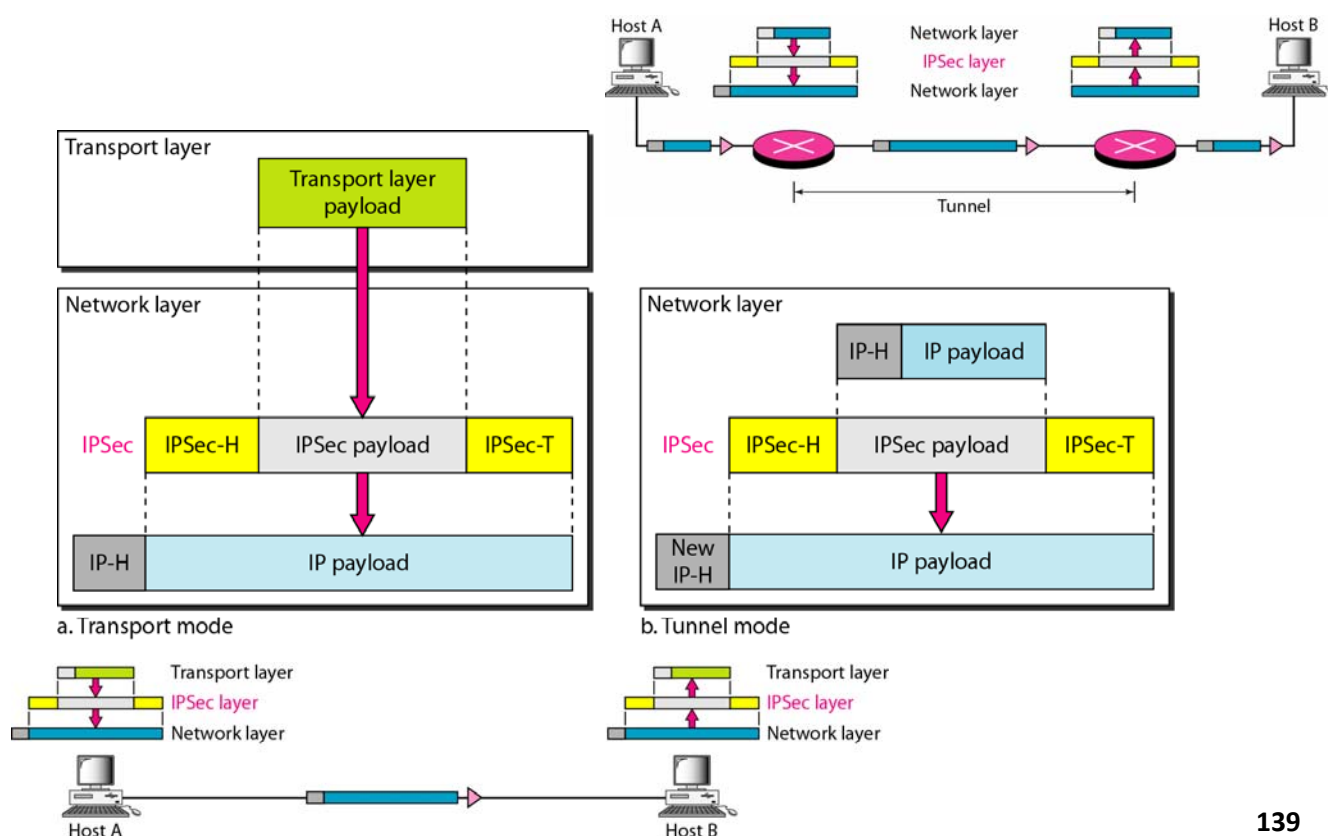
IPSec: IP Security

- Nivell Internet → protegeix la informació dels nivells alts (transport i aplicació).
- Transparent → No cal modificar el funcionament dels nivells superiors.



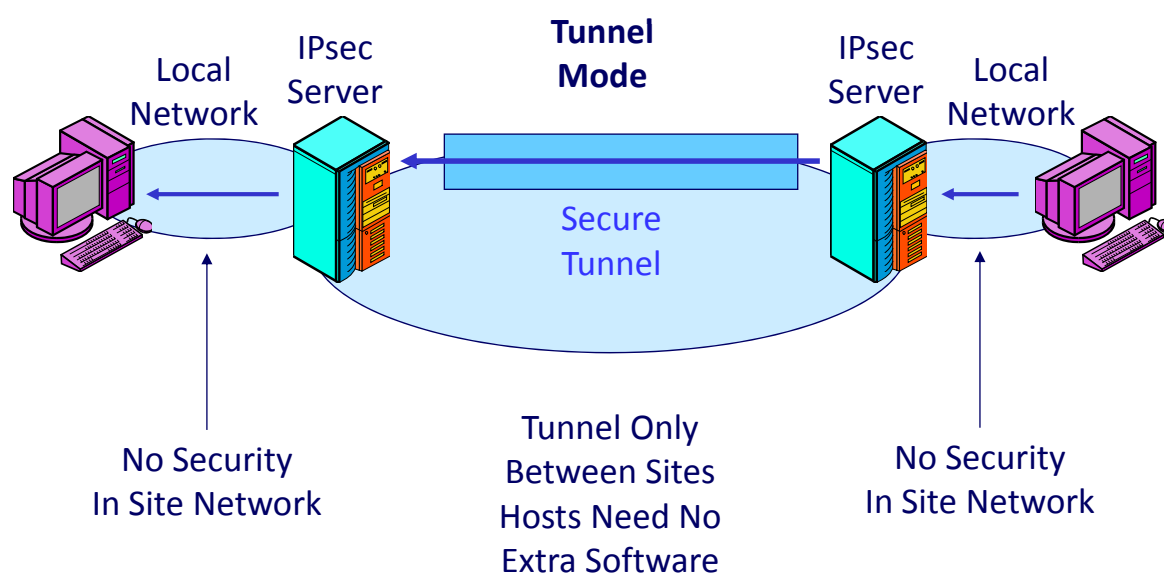
138

IPSec: Mode Túnel i Mode Transport



139

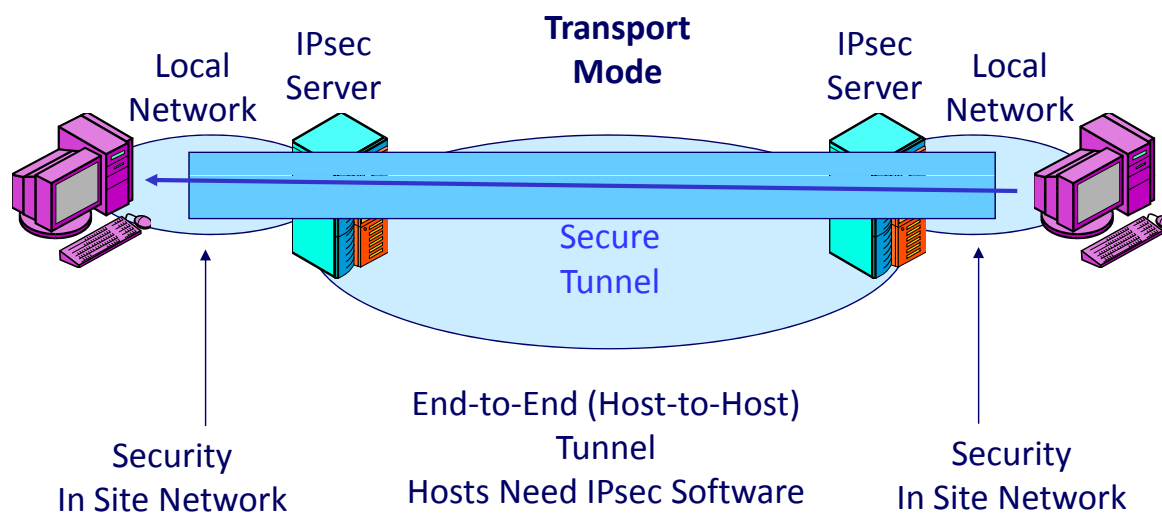
IPSec en mode Túnel



Es protegeixen les capçaleres IP originals

140

IPSec en mode Transport



No es protegeixen les capçaleres IP originals,
només les dades de la capa de transport