

Resum Segon Parcial

Xarxes

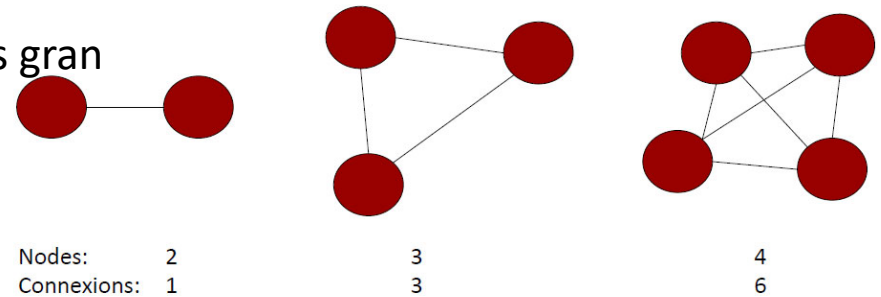
Capítol 3. La capa de Xarxa

- The Network layer, also known as Layer 3 in the OSI (Open Systems Interconnection) model, plays a crucial role in enabling communication and data exchange between different networks. Its primary goal is to provide routing and forwarding functions, allowing data to be transmitted from the source to the destination across multiple networks.
- Key goals and responsibilities of the Network layer include:
- **Routing:** Determining the optimal path or route that data packets should take from the source to the destination based on various factors such as network topology, congestion, and quality of service requirements.
- **Logical Addressing:** Assigning logical addresses (such as IP addresses in the case of the Internet Protocol) to devices connected to the network, enabling them to be uniquely identified and facilitating communication between them.
- **Packet Forwarding:** Breaking down data into smaller packets and adding necessary routing information (such as destination addresses) to each packet. The Network layer determines how these packets should be forwarded through interconnected networks.
- **Error Handling and Control:** Handling errors that occur during data transmission, ensuring reliable delivery of packets, and implementing error detection and correction mechanisms.
- **Fragmentation and Reassembly:** Breaking larger packets into smaller fragments at the sender's end and reassembling these fragments into the original packets at the receiver's end to match the requirements of different network technologies.
- **Congestion Control:** Managing and controlling data flow to prevent network congestion, ensuring efficient data transmission across the network.

Capítol 3. La capa de Xarxa

- Tipus de xarxes:

- Xarxes dedicades on tots els equips estan connectats entre si.
 - Simples de disseny
 - Administració complicada si el nº de nodes és gran

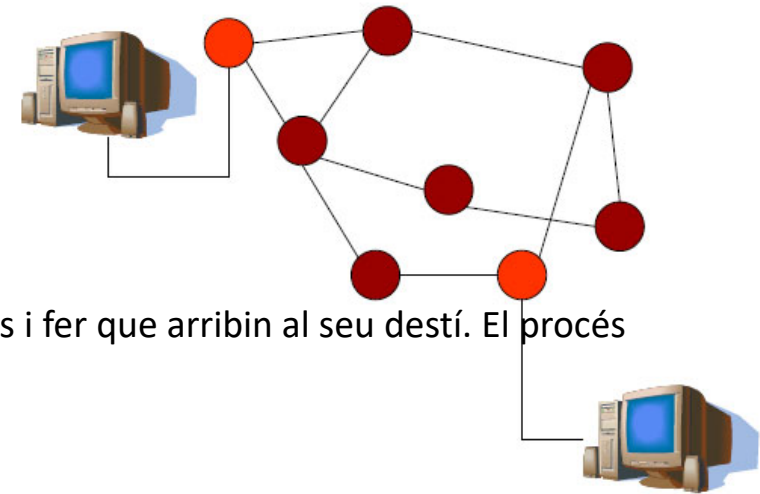


- Xarxes de difusió

- Tenen un medi de connexió únic per connectar tots els equips
- Requereix un sistema per evitar col·lisions



Capítol 3. La capa de Xarxa

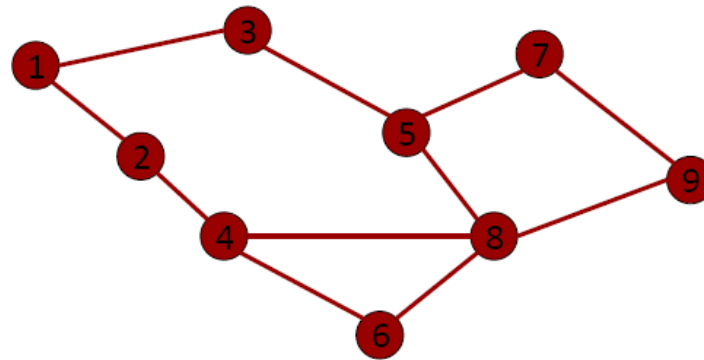


- Tipus de xarxes (2)
 - **Xarxes de commutació.** Fa servir altres equips per commutar el paquets i fer que arribin al seu destí. El procés de comunicació implica 3 fases:
 - *Establiment de la connexió*
 - *Transferència de la informació*
 - *Alliberament de la connexió*
 - Tres tipus de commutació:
 - **Commutació de circuits.** Un cop establerta la connexió, aquesta queda reservada. No es pot fer servir per altres dispositius
 - **Commutació de missatges.** No fa un establiment de la connexió com a tal, cada node que intervé en la commutació envia els missatges pel millor camí que troba en aquell instant. No es fragmenta → Ineficient per missatges molt grans.
 - **Commutació de paquets.** Fragmenta els missatges en unitats més petites, anomenades paquets. Dos modes de funcionament:
 - Datagrama
 - Cada fragment té una longitud màxima que depèn de la xarxa
 - Cada fragment porta una capçalera on consta l'adreça del destinatari i la pròpia de l'origen
 - Cada paquet pot anar-hi pel camí que en aquell instant de temps es consideri millor. Això implica que els paquets poden arribar amb un cert desordre
 - Circuits virtuals
 - Evita múltiples encaminaments dels diferents paquets d'un mateix missatge
 - El camí no es reserva, la xarxa pot utilitzar el canal per altres commutacions, però quan arriba el paquet per força ha de passar pel canal escollit a priori.

Capítol 3. La capa de Xarxa

- **Routing:** Determining the optimal path or route that data packets should take from the source to the destination based on various factors such as network topology, congestion, and quality of service requirements.
- How it Works? Example of Routing

Capítol 3. La capa de Xarxa

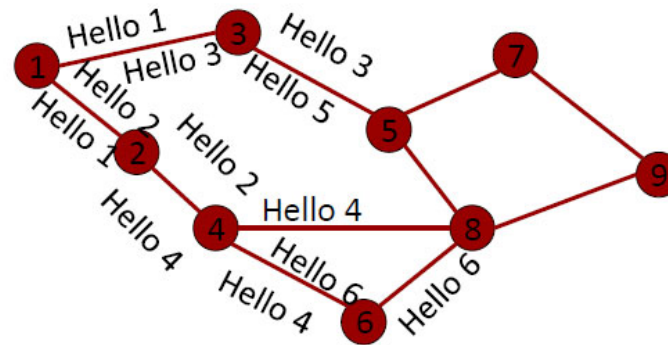


	Router 1	Router 2	Router 3	Router 4	Router 5	Router 6	Router 7	Router 8	Router 9
Router 1									
Router 2									
Router 3									
Router 4									
Router 5									
Router 6									
Router 7									
Router 8									
Router 9									

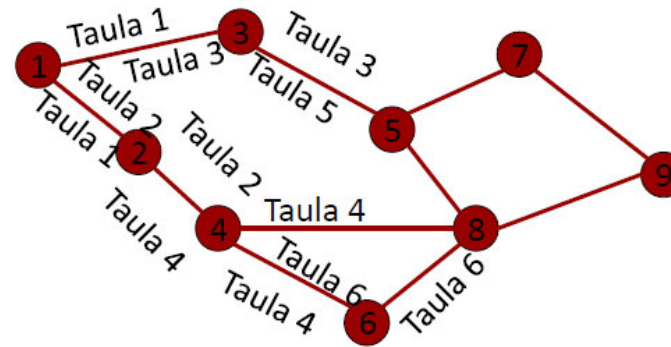
Capítol 3. La capa de Xarxa

La mètrica definirà el millor camí per enviar dades entre un dispositiu i un altre. Tipus de mètrica:

- Ample de Banda
- Next hop
- Combinatòria balancejada
- Altres

[illegible]

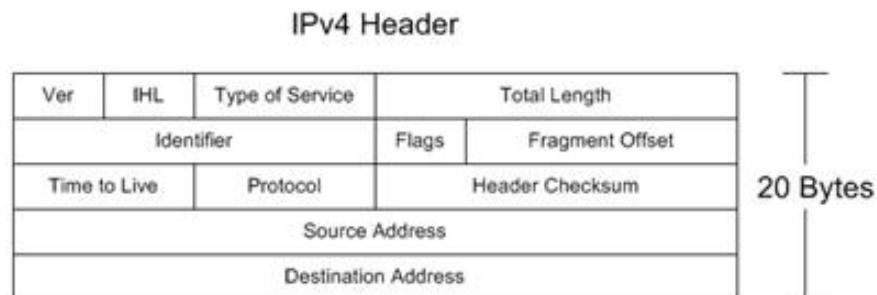
Capítol 3. La capa de Xarxa



	Router 1	Router 2	Router 3	Router 4	Router 5	Router 6	Router 7	Router 8	Router 9
Router 1		2	3	2	3				
Router 2	1		1	4		4		4	
Router 3	1	1			5		5	5	
Router 4	2	2			8	6 & 8		8	
Router 5			3				7	8	8
Router 6		4		4	8			8 & 4	8
Router 7			5		5			5 & 9	9
Router 8	5	4	5	4	5	6 & 4	5		9
Router 9				8	7 & 8	8	7	8	

Capítol 3. La capa de Xarxa

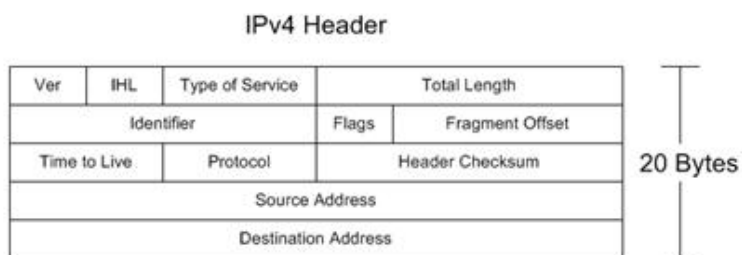
- **Logical Addressing:** Assigning logical addresses (such as IP addresses in the case of the Internet Protocol) to devices connected to the network, enabling them to be uniquely identified and facilitating communication between them.
- That means implement protocols to address the different nodes of the network → **IP protocol**



Capítol 3. La capa de Xarxa

➤ Camps de capçalera:

- Versió: indica el nombre de versió (4 bits)
- Longitud de capçalera d'Internet (en blocs de 32 bits) → (Internet Header Length - IHL) (4 bits)
- Tipus de servei: Fiabilitat, precedència, retard, velocitat (8 bits)
- Longitud total del datagrama en bytes (16 bits)
- Identificació: N° de seqüència que juntament amb l'adreça origen i destí i el protocol de usuari identifiquen de forma unívoca el datagrama (16 bits)



➤ Camps de capçalera (continuació):

- Flags: Es fan servir 2 dels 3 bits disponibles:
 - **More**: indica si un datagrama prové d'una fragmentació i que no és l'últim
 - **Don't fragment**: El datagrama s'ha de transmetre sencer o no es transmet
- Desplaçament del fragment: Indica a quina part del datagrama original pertany en unitats de 64 bits (13 bits)
- Temps de vida: És un comptador que indica el temps màxim que un datagrama pot estar en Internet. Cada router ha de descomptar una unitat com a mínim (8 bits)
- Protocol: Indica el protocol de la capa superior que ha de rebre les dades (8 bits)
- Suma de comprovació de capçalera: Codi de detecció d'errors basat en complement a 1. Es recalcula en cada router (16 bits)
- Adreça origen (32 bits)
- Adreça destí (32 bits)

Capítol 3. La capa de Xarxa

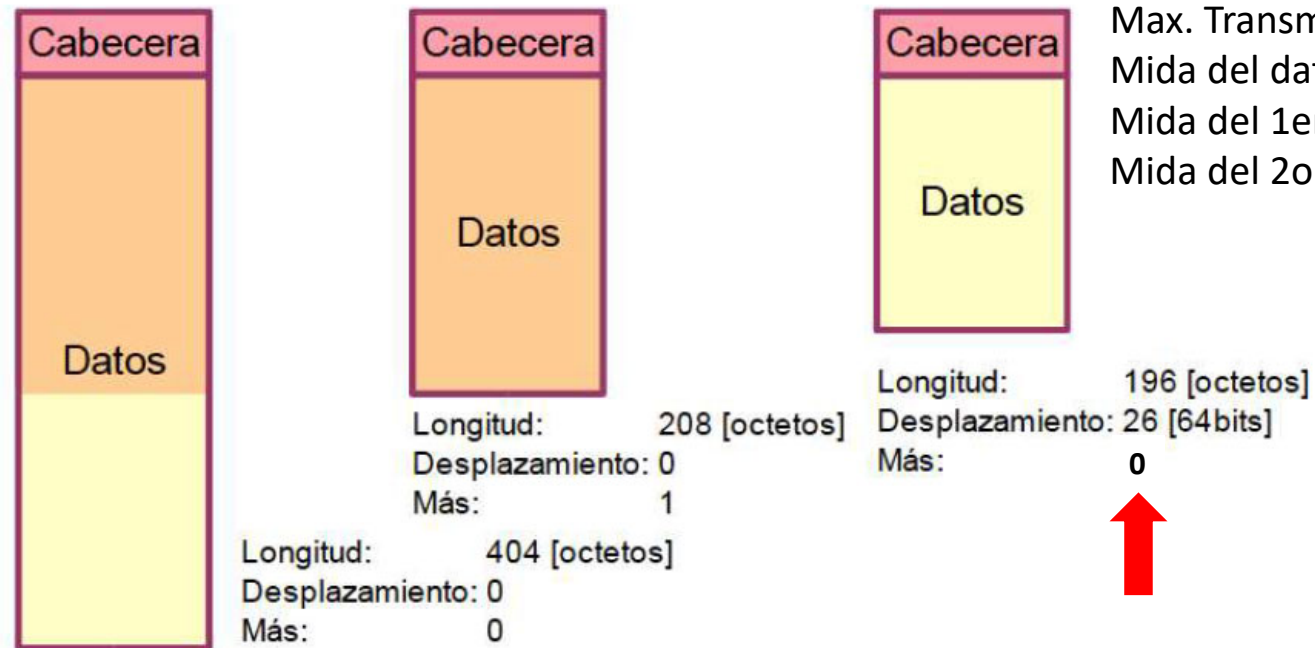
➤ Fragmentació i **ensamblat**

- Diferents xarxes poden tenir diferents longituds de paquet
- Pot ser necessari dividir el paquet original en datagrames més petits
- En aquest moment apareix la pregunta de qui **ensambla** els fragments
 - L'estació destí
 - Qualsevol node
- La resposta és que l'**ensamblat** es fa al destí

➤ El router que fa la fragmentació realitza les següents tasques:

- Crea dos datagrames amb idèntica capçalera a l'original
- Divideix el camp de dades en dos parts approx. Iguals
 - El primer ha de ser múltiple de 64 bits
- Canvia el camp de longitud del primer datagrama i posa la bandera de Més a 1
- Canvia el camp de longitud del segon datagrama i el camp de desplaçament

Capítol 3. La capa de Xarxa



Capítol 3. La capa de Xarxa

Here's all that data in an easy to digest table (all values in decimal):

Fragment	Identification	Flags	Fragment Offset	Total Length
One	9712	1	0	572
Two	9712	1	69	572
Three	9712	0	138	336

We can confirm these fragments contain the **1420** bytes of data from the original packet with two different calculations (the first being the most efficient):

- Add the fragment offset of the final fragment, multiplied by 8, to the Total Length of the final fragment minus its header length: $138 \times 8 = 1104$ and $336 - 20 = 316$. $1104 + 316 = \mathbf{1420}$.
- Calculate the sum of the Total Length of the three fragments and then subtract the sum of the header length of the fragments: $572 + 572 + 336 = 1480$ and $20 + 20 + 20 = 60$. $1480 - 60 = \mathbf{1420}$.

Fragmentation with IPv4 is described in the Internet Protocol RFC 791:

<https://tools.ietf.org/html/rfc791>.

Reference: <https://packetpushers.net/ip-fragmentation-in-detail/>

Enough of the theory, let's work through an example of a 1440 byte packet that must be routed through an interface with an MTU of 576 bytes (the packet size all hosts should be prepared to accept to comply with the IP RFC). We'll assume the smallest possible IP header size of 20 bytes meaning the original packet contains 1420 bytes of data. The following fragments are created with the sizes and fields set as follows:

First Fragment

- An **Identification** field populated with an ID number
- A reserved bit not set, the Don't Fragment flag not set and a **More Fragments** flag of 1 in the **Flags** field, expressed in binary as: 001
- The **Fragment Offset** field is set to zero as this is the first fragment, expressed in binary as: 0 0000 0000 0000
- A **Total Length** field of 572 expressed in binary as: 0000 0010 0011 1100; the maximum possible 576 byte packet hasn't been used because the fragment offset field in the following fragment must be a multiple of 8 bytes – as the header is 20 bytes, this packet contains 552 bytes of data, with 868 bytes remaining

Second Fragment

- An **Identification** field populated with the same ID number used for the first fragment
- A reserved bit not set, the Don't Fragment flag not set and a **More Fragments** flag of 1 in the **Flags** field, expressed in binary as: 001
- The **Fragment Offset** field is set to 69 (552/8), expressed in binary as: 0 0000 0100 0101
- A **Total Length** field of 572 expressed in binary as: 0000 0010 0011 1100; this packet also contains 552 bytes of data, with 316 bytes remaining

Third & Final Fragment

- An **Identification** field populated with the same ID number used for the first and second fragments
- A reserved bit not set, the Don't Fragment flag not set and a **More Fragments** flag of 0 in the **Flags** field, expressed in binary as: 000
- The **Fragment Offset** field is set to 138 (1104/8), expressed in binary as: 0 0000 1000 1010

Capítol 3. La capa de Xarxa

Format de les adreces IPv4

Les adreces IP es descomposen en:

Identificador de Xarxa (netid)

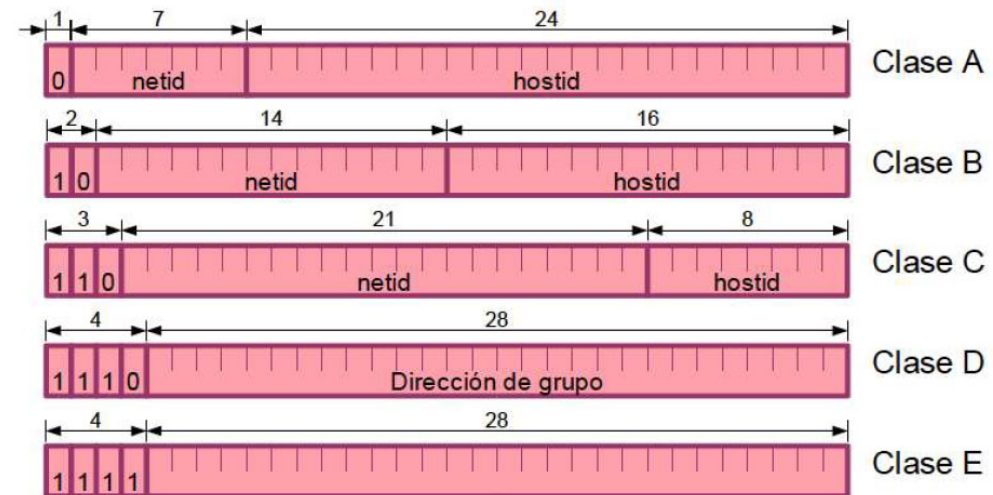
Identificador d'estació (hostid)

Les adreces s'estableixen en funció de la classe:

Les classes A, B i C indiquen adreces úniques

Les classes D són per a grups

La classe E està reservada



Clase A: Màscara /8 ó 255.0.0.0

Clase B: Màscara /16 ó 255.255.0.0

Clase C: Màscara /24 ó 255.255.255.0

Identificador Xarxa = IP & Màscara

Capítol 3. La capa de Xarxa

- Les adreces IP poden ser públiques o privades

- Adreces privades (RFC 1918)

- Cada cop més dispositius comercials inclouen la pila TCP/IP
 - Això permet interconnectar gran quantitat de dispositius electrònics
 - Les adreces assignades per IANA als RIRs s'anomenen públiques, globals o registrades
 - Que passa si assignem arbitràriament una IP a un dispositiu? Aquesta pot ser filtrada pel nostre ISP o pot causar problemes a l'usuari propietari d'aquesta IP
 - Adreces Privades: Són adreces reservades per dispositius que no requereixen una connexió a la xarxa pública. Aquestes adreces no són assignades per cap RIR. Tenim adreces privades per a cada classe:
 - 1 Classe A. Xarxa 10.0.0.0
 - 16 Classe B. Xarxes 172.16.0.0 – 172.31.0.0
 - 256 classe C. Xarxes 192.168.0.0 – 192.168.255.0

- El procés de canvi de IP privada a IP pública es realitza mitjançant un protocol anomenat NAT

- NAT ➔ Network Address Translation

- Hi ha diverses formes de fer NAT (practiques)

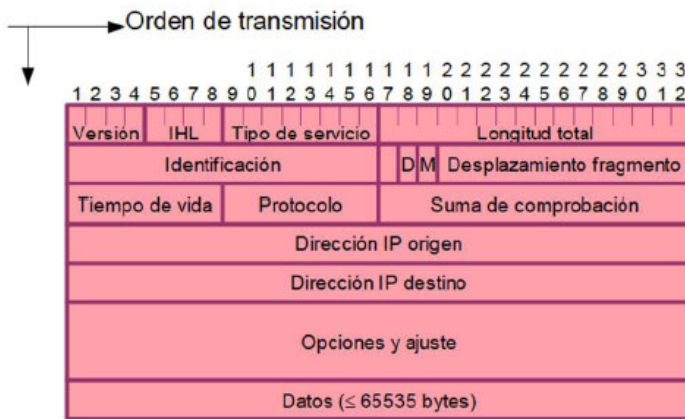
- Canvi una a una

- Canvi dinàmic...

Capítol 3. La capa de Xarxa

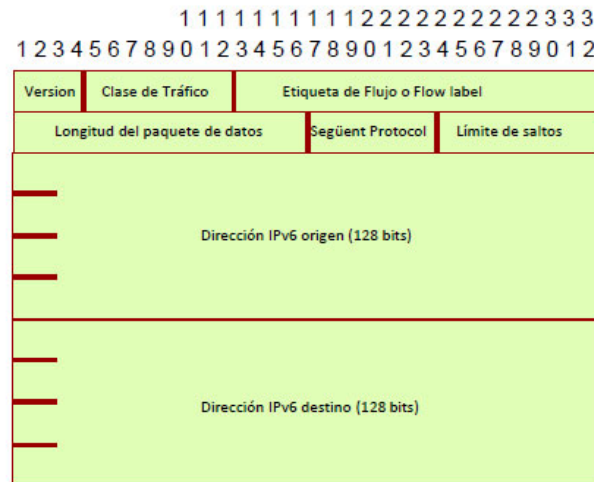
- Estructura jeràrquica de la xarxa. Subnetting (RFC 950)
 - En funció del nombre de IP's assignades, podem generar més o menys subxarxes que faciliten l'encaminament de la nostra xarxa
 - Donada una IP qualsevol, si fem:
IP & Màscara = IP xarxa
 - Coneguts els bits de xarxa, veiem que ens queden "n bits" restants per la identificació dels nodes
 - **Subnetting** consisteix en assignar m bits per crear subxarxes i m-n per nodes

Capítol 3. La capa de Xarxa



Traffic Class (8-bits): The Traffic Class field indicates class or priority of IPv6 packet which is similar to Service Field in IPv4 packet. It helps routers to handle the traffic based on the priority of the packet. If congestion occurs on the router then packets with the least priority will be discarded

Flow Label/QoS management (20 bits) The 20-bit flow label field in the IPv6 header can be used by a source to label a set of packets belonging to the same flow. A flow is uniquely identified by the combination of the source address and of a **non-zero** Flow label.



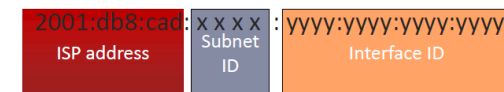
- La segmentació consisteix en crear nivells de jerarquia en adreces IP.
- Tres nivells: Xarxa, Subxarxa i num. Estació (Subnetting)

PEL QUE FA A LA FRAGMENTACIÓ DEL DATAGRAMA

- Els paquets no es poden fragmentar un cop surten de la IP origen
- 128 bits dividits en 8 camps de 16 bits. Cada camp s'uneix per dos punts. Els valors s'expressen en format hexadecimal

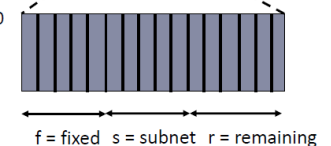
➤ X:X:X:X:X:X:X:X
 Prefixe ID. Interface
 ID subnet

2001:db8:cad::/48



- f is fixed by the ISP. Can be 0
- s is the subnet requested
- r is the remaining bits

$$f + s + r = 16 \text{ bits}$$



Capítol 3. La capa de Xarxa

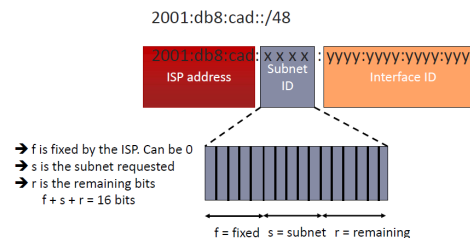
➤ The UB wants to pass from IPv4 to IPv6. UB has seven campus: Plaça Universitat, Diagonal, Mundet, Raval, Clínic, Sants and Bellvitge.

➤ Diagonal Campus implies at least 12 faculties: Physics, Chemistry, Biology, Pharmacy, Geology, Economics, Laws, Arts, ... Administration and CCIT

➤ Every faculty must be divided in four networks

IP address: 2001:CB8:F0CA::/48

Identify the diferent subnetworks



IP address: 2001:CB8:F0CA::/48

TOP Hierarchic level → 7 faculties means 3 bits

f = 0, s = 3, r = 13

2001:CB8:F0CA:0000::/51

2001:CB8:F0CA:2000::/51

2001:CB8:F0CA:4000::/51

2001:CB8:F0CA:6000::/51

2001:CB8:F0CA:8000::/51

2001:CB8:F0CA:A000::/51

2001:CB8:F0CA:C000::/51

20021:CB8:F0CA:E000::/51 (ONLY 7 ARE NECESSARY)

➤ Second level of hierarchy: Diagonal Campus has 12 faculties:

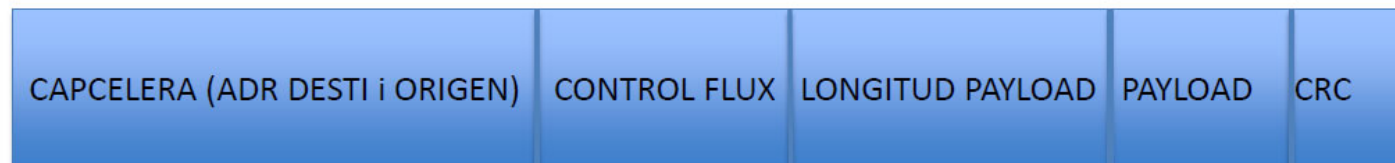
f = 3, s = 4, r = 9

2001:CB8:F0CA:4000::/51

2001:CB8:F0CA:4000::/55
2001:Cb8:F0CA:4200::/55
2001:Cb8:F0CA:4400::/55
2001:Cb8:F0CA:4600 ::/55
2001:Cb8:F0CA:4800 ::/55
2001:Cb8:F0CA:4A00 ::/55
2001:Cb8:F0CA:4C00 ::/55
2001:Cb8:F0CA:4E00 ::/55
2001:Cb8:F0CA:5000 ::/55
2001:Cb8:F0CA:5200 ::/55
2001:Cb8:F0CA:5400 ::/55
2001:Cb8:F0CA:5600 ::/55
2001:Cb8:F0CA:5800 ::/55
2001:Cb8:F0CA:5A00 ::/55
2001:Cb8:F0CA:5C00 ::/55
2001:Cb8:F0CA:5E00 ::/55

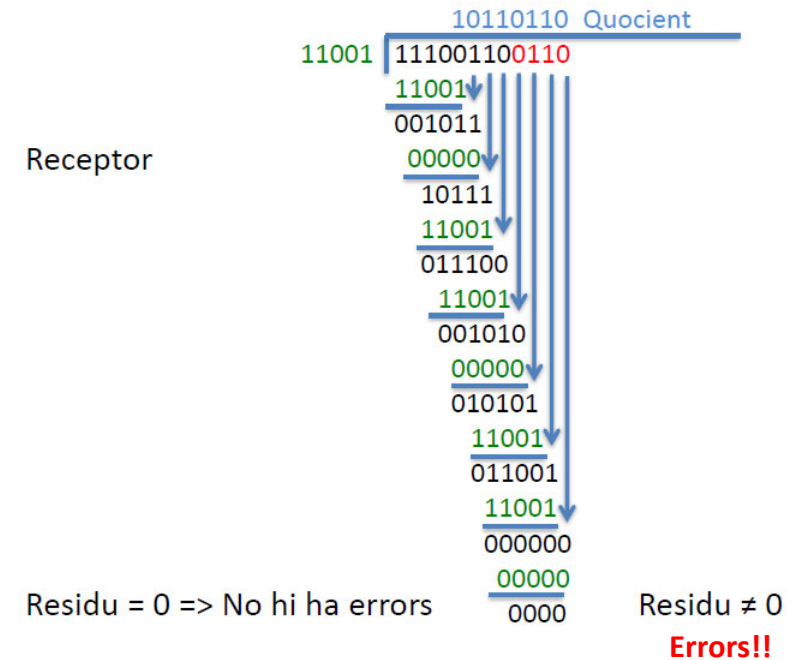
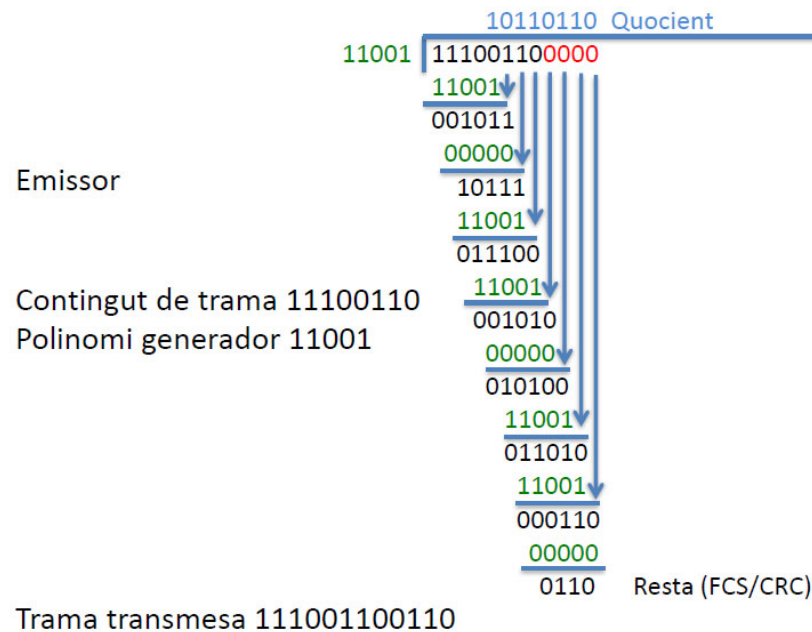
Capítol 4. Encapsulació. Nivell d'enllaç

- Encapsulació. Nivell d'Enllaç:
 - S'encarrega de gestionar la transferència fiable de dades entre dos equips veïns connectats directament (control d'errors, flux, capçaleres, ...)
 - Servei orientat a connexió
 - El format en que s'envien les dades és el següent:



Capítol 4. Encapsulació. Nivell d'enllaç

- Control d'errors



Capítol 4. Encapsulació. Nivell d'enllaç

- Control de flux. Basat en la petició automàtica de repetició (ARQ)
- Aplicat també en TCP per proporcionar una connexió fiable ➔ Mateix ordre i sense errors

-El **retard** d'un determinat senyal en el medi físic es degut a dos fenòmens:

- 1.- El temps de propagació
- 2.- El temps de transmissió
- 3.- Altres (processat,...)

1.- **Temps de propagació:** temps que triga una unitat de informació en passar d'un extrem del canal a l'altre. (Es defineix com la relació entre la distància de l'enllaç i la velocitat del medi de transmissió)

2.- **Temps de transmissió:** temps que triga en passar una trama al medi des de el primer bit fins a l'últim. (Serà la relació entre la mida de trama i la taxa de transferència)

Capítol 4. Encapsulació. Nivell d'enllaç

RQ - Inactiva	RQ - Continua	
$U = \frac{T_{Tx}}{T_{total}} = \frac{T_{Tx}}{T_{Tx} + 2 \cdot T_{prop} + T_{ACK} + 2 \cdot T_{proc}}$ $U = \frac{T_{Tx}}{T_{Tx} + 2 \cdot T_{prop}} = \frac{1}{1 + 2a}$ On $a = T_{prop}/T_{Tx}$ Quan tenim errors $U = \frac{1 - P_{err}}{1 + 2a}$	$U = \begin{cases} 1 & K \geq 1 + 2a \\ \frac{K}{1 + 2a} & K < 1 + 2a \end{cases}$	
	Repetició selectiva	Go-back-N /Retransmissió N
	$U = \begin{cases} 1 - P & K \geq 1 + 2a \\ \frac{K(1 - P)}{1 + 2a} & K < 1 + 2a \end{cases}$ On P és la prob de error	Go-Back-N: $U = \frac{1 - P_e}{1 + 2aP_e} \text{ si } K \geq 1 + 2a$ o bé $U = \frac{K(1 - P_e)}{(2a + 1)(1 - P_e + KP_e)} \text{ si } K < 1 + 2a$

Capítol 4. Encapsulació. Nivell d'enllaç

- Protocol de Control d'enllaç de dades d'alt nivell (HDLC)

Tipus de Nodes

- Estació Primària
- Estació Secundària
- Estació Balancejada

Configuració de l'enllaç

- Configuració no balancejada
- Configuració balancejada

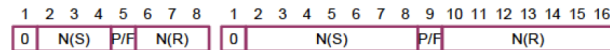
Modes de transferència

- Mode de Resposta Normal (NRM)
- Mode Balancejat Asíncron (ABM)
- Mode de resposta Asíncrona (ARM)

Capítol 4. Encapsulació. Nivell d'enllaç

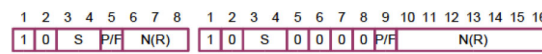
– Trama de Informació

- Porta el nombre de seqüència d'enviament
- Pot portar el nombre de seqüència de recepció si s'adjunta el assentiment de l'altra trama
- El bit més significatiu (més a l'esquerra) té el valor 0
- Els nombres de seqüència són de 3 o 7 bits



• Trama de supervisió

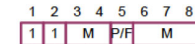
- S'utilitza per realitzar el mecanisme ARQ quan no s'adjunen trames I



- Receptor Preparat (RR) → ACK i pots enviar
- Receptor No Preparat (RNR) → ACK i no envia més
- Rebuig Go-Back-N (REJ) → NAK torna a enviar els N missatges anteriors
- Rebuig Selectiu (SREJ) → NAK en trama i

• Trama no numerada

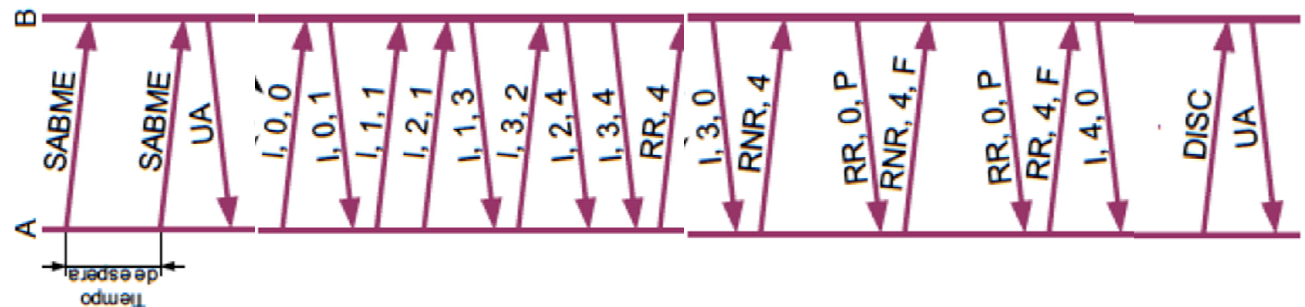
- Proporciona funcions de control de l'enllaç addicionals



- Petició mode inicialitz
- Selecció mode inicialització
- Selecció mode resposta normal/mode ampliat → (SNRM/SNRME)
- Selecció mode resposta asíncron/ampliat → (SARM/SARME)
- Selecció mode balancejat asíncron/ampliat → (SABM/SABME)
- Assentiment no numerat → (UA)
- Desconnectar (DISC) ...

Totes les trames inclouen en el camp de control el bit P/F

- En la trama de comanda es denomina bit P (Pregunta o Poll) i quan està a 1 indica que s'espera resposta del secundari
- En les trames de resposta es denomina F (Final) i quan està a 1 indica que dona resposta a una comanda de sol·licitud anterior



Capítol 5. La capa de transport

- La capa de transport la tenim per sobre de la capa de xarxa
- La capa de transport s'encarrega de proveir comunicacions lògiques entre processos i s'executa en equips finals.
- Assegura el control de flux i d'errors entre equips finals
- La capa de transport ofereix comunicació entre aplicacions extrem a extrem.
- Els punts d'accés de la capa de Transport estan identificats per un número de port de 16 bits.
- En el cas de l'estructura TCP/IP, es defineixen dos adreces que relacionen el nivell de transport amb els nivells superiors i inferior:
 - L'adreça IP (32 bits), adreça lògica de la màquina
 - El port (16 bits), identifica l'aplicació que requereix la comunicació
- Per identificar les diferents aplicacions, els protocols TCP i UDP associen cada paquet amb un identificador de 16 bits anomenat port

Capítol 5. La capa de transport

Segment TCP



➤ Indicadors. 6 bits de control:

- URG: Fa referència al camp que indica “marcador urgent”
- ACK: Fa referència al camp : Num rebut
- PSH: Funció de “Entregar dades immediatament” (push)
- RST: Reset de la connexió
- SYN: Sincronitzar els números de seqüència.
- FIN: Darreres dades de l'emissor

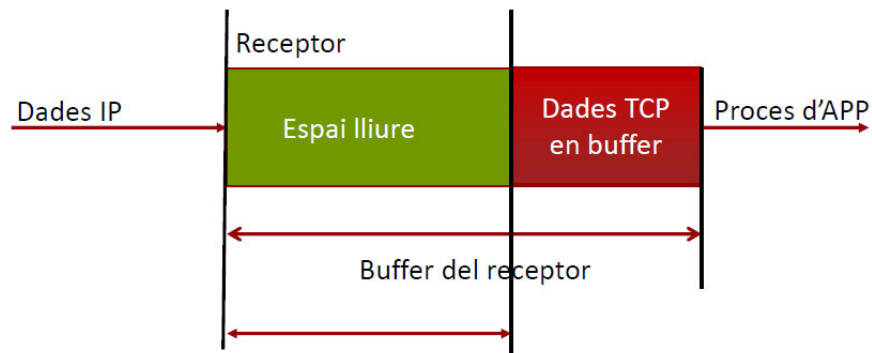
➤ Num. Seqüència: 32 bits. El número de seqüència del primer octet de dades d'aquest segment, excepte quan l'indicador de SYN el tenim a 1.

Si s'està establint la connexió => SYN = 1. El camp del num. de seqüència conté el ISN (Initial Sequence Number), valor escollit pel host per aquesta connexió i correspon al número de seqüència original i llavors, el primer byte de dades tindrà un num. de seq. igual a ISN+1

➤ Número rebut: 32 bits. Si el bit de control de ACK és 1, aquest camp conté el valor del següent número de seqüència que l'emissor del segment espera rebre. Un cop una connexió esta establerta, aquest número s'envia sempre.

Capítol 5. La capa de transport

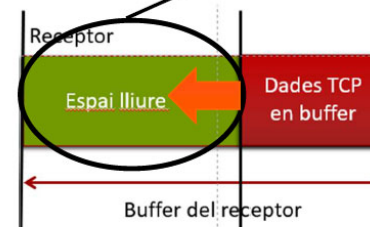
- Cada extrem receptor TCP disposa de un buffer de recepció



Mida de la finestra, que dependrà de l'espai lliure al buffer

Sense un sistema de control de flux es pot produir un desbordament de buffer

- La finestra de recepció anirà variant en funció de la mida de l'espai lliure que hi ha al buffer.
- És dinàmica i pot prendre el valor 0



The diagram illustrates the structure of a TCP header, showing the bit positions for each field. The header is divided into sections of 32 bits each, with bit positions 0 to 30 indicated at the top. The fields and their bit ranges are as follows:

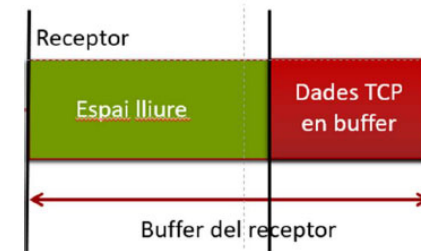
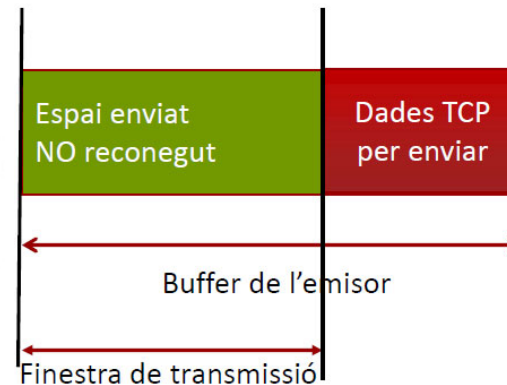
- Port TCP origen**: 32 bits (0 to 31)
- Port TCP desti**: 32 bits (32 to 63)
- Número de seqüência**: 32 bits (64 to 95)
- Número rebut**: 32 bits (96 to 127)
- HLLEN**: 4 bits (128 to 131)
- Reservat**: 6 bits (132 to 137)
- Indicadors**: 6 bits (138 to 143)
- Finestra**: 16 bits (144 to 159) - This field is highlighted with a red box and an arrow pointing to it.
- Checksum TCP**: 16 bits (160 to 175)
- Marcador urgent**: 1 bit (176 to 177)
- Opcions**: 10 bits (178 to 187)
- Padding**: 10 bits (188 to 197)
- dades**: 16 bits (198 to 213)
- ...**: 16 bits (214 to 229)

Capítol 5. La capa de transport

- Si la finestra de recepció es queda sense espai, posa el valor de la finestra a 0.
- L'emisor enviarà segments amb 1 Byte de dades, esperant que la resposta del receptor



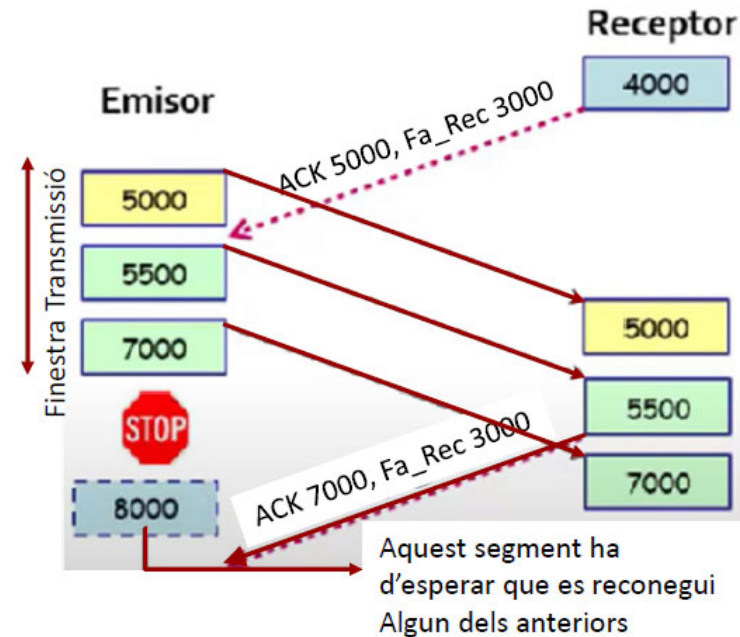
- Fixe'm-nos que la finestra de l'emisor ha de guardar aquelles dades que encara no han estat reconegudes



Per altra banda, la mida de la finestra no pot ser superior a la finestra del receptor

Capítol 5. La capa de transport

- Donat que la finestra de Tx no POT SER > que la de Rx
- No s'envia cap dada que no "càpiga" al receptor
- No es poden acceptar noves dades del nivell superior si s'arriba al limit de la finestra



Capítol 5. La capa de transport

- Transmissió de dades en TCP

