

¿Ethernet es capa 2?

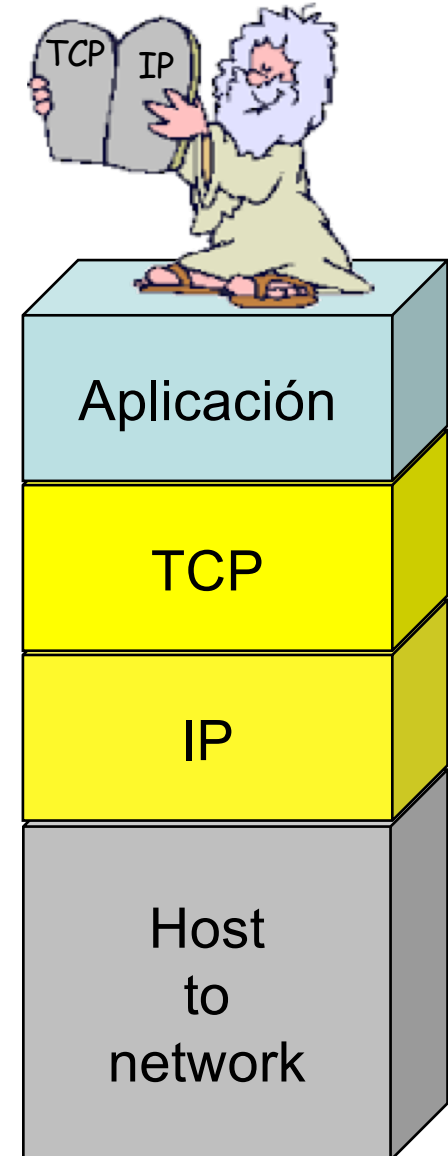
Area de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Máster en Ingeniería de Telecomunicación

Arquitecturas de capas de protocolos

TCP/IP

- Hay otras arquitecturas de protocolos
- La arquitectura OSI
- IBM con SNA tenía la suya (que inspiró OSI)
- También Apple
- Novell
- Digital
- (...)



Familias de protocolos

Protocol Family Encapsulations

WildPackets

Layer 7 Application
Provides standard services to applications and end-user interfaces.

Layer 6 Presentation
Performs data format conversion. Provides compression, encoding, and encryption of data.

Layer 5 Session
Establishes sessions between services. Synchronizes and performs translations for naming services.

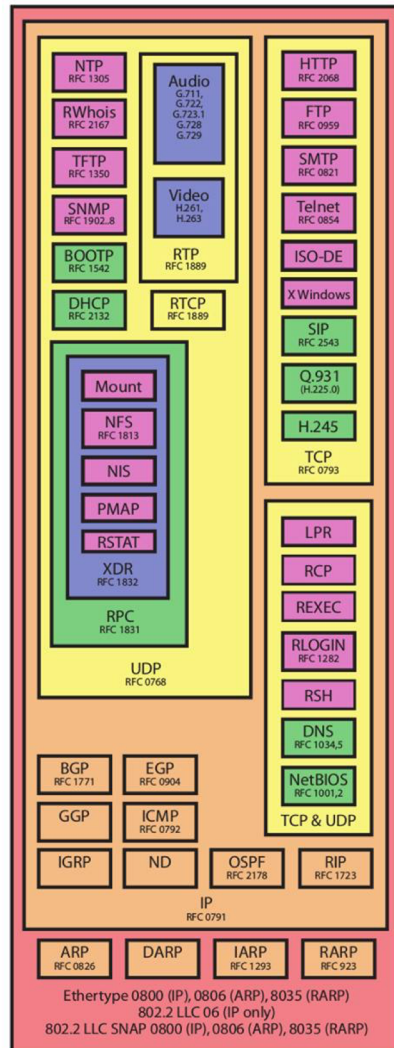
Layer 4 Transport
Manages connections and provides reliable packet delivery. Operates in units of messages.

Layer 3 Network
Addresses and routes data-grams. Performs fragmentation and reassembly (IP). Operates in units of packets.

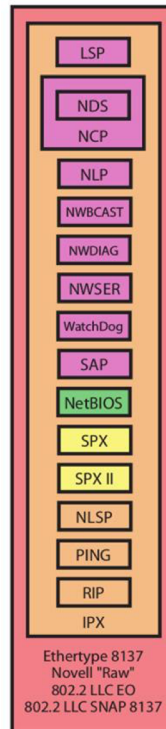
Layer 2 Logical Link
Provides hardware addressing and error detection/correction. Operates in units of frames.

Layer 1 Physical
Defines connection, electrical, and wiring specifications. Operates in units of bits.

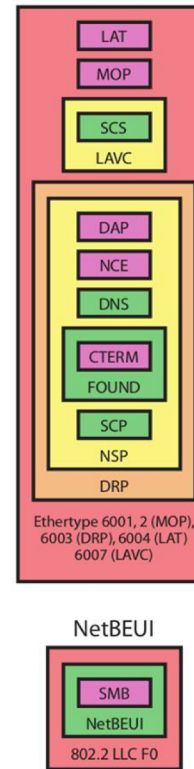
TCP/IP



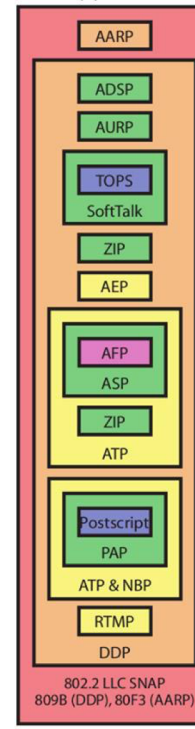
Novell Netware



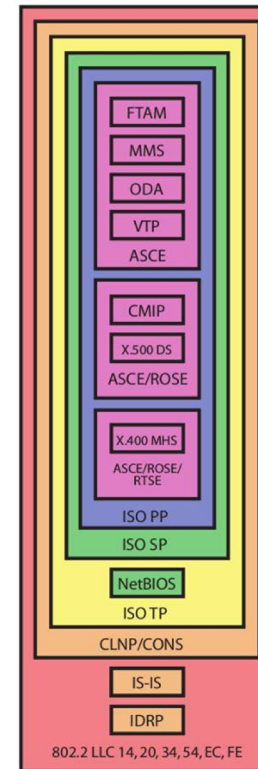
DECnet



AppleTalk



ISO



AARP AppleTalk Address Resolution Protocol
ADSP AppleTalk Data Stream Protocol
AEP AppleTalk Echo Protocol
AFP AppleTalk Filing Protocol
ARP Address Resolution Protocol
ASCE Association Control Service Element
ASP AppleTalk Session Protocol
ATP AppleTalk Transaction Protocol
AURP AppleTalk Update Routing Protocol
BOOTP Boot Protocol
BGP Border Gateway Protocol
CLNP Connectionless Network Protocol
CMIP Common Management Information Protocol
CONS Connection Oriented Network Protocol
DARP Dynamic Address Resolution Protocol
DDP Datagram Delivery Protocol
DHCP Dynamic Host Configuration Protocol
DNS Domain Name System
EGP Exterior Gateway Protocol
FTAM File Transfer Access and Management
FTP File Transfer Protocol
GGP Gateway to Gateway Protocol
HTTP HyperText Transfer Protocol

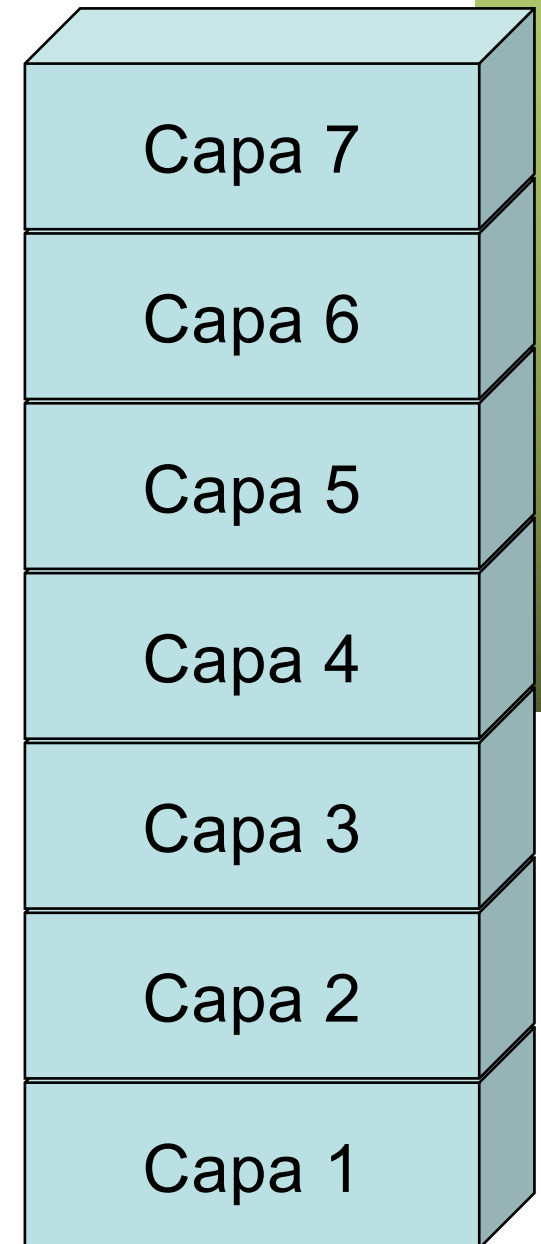
IARP Inverse Address Resolution Protocol
ICMP Internet Control Message Protocol
IDRP Interdomain Routing Protocol
IGRP Interior Gateway Routing Protocol
IP Internet Protocol
IPX Internet Packet Exchange
IS-IS Intermediate System to Intermediate System Routing
ISOP Presentation Protocol
ISO SP Session Protocol
ISO TP Transport Protocol
ISO-DE Development Environment
LPR Remote Print
LSP NetWare Lite Sideband Protocol
MMS Manufacturing Message Service
Mount Mount Server
NBP Name Binding Protocol
NCP NetWare Core Protocol
ND Network Disk
NDS NetWare Directory Service
NetBIOS NetBIOS Enhanced User Interface
NetBIOS Network Basic Input/Output System
NetBIOS Network File System
NIS Network Information Services

NLP NetWare Link Protocol
NLS NetWare Link State Protocol
NTP Network Time Protocol
NWBCAST NetWare Broadcast Message Notification
NWDIAG NetWare Diagnostic Support Protocol
NWSE NetWare Session Protocol
ODA Office Document Architecture
OGF Open Shortest Path First
PAP Packet Access Protocol
PING Packet Internet Groper
PMAP Port Mapper
RARP Reverse Address Resolution Protocol
RCP Remote Copy
REXEC Remote Execution
RIP Routing Information Protocol
RLOGIN Remote Login
ROSE Remote Operations Service Element
RPC Remote Procedure Call
RSH Remote Shell
RSTAT Remote Statistics
RTCP RTP Control Protocol
RTMP Routing Table Maintenance Protocol
RTP Real-time Transport Protocol

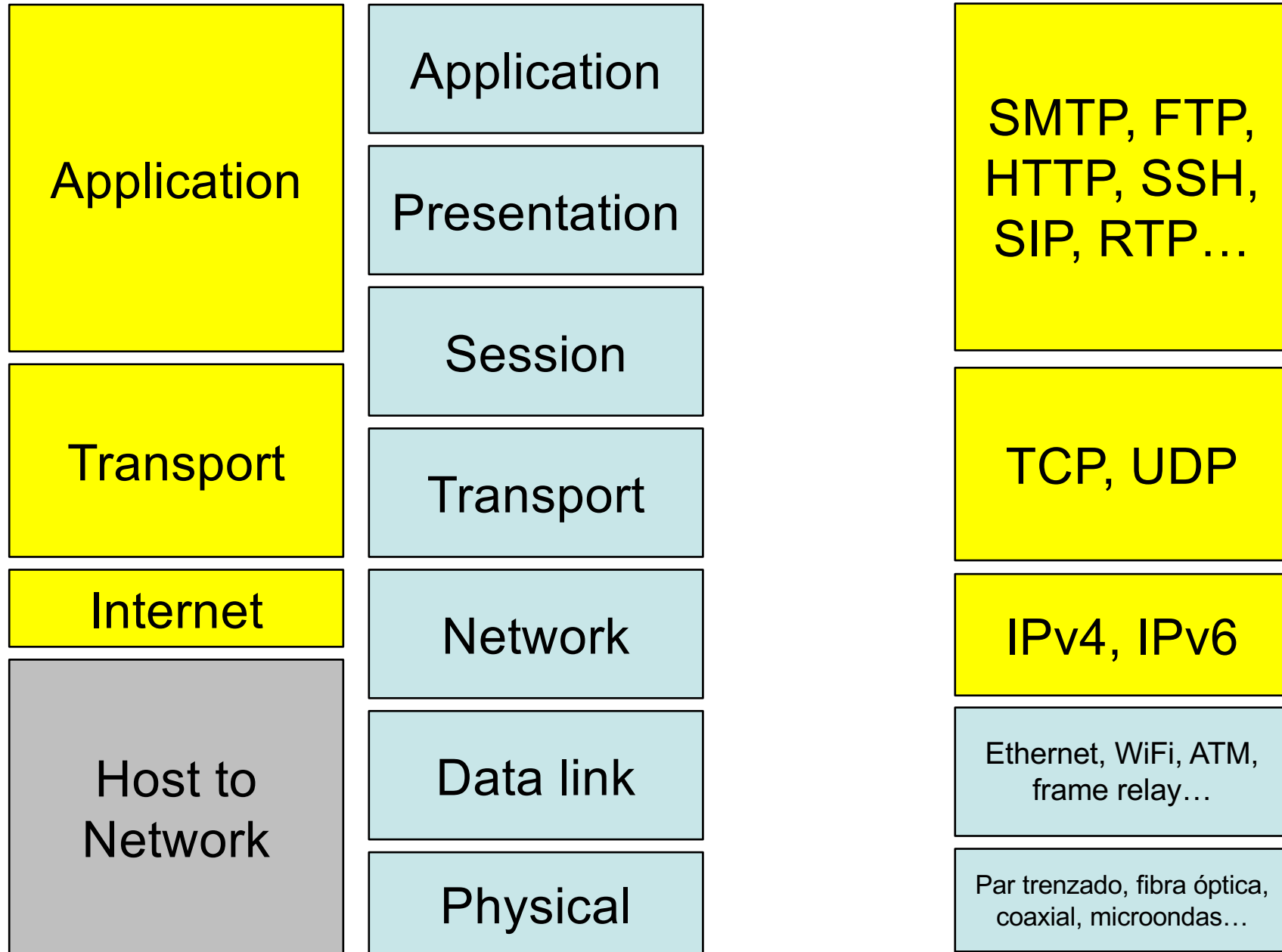
RTSE Reliable Transfer Service Element
RWhois Remote Whois
SAP Service Advertisement Protocol
SIP Session Initialization Protocol
SMB Server Message Block
SMTP Simple Mail Transfer Protocol
SNMP Simple Network Management Protocol
SPX Sequenced Packet Exchange
TCP Transmission Control Protocol
Telnet Telecommunications Network Protocol
TFTP Trivial File Transfer Protocol
TOPS Transcendental Operating System
UDP User Datagram Protocol
VTP Virtual Terminal Protocol
WatchDog Station Keep Alive
XWindows Graphical Windows
X400MHS Message Handling System
X.500 DS Directory Services
XDR Exchange Data Representative Protocol
ZP Zone Information Protocol

OSI

- ISO intentó resolver la arquitectura en base a una estructura de capas
- Permite independencia, reutilización, evolución parcial
- Define interfaces y servicios que ofrecen las capas
- Fue demasiado ambiciosa, el resultado era demasiado complejo
- Había otros desarrollos en paralelo
- A día de hoy hablamos de capas 1, 2, 3 y 4, así como de capa 7
- Las capas 5 y 6 se han perdido en la literatura, aunque conceptualmente existan protocolos que se asemejen

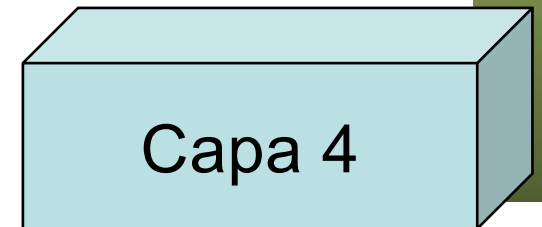


TCP/IP y OSI: Ejemplos



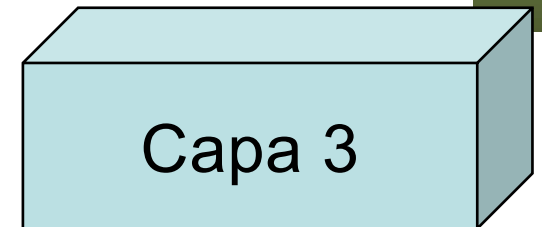
Layer 4

- OSI Transport layer
 - Ofrece transferencia de datos transparente
 - Fiable
 - Recuperación de errores
 - Control de flujo
 - Todo ello extremo a extremo



Layer 3

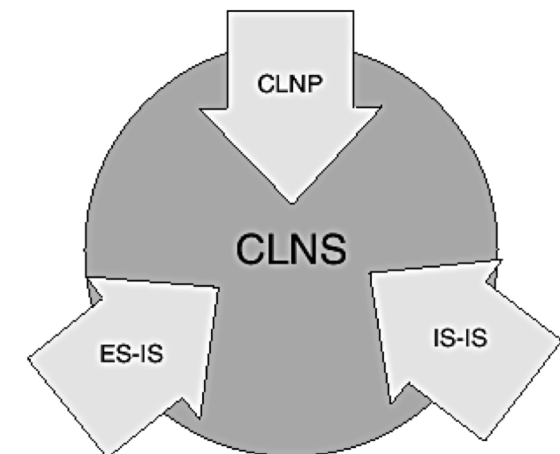
- OSI Network layer
 - Ofrece independencia a las capas superiores de la tecnología de conmutación y transmisión
 - Responsable de establecer, mantener y terminar conexiones



Layer 3 vs Layer 3

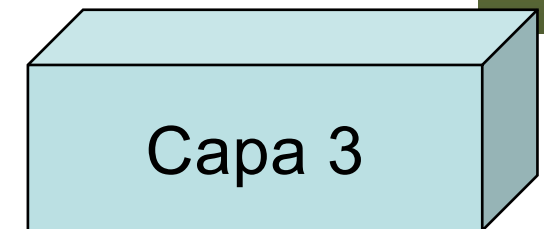
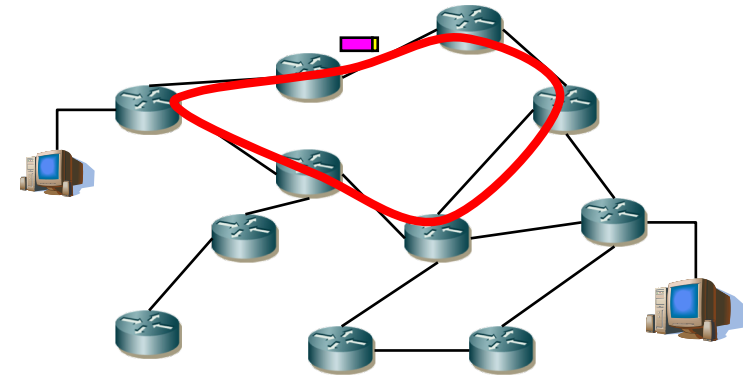


- ¿Sabéis qué es CLNP?
- *ConnectionLess Network Protocol*
- Protocolo de capa 3 de la pila OSI orientado a datagramas
- O sea, como IP pero en la familia OSI
- ¿Sabéis de qué tamaño son sus direcciones?
- 20 bytes (longitud variable)
- Las de IPv4 son de 4 bytes, las de IPv6 son de 16 bytes
- ¿Y qué tiene de malo?
- En su día (en los 90s) de hecho era mejor que IPv6 (mejores mecanismos de autoconfiguración, IS-IS, etc)
- ¿Por qué no se cambió a IPv6 entonces?
- ¿Y para qué se iba a cambiar?



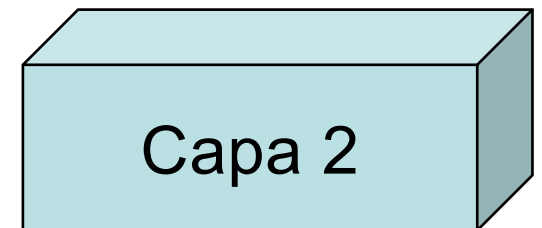
Layer 3: PDU básica

- Una dirección origen y destino
- Los datos
- Y también una cuenta de saltos
 - Algo que limite el número de saltos que dé el paquete, ¿por qué?
 - Con un algoritmo distribuido que calcula las rutas puede haber transitorios
 - Durante los cuales hay bucles
 - Y quieres que los paquetes atrapados en uno se descarten pronto



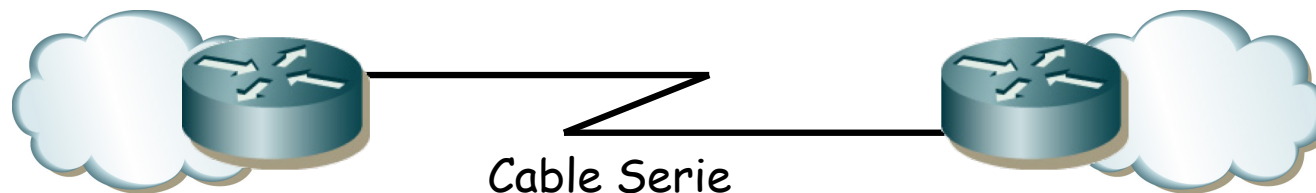
Layer 2

- OSI Data Link layer
 - Ofrece transferencia fiable a través de un enlace físico
 - Envía bloques (tramas)
 - Incluye sincronización, control de errores y control de flujo
- IEEE 802
 - Resuelve el control de acceso al medio (MAC)
 - Funcionalidades de control de conexión, flujo y errores (LLC)
- Veamos dos ejemplos: PPP y Ethernet



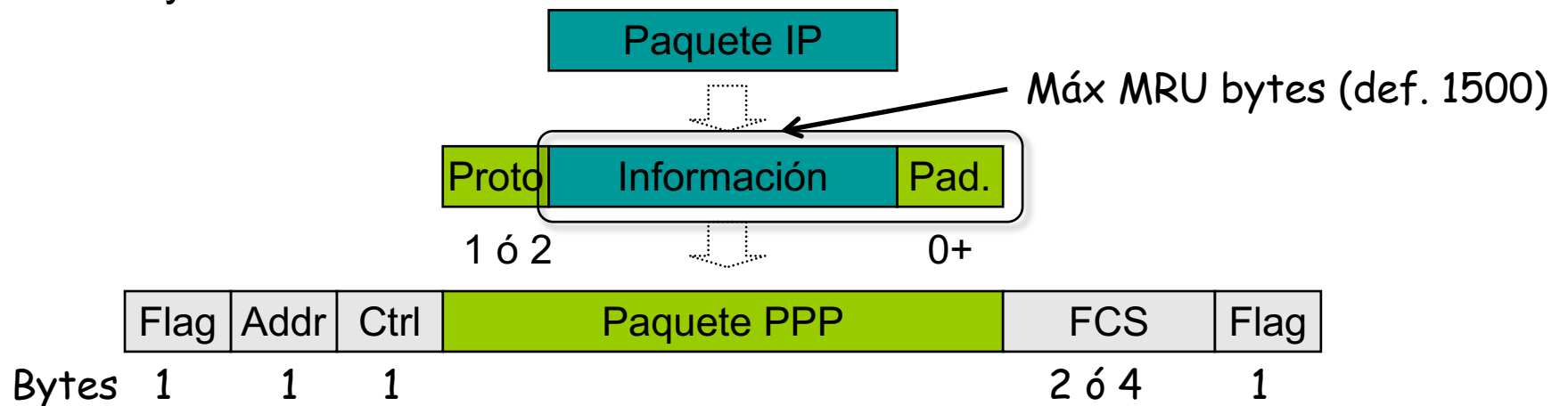
PPP como layer 2

- *Point-to-Point Protocol* (RFC 1661)
- Para enlaces simples entre dos extremos
- Los enlaces deben ofrecer full-duplex y entrega en orden
- PPP ofrece:
 - Framing
 - Multiplexación de varios protocolos
 - Protocolo de control del enlace (LCP) para establecer, configurar y comprobar el enlace de datos
 - Protocolos de control específicos para cada protocolo de red (NCP)



PPP: encapsulado

- Marca el comienzo y final de cada trama porque tal vez el nivel físico no sea capaz
- Por defecto encapsulado HDLC (RFC 1662)
 - Flag (0x7e)
 - Address (solo 0xff = All-Stations)
 - Control (solo 0x03 = Unnumbered Information con bit Poll/Final a cero)
 - FCS (calculado desde el campo Address)
- Byte Stuffing
 - Carácter de escape = 0x7d
 - En la secuencia entre los Flags se escapan todos los caracteres 0x7d y 0x7e



Ethernet “original”

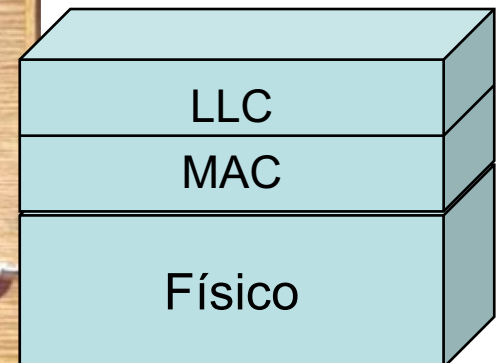
- Bus coaxial
- No hay conmutadores
- CSMA/CD (basado en ALOHA) (...)



Bob Metcalfe (siglo XXI)

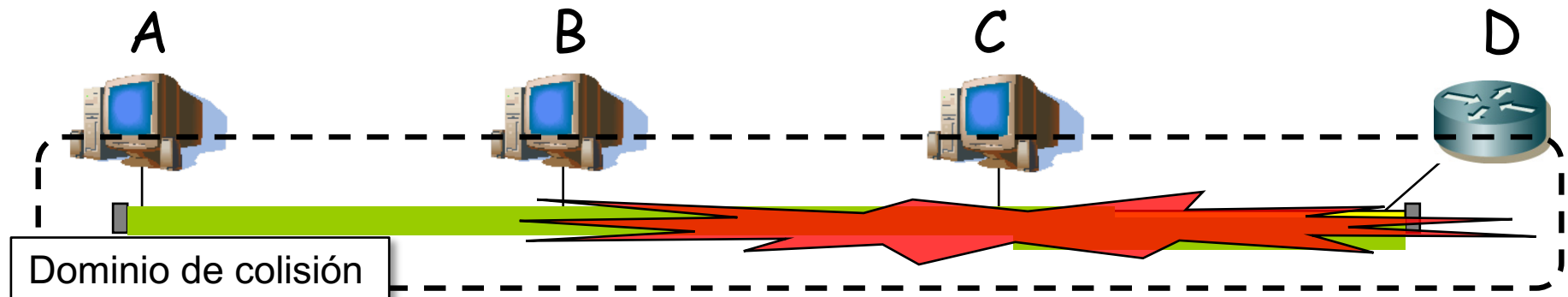
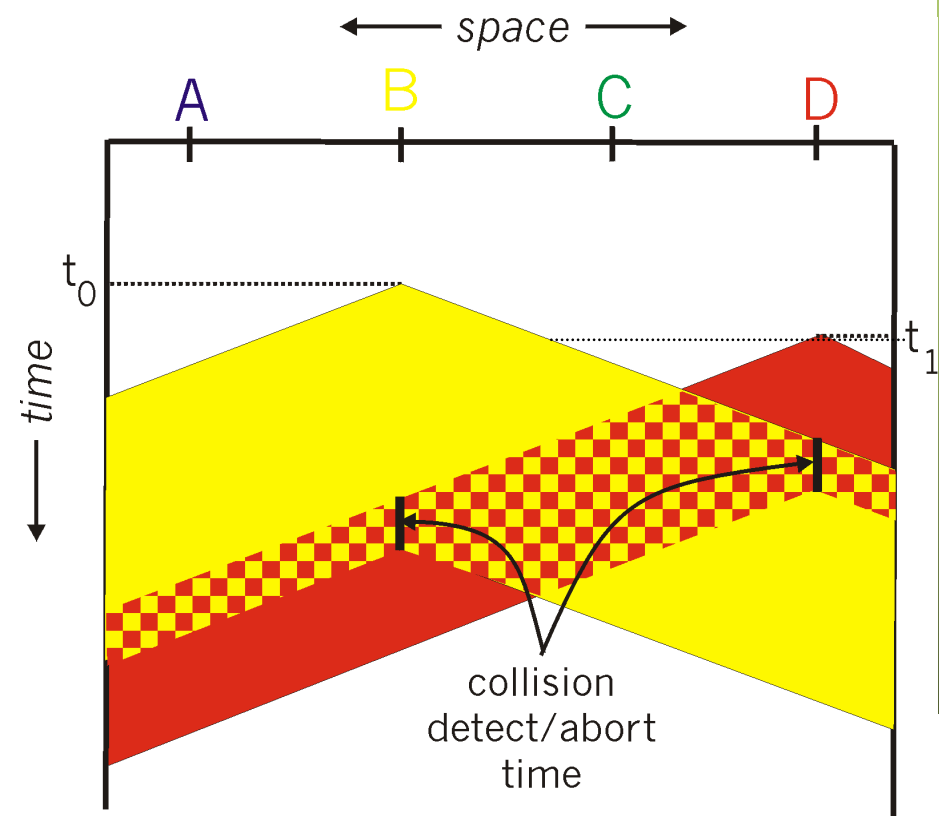


Bob Metcalfe (1973)



CSMA/CD

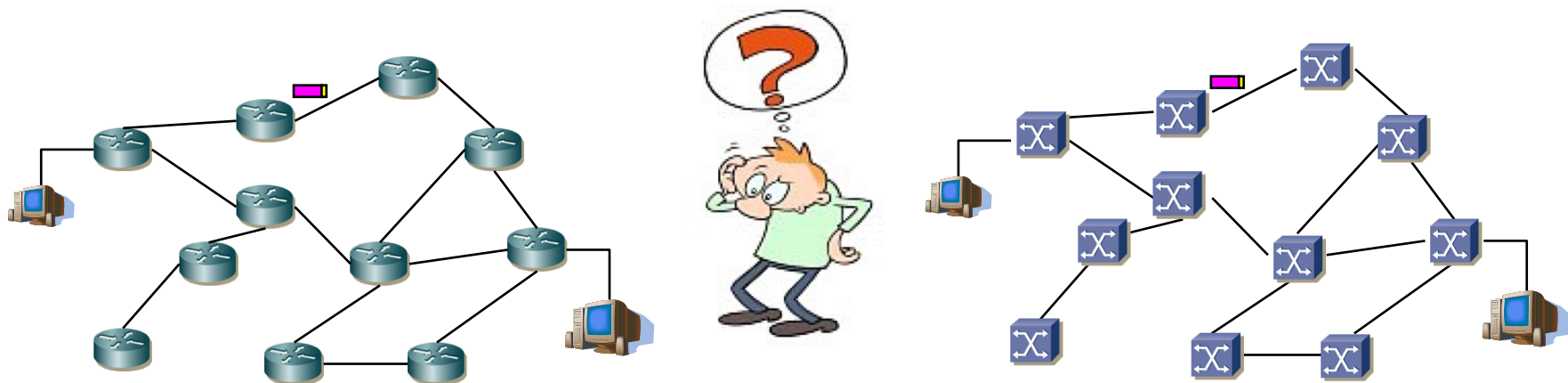
- *Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection*
- Canal inactivo: transmitir la trama
- C. ocupado: retrasar la transmisión
- Debido al retardo puede que un nodo no note que otro está transmitiendo
- Detecta si se produce una colisión mientras transmite
- Si hay colisión reintenta tras un tiempo aleatorio (*backoff*)



Ethernet hoy en día

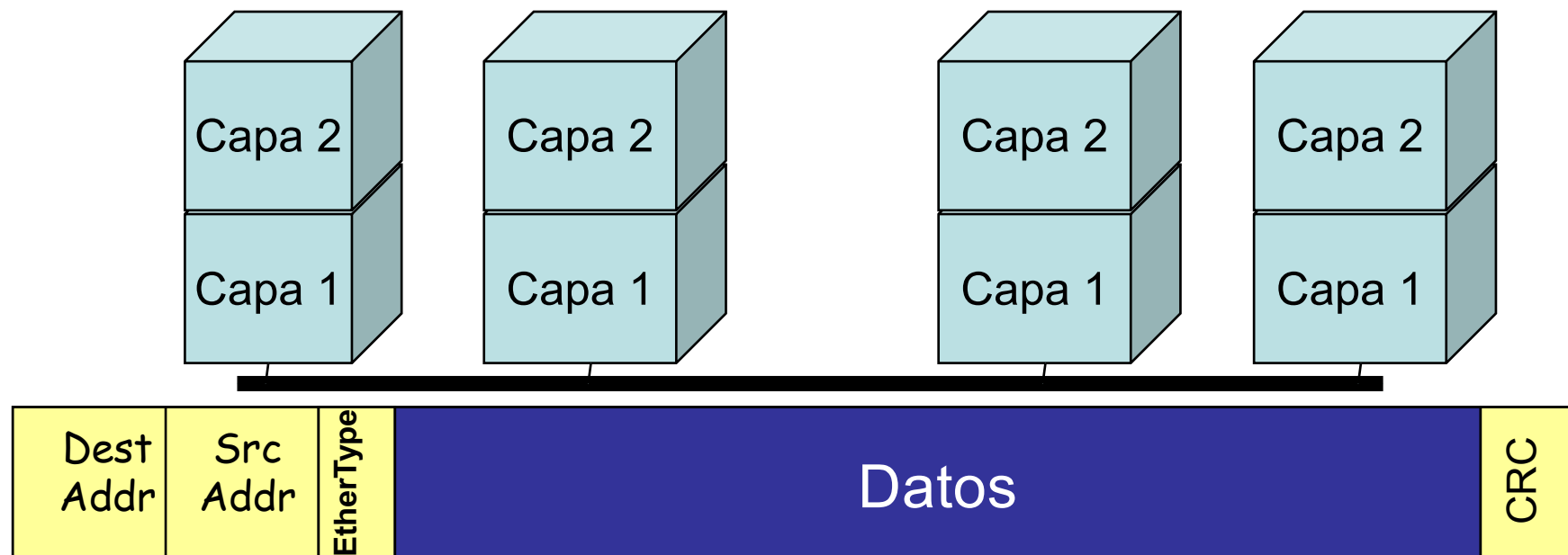
Ethernet hoy en día

- Decimos que es una solución de capa 2
- Pero hoy en día tenemos conmutadores de paquetes: bridges
- La trama Ethernet se parece mucho a una PDU capa 3
- Aunque no hay un TTL
- ¿Por qué decimos que es capa 2? ¿Cuál es exactamente la diferencia entre la capa 2 y la capa 3?



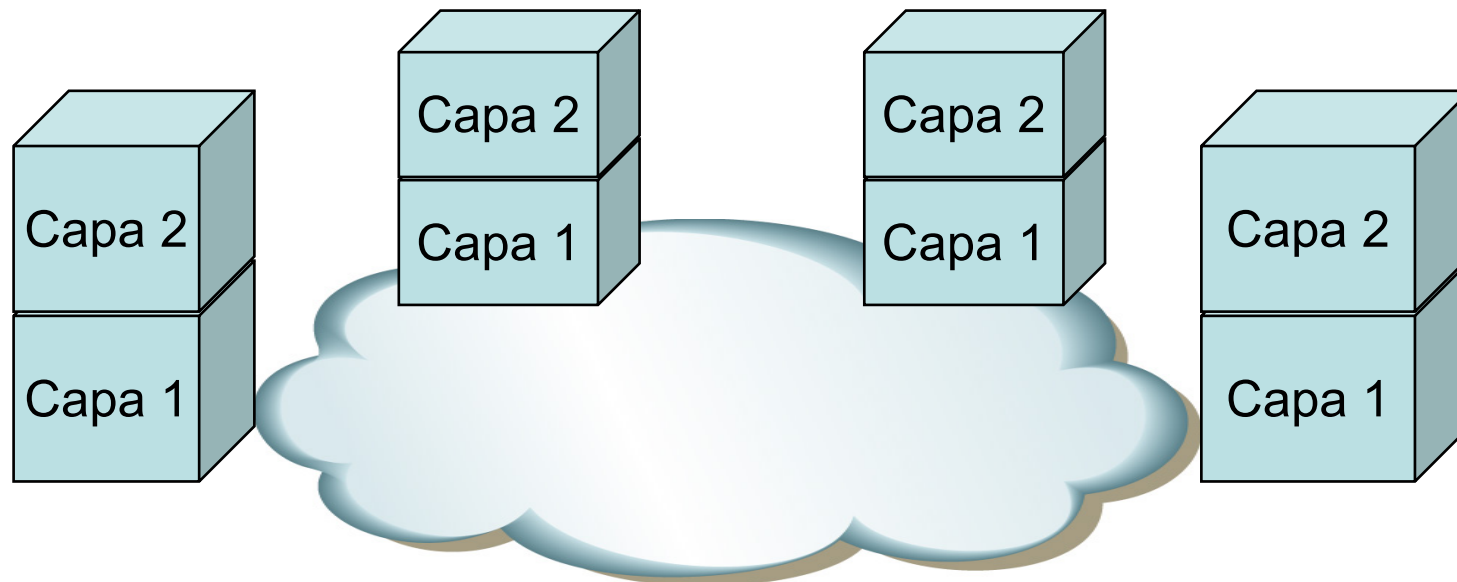
Ethernet

- Ethernet es para comunicar estaciones en el mismo enlace
- No se les ocurrió que alguien pudiera querer reenviar estos paquetes
- Necesita direcciones porque el medio es compartido con varias posibles estaciones
- No necesita TTL porque no hay posibilidad de bucles



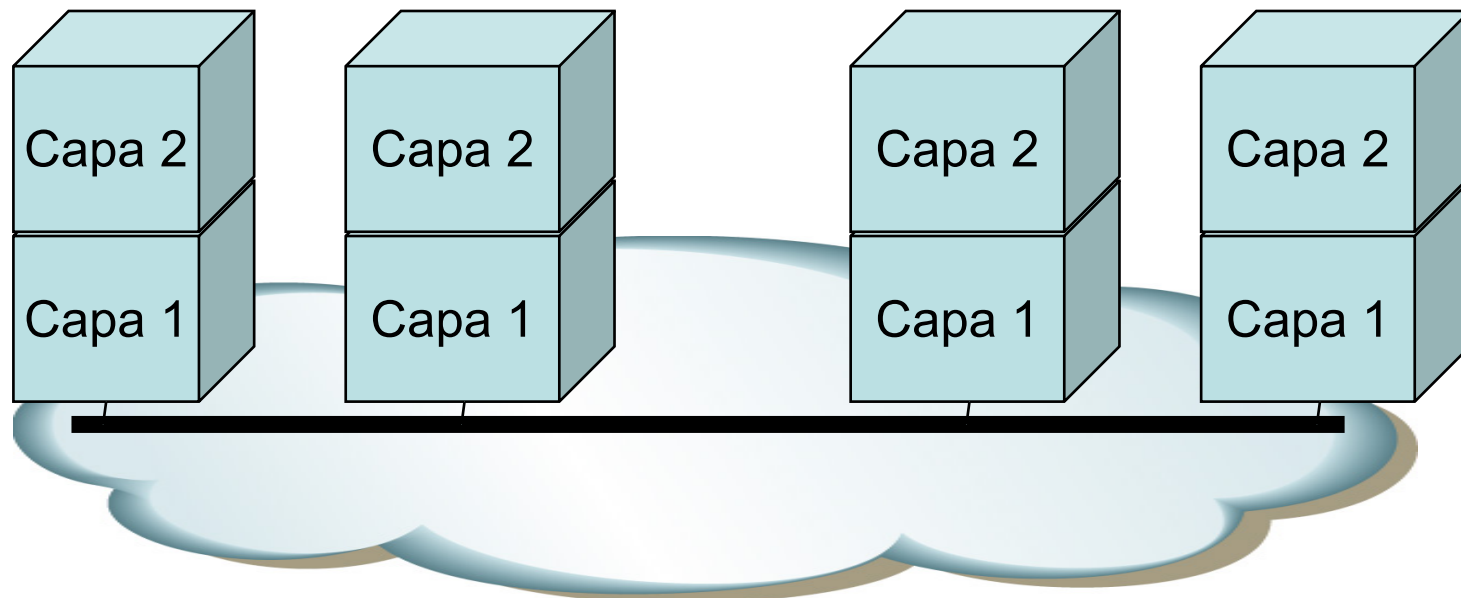
Ethernet es capa 2

- Pero la Ethernet original no era para un enlace, había una “Red de Área Local”, ¿no?
- Claro, el nivel de enlace resuelve el problema de estaciones que tienen un medio físico entre ellas (recordad el bus coaxial)
- La red de área local es ese segmento de coaxial o esos hubs



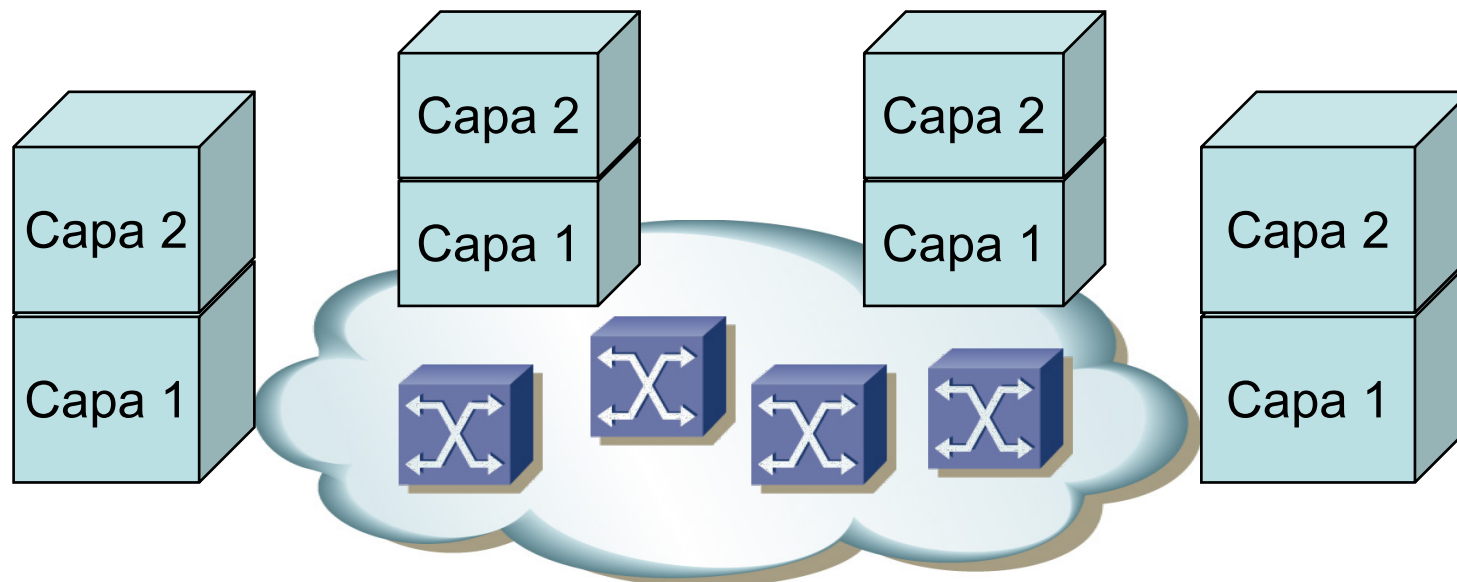
Ethernet es capa 2

- Pero la Ethernet original no era para un enlace, había una “Red de Área Local”, ¿no?
- Claro, el nivel de enlace resuelve el problema de estaciones que tienen un medio físico entre ellas (recordad el bus coaxial)
- La red de área local es ese segmento de coaxial o esos hubs



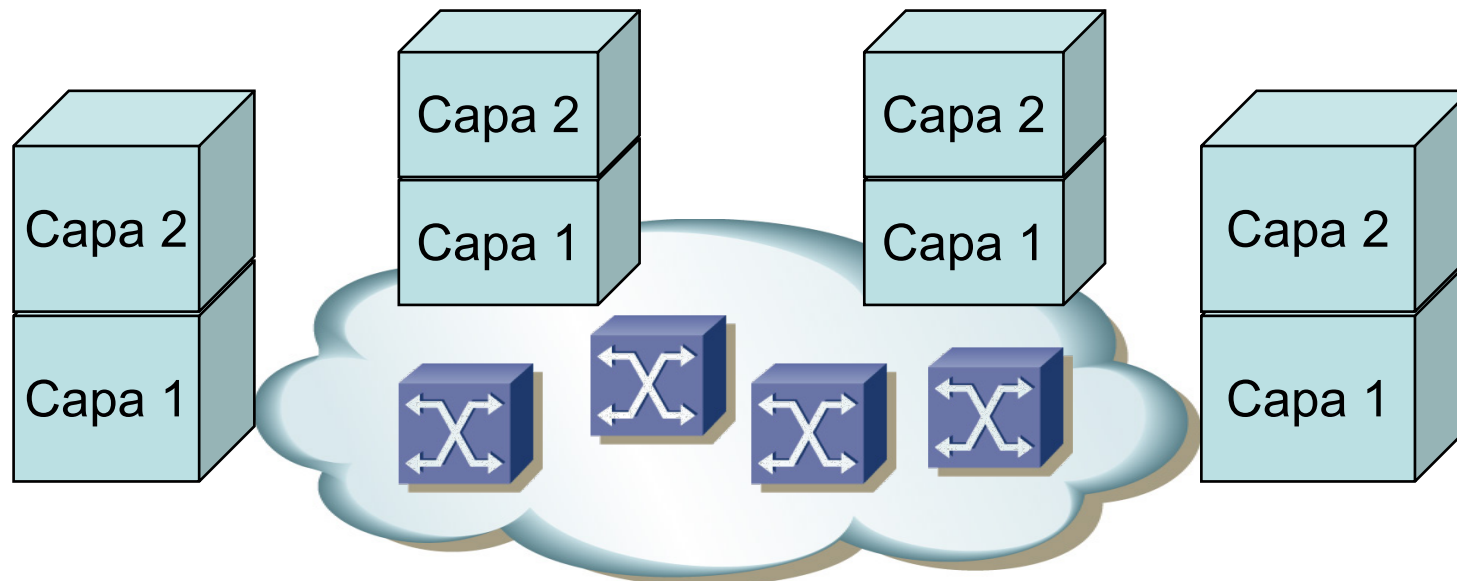
Ethernet es capa 2

- ¡ Pero esa red tiene conmutadores ! ¡ Haciendo almacenamiento y reenvío ! ¡ No me lées !



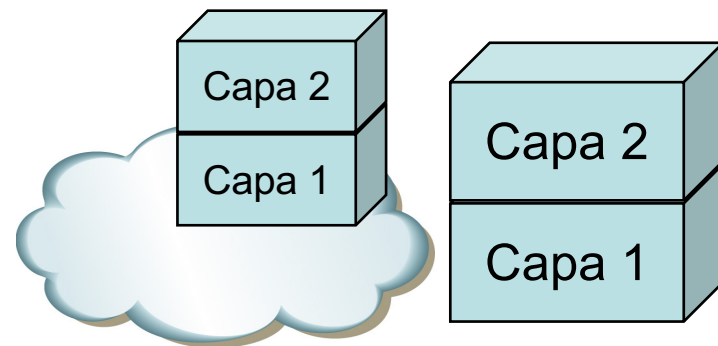
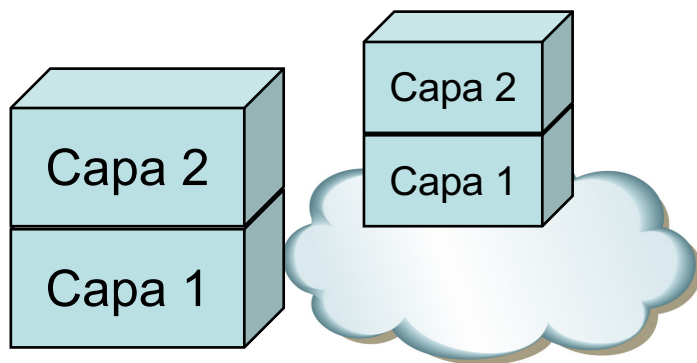
Ethernet es capa 2

- ¡ Pero esa red tiene conmutadores ! ¡ Haciendo almacenamiento y reenvío ! ¡ No me lées !
- ¿LAN Ethernet con conmutadores?
- Eso tiene de Ethernet 2 cosas:
 - El formato de la trama
 - El nombre
- La Ethernet como tal “murió” en los 90s con la introducción de los conmutadores y pronto veremos cómo, pero antes ...



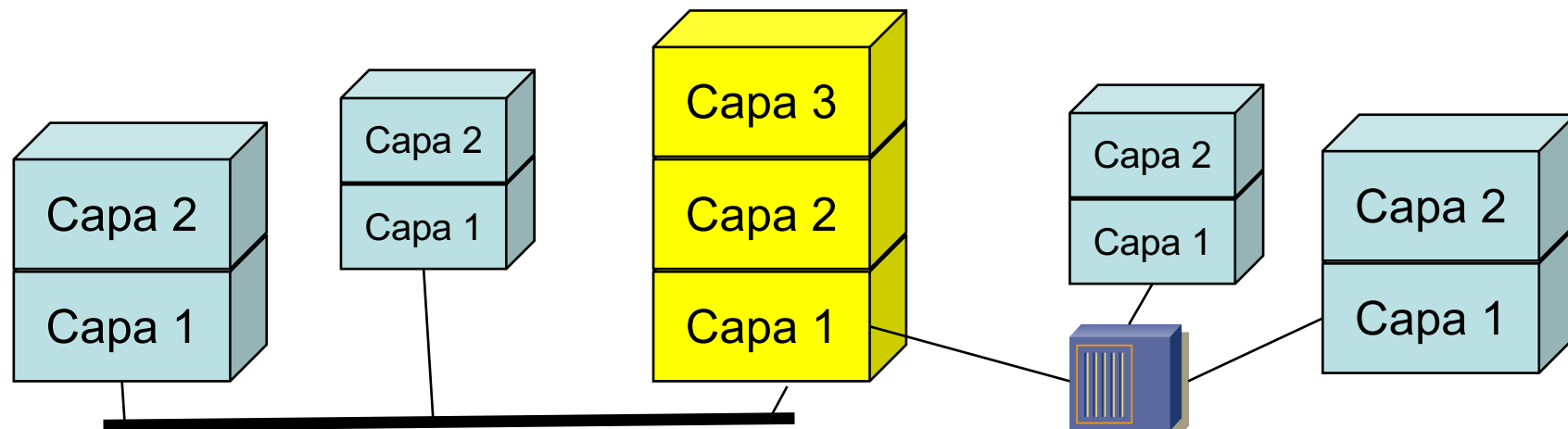
Ethernet vs Layer 3

- ¿Cómo “podría” ser la interconexión de LANs?
- En cada una de ellas tenemos el dominio de colisión Ethernet
- Es decir, el bus coaxial y posteriormente el/los hubs (...)



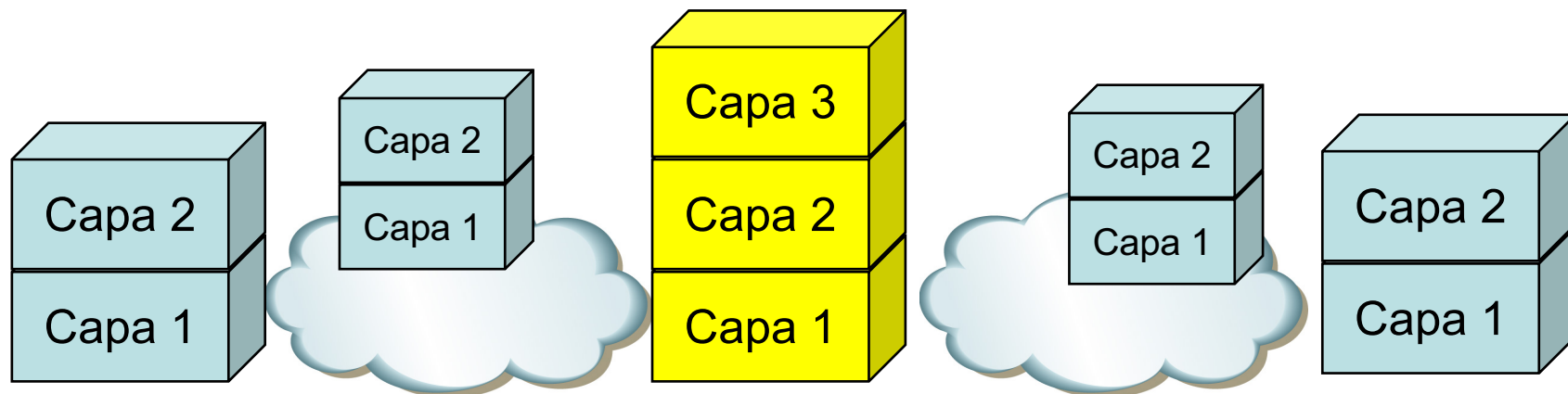
Ethernet vs Layer 3

- ¿Cómo “podría” ser la interconexión de LANs?
- En cada una de ellas tenemos el dominio de colisión Ethernet
- Es decir, el bus coaxial y posteriormente el/los hubs
- Interconectados por conmutadores capa 3 (...)
- Eso permitiría interconectar LANs Ethernet o con otras tecnologías
- (...)



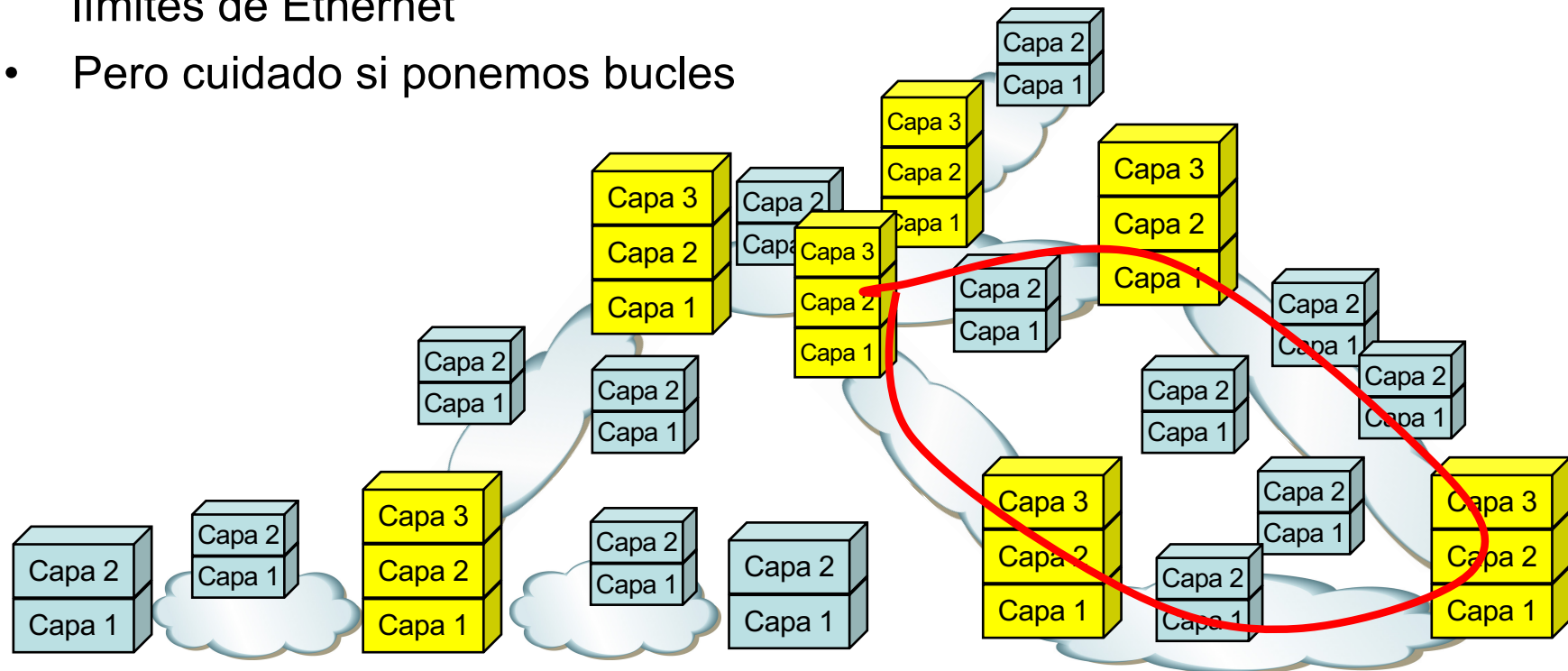
Ethernet vs Layer 3

- ¿Cómo “podría” ser la interconexión de LANs?
- En cada una de ellas tenemos el dominio de colisión Ethernet
- Es decir, el bus coaxial y posteriormente el/los hubs
- Interconectados por conmutadores capa 3
- Eso permitiría interconectar LANs Ethernet o con otras tecnologías
- Necesitaríamos el formato para el protocolo de capa 3



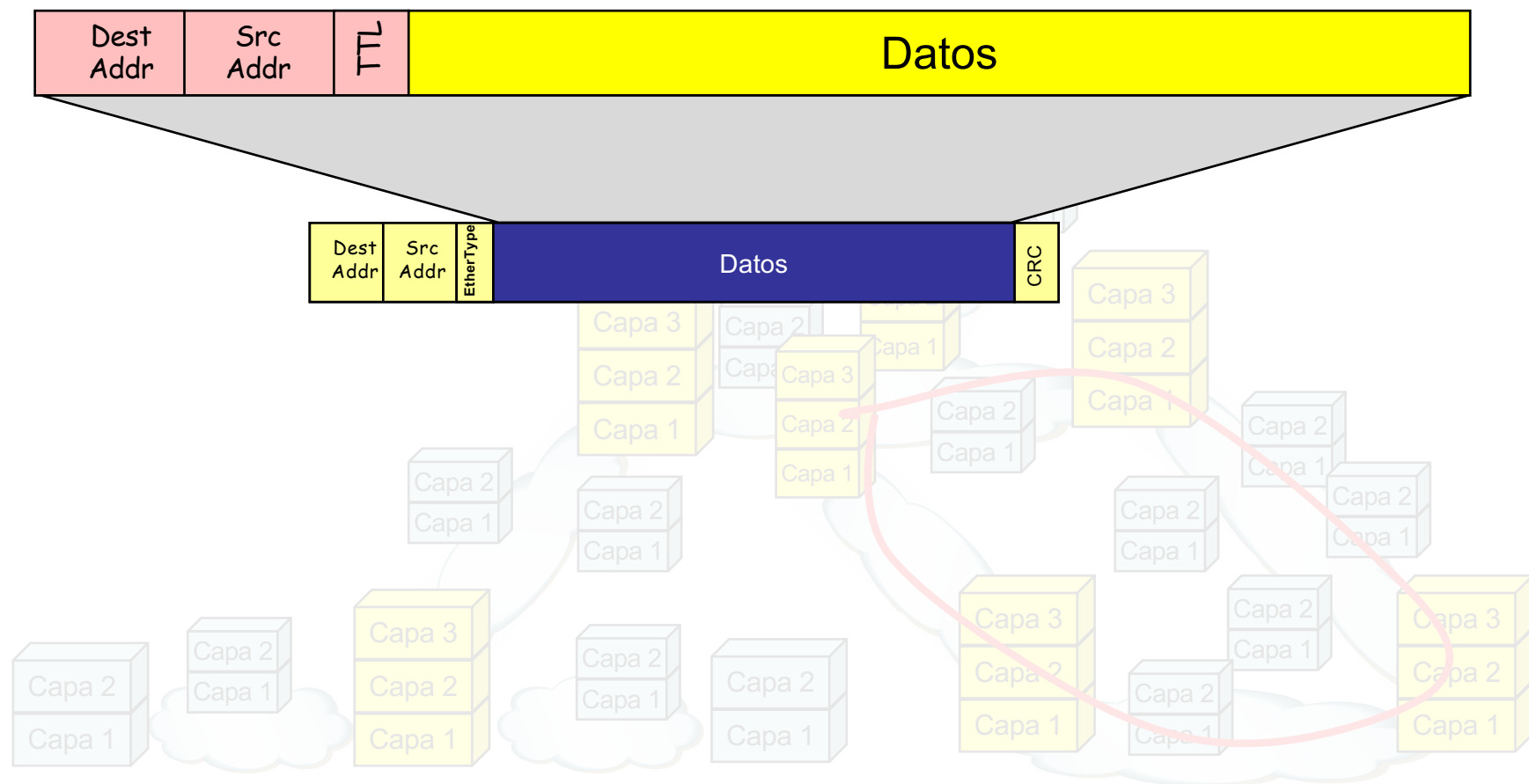
Ethernet vs Layer 3

- ¿Cómo “podría” ser la interconexión de LANs?
- En cada una de ellas tenemos el dominio de colisión Ethernet
- Es decir, el bus coaxial y posteriormente el/los hubs
- Interconectados por conmutadores capa 3
- Eso permitiría interconectar LANs Ethernet o con otras tecnologías
- Necesitaríamos el formato para el protocolo de capa 3
- Y podríamos hacer más grande la topología pues no tenemos los límites de Ethernet
- Pero cuidado si ponemos bucles



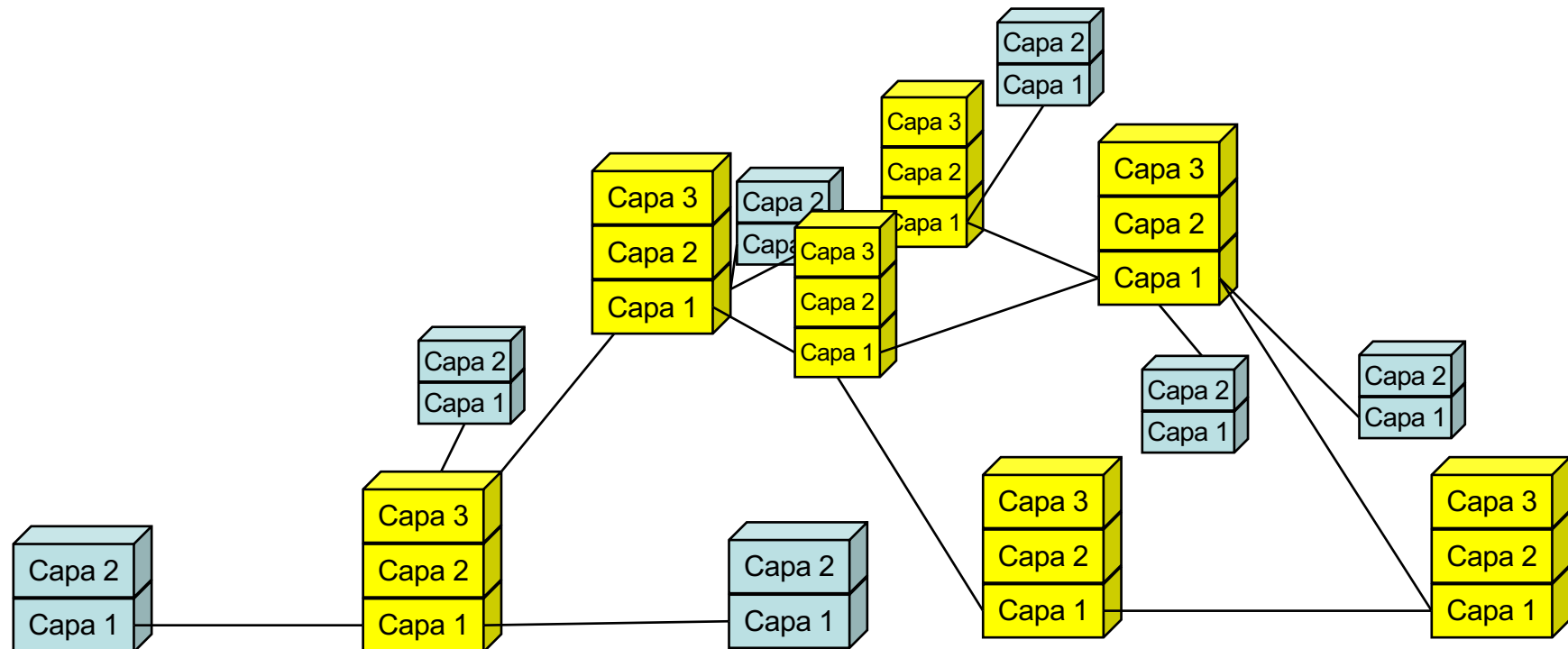
Ethernet vs Layer 3

- Ok, necesitamos protocolos de encaminamiento dinámico
- Y mejor que le pongamos un TTL a esa PDU de capa 3
- Por supuesto esta PDU de capa 3 va dentro de la PDU de capa 2 en cada enlace
- O sea, en el caso Ethernet dentro de la trama Ethernet



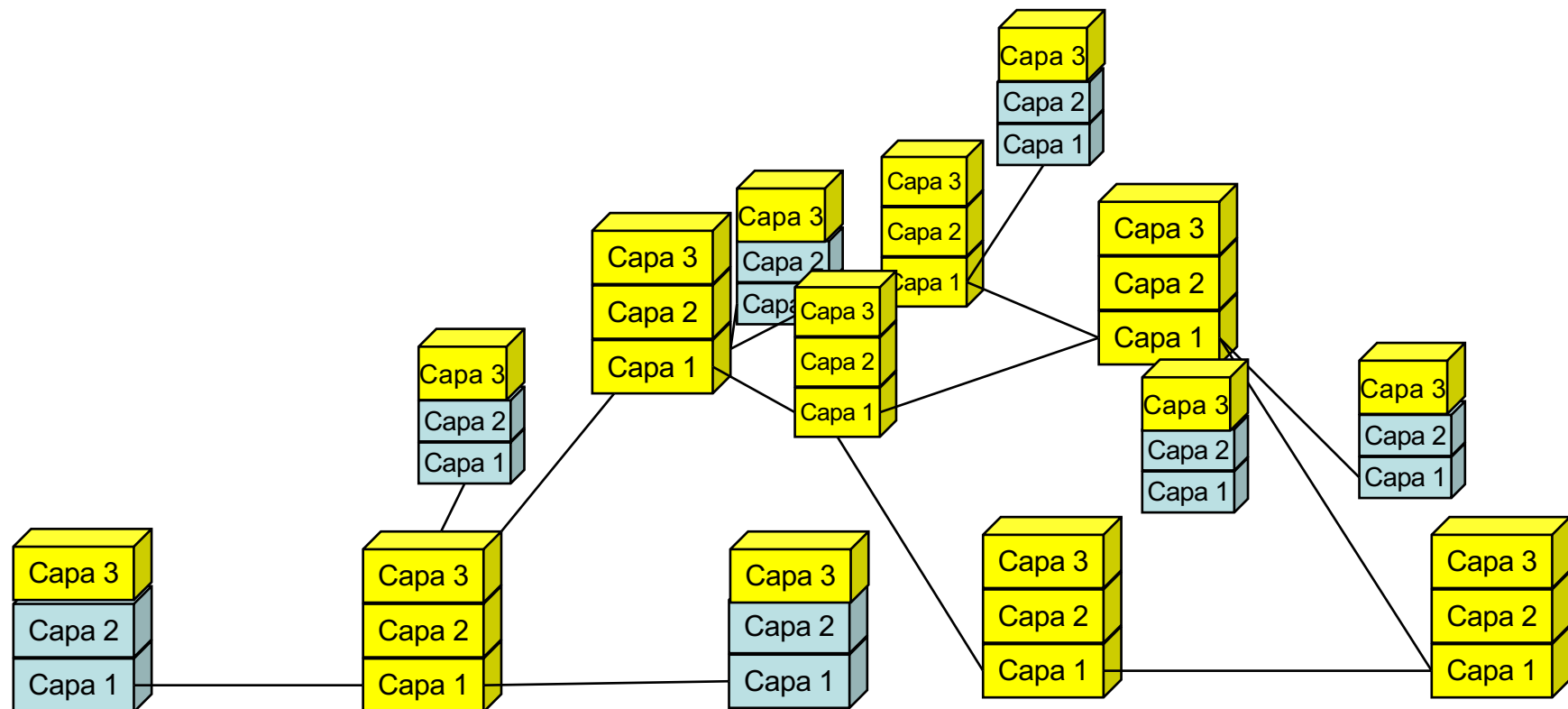
Ethernet vs Layer 3

- ¿Y es esto lo que tenemos hoy en día en las LANs Ethernet?
- Hemos reducido los dominios compartidos a un enlace con solo una estación
- Además el enlace es full-duplex con lo que no hace falta CSMA/CD
- ¿Los equipos son conmutadores capa 3?



Ethernet vs Layer 3

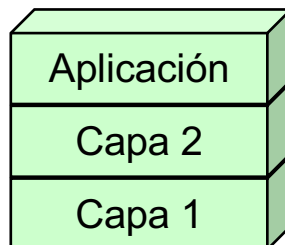
- Mayormente los equipos son conmutadores capa 2
- ¿Por qué?
- Emplear conmutadores capa 3 requiere que los hosts implementen ese protocolo de capa 3
- Veamos esto con perspectiva histórica...



Una historia de dos puentes

Ethernet vs Layer 3

- En los 80s-90s Ethernet tenía éxito
- Se quería mejorar su rendimiento
- Aislar los dominios de colisión lo permitiría
- ¿Con un conmutador de capa 3?
- El problema de un protocolo de capa 3 es que lo tienen que implementar los hosts
- No había un protocolo dominante en capa 3 (bueno, tampoco lo había todavía en capa 2 para LAN, pero eso es otro tema)



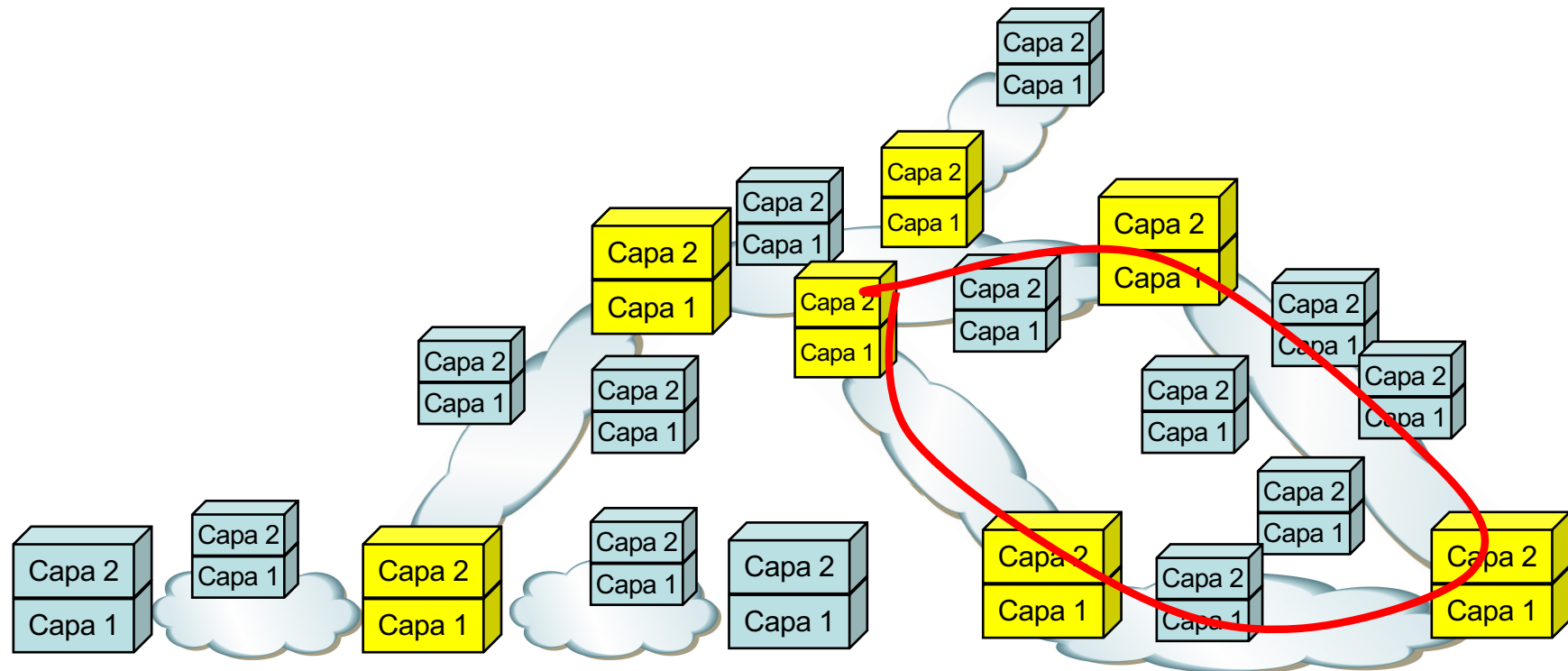
Ethernet vs Layer 3



- Podéis oír la historia por Radia Perlman:
 - https://youtu.be/L_zacX9DcZA
- Trabajaba en la capa 3 (en los 80s en Digital Eq. Corp.)
- Pero entonces parecía que valía con la capa 2 de Ethernet
- Muchas aplicaciones se construían sobre la capa 2
- *“...and I said: but you may wanna talk from one Ethernet to another! And they said: our customers will never wanna do that”*
- *“...my manager says to me: Radia we need to design a magic box that will sit between two Ethernets and let somebody on one talk to somebody on another. Which is of course a router, but a router only works if the end-node is doing the same layer 3 protocol as the router”*
- *“We had to invent a box that was not allowed to modify the Ethernet packet in any way”*
- Y así nació el puente Ethernet (y con él más tarde el conmutador)

Ethernet vs Layer 3

- ¿Y los bucles?
- Tendríamos problemas con un protocolo de encaminamiento como los de capa 3 pues la trama Ethernet no tiene un TTL
- Así que se diseñó (Radia, en un par de días) un protocolo para eliminar esos ciclos
- (...)



Ethernet vs Layer 3

- ¿Y los bucles?
- Tendríamos problemas con un protocolo de encaminamiento como los de capa 3 pues la trama Ethernet no tiene un TTL
- Así que se diseñó (Radia, en un par de días) un protocolo para eliminar esos ciclos
- Sí, el “*Spanning Tree Protocol*”
- Radia Perlman firma más de 100 patentes, ha recibido premios como los “Lifetime Achievement award” tanto de Usenix como del ACM SIGCOMM y está en el “Internet Hall of fame” de la ISOC

Algorhyme

*I think that I shall never see
A graph more lovely than a tree.
A tree whose crucial property
Is loop-free connectivity.
A tree that must be sure to span
So packets can reach every LAN.
First, the root must be selected.
By ID, it is elected.
Least-cost paths from root are traced.
In the tree, these paths are placed.
A mesh is made by folks like me,
Then bridges find a spanning tree.*

Radia Perlman





Layer 2 ↔ Layer 3



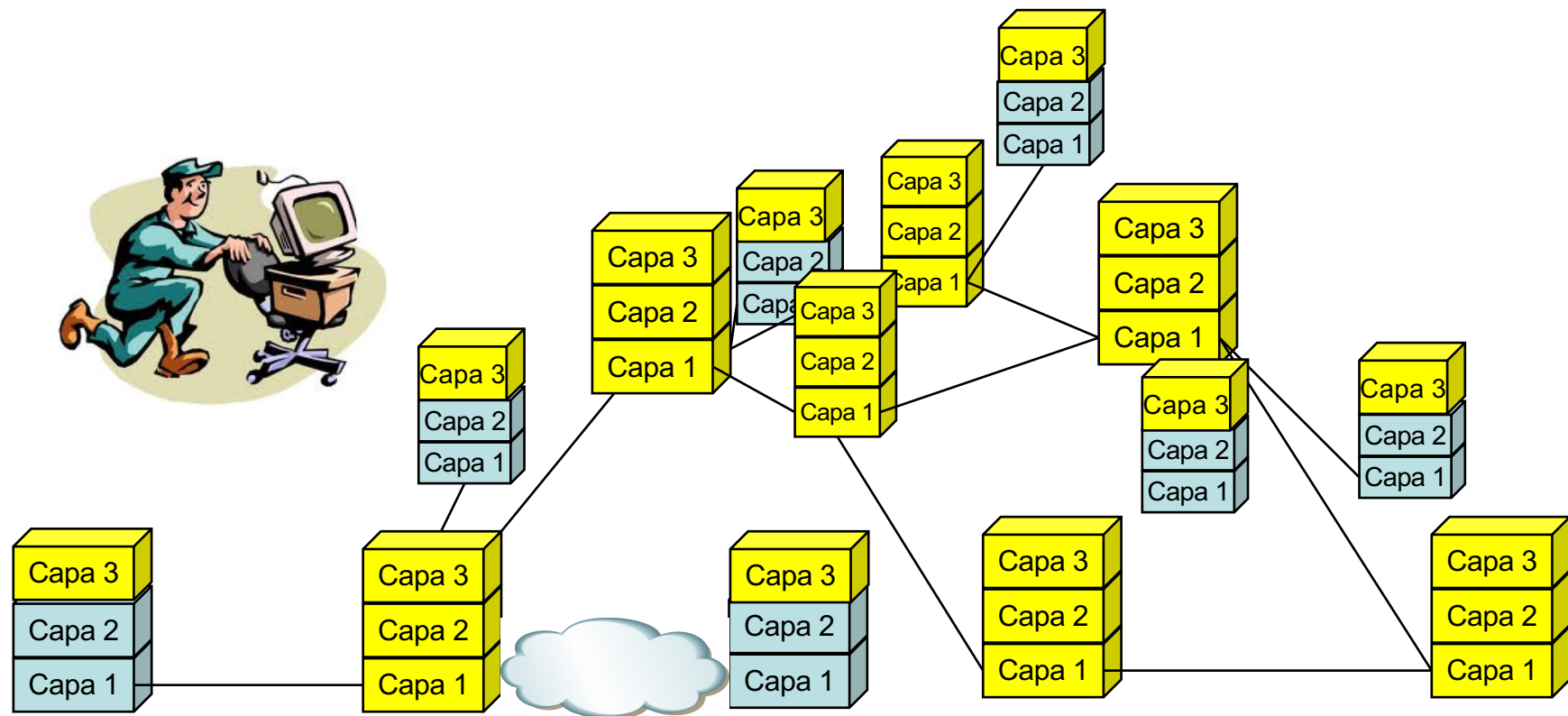
100

- 100



Layer 2 vs Layer 3

- Hay ventajas en mantener una LAN
- Por ejemplo, el movimiento de hosts
- Con IPv4 tenemos un problema:
 - Cada enlace es una subred
 - Si un host cambia de enlace debe cambiar su dirección capa 3
 - ¿Por qué? (...)



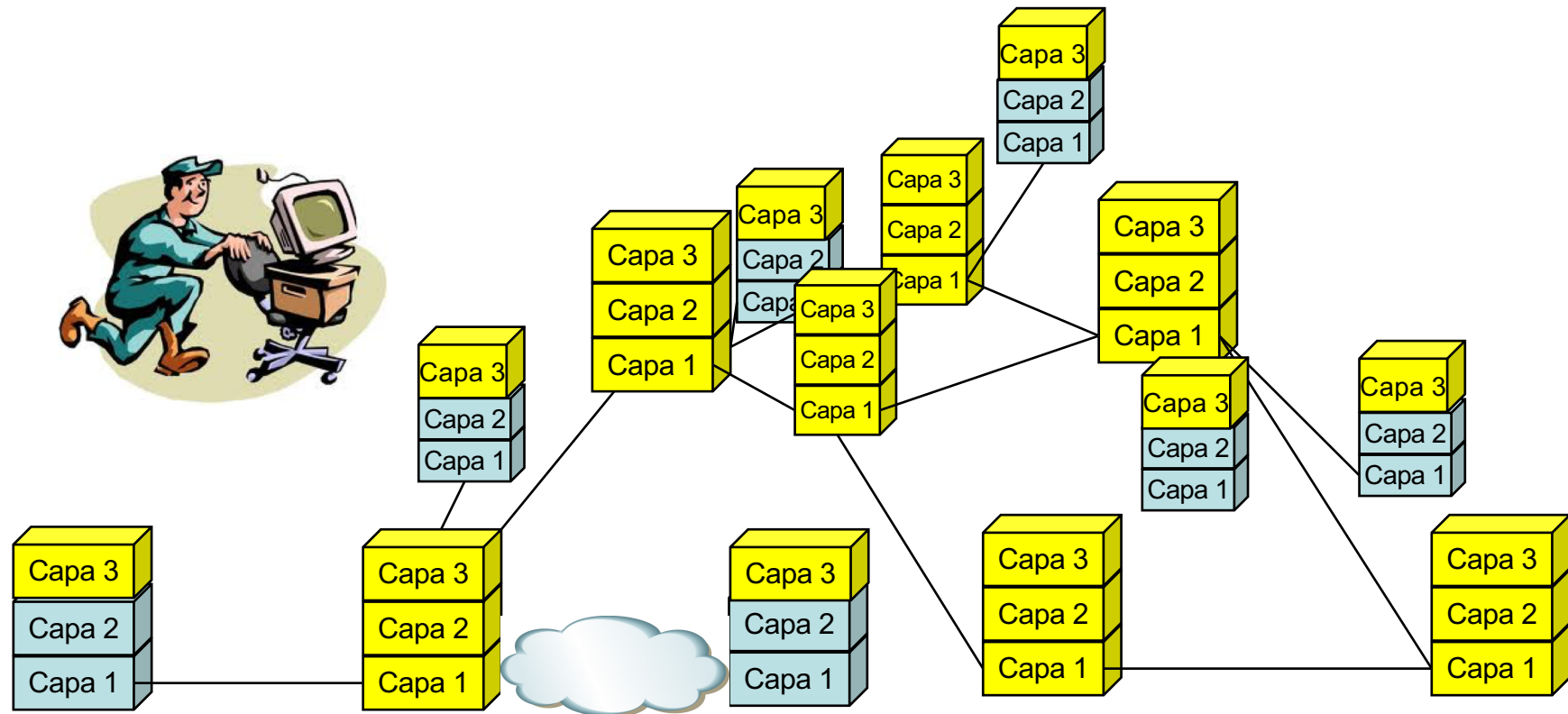
Names, IDs, Locators

- Existen diferentes tipos de “direcciones” (*addresses*)
- En el sentido de que diferentes protocolos las definen y emplean de distinta forma
- IDs
 - Identifican al nodo
 - No cambian al trasladar al nodo
 - Por ejemplo las direcciones MAC Ethernet, el número de teléfono de un móvil
- Locators
 - Identifican al nodo relativo a dónde se encuentra en la topología
 - Cambian al trasladar al nodo a otra posición en la topología
 - Por ejemplo las direcciones IP, un número de teléfono fijo
- Names
 - Puede no haber unicidad de nodo de red
 - Ejemplo: nombres DNS, nombres CIFS



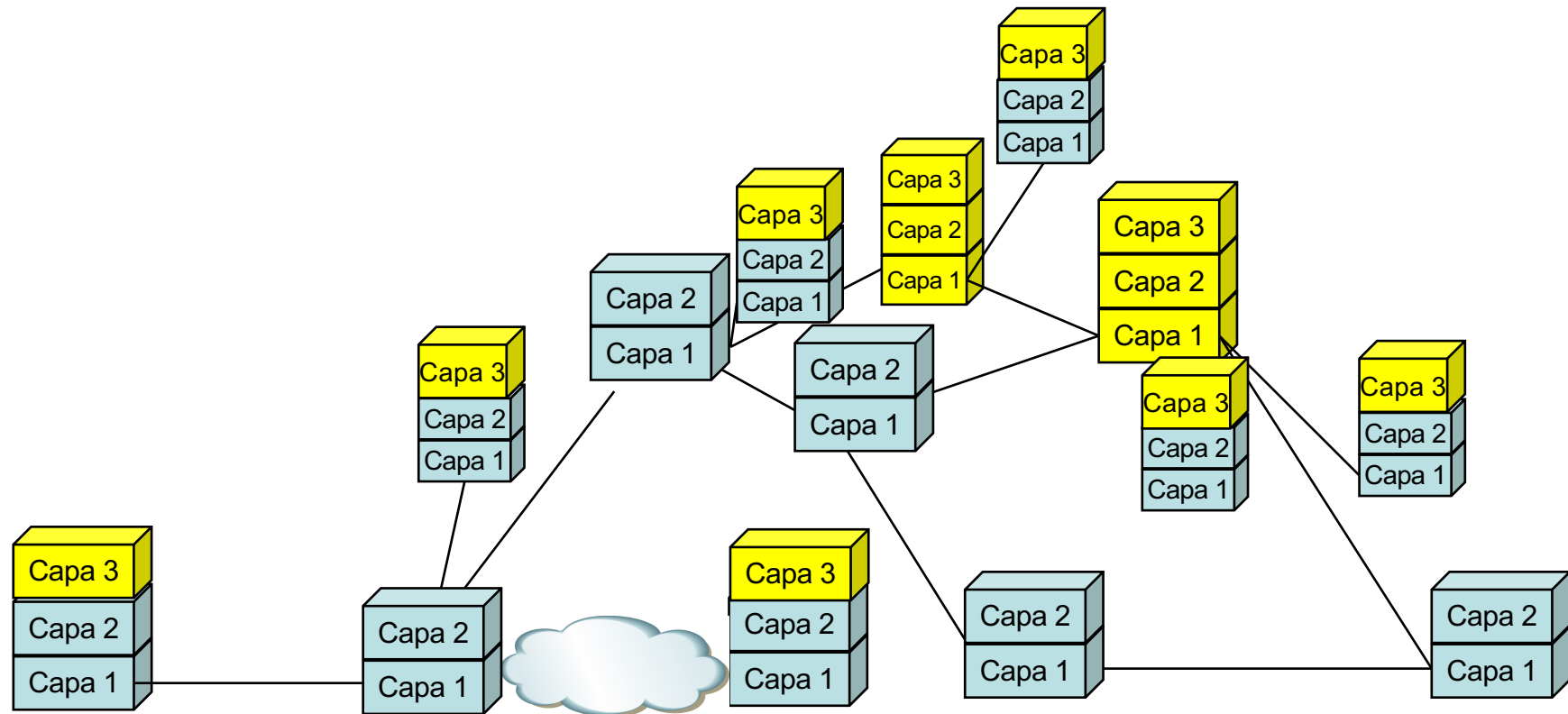
Layer 2 vs Layer 3

- Con IPv4 no podemos mover un host y mantener su dirección de capa 3 fácilmente
- ¿Pero queremos mover hosts frecuentemente?
 - Veremos que movemos máquinas virtuales
 - Para que mantengan la dirección IP tienen que seguir en la misma subred IP, es decir en la misma LAN (VLAN)



Layer 2 vs Layer 3

- Entonces tenemos que mantener ciertos dominios capa 2
- Pero dentro del dominio capa 2 Ethernet tendremos STP y eso nos deshabilita enlaces
- Veremos soluciones para mejorar la LAN Ethernet sin emplear STP

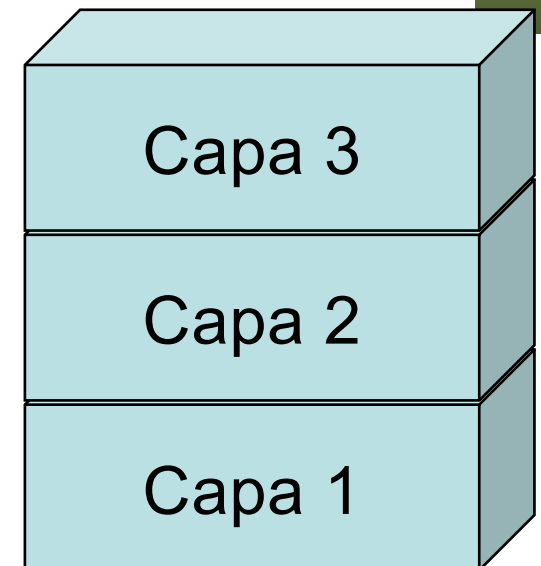


Es decir

- Ethernet era en un medio compartido, pero ahora tenemos conmutadores con enlaces punto-a-punto a cada host
- Ethernet empleaba CSMA/CD, pero eso ya no hace falta por el full-duplex
- Los conmutadores Ethernet intentan hacer el trabajo de un equipo que conmute en capa 3
- Pero no había un protocolo de capa 3 así que tenía que hacerlo sin él y sin modificar la trama
- Esto llevó al funcionamiento del *learning bridge* que conocemos y al *Spanning Tree Protocol*
- ¿ Ethernet es capa 2 ?

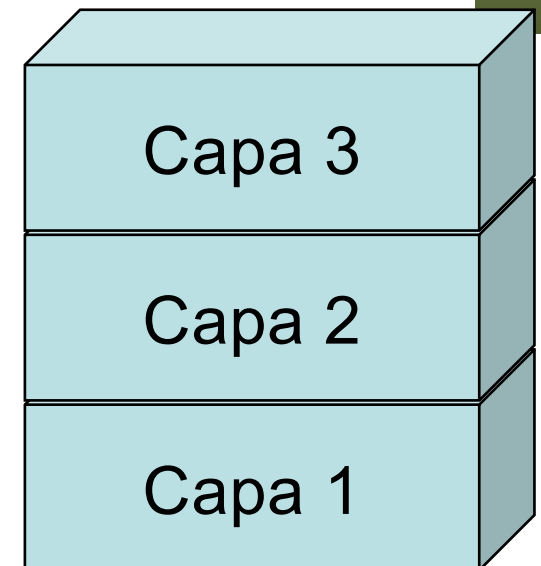
¿ Ethernet es capa 2 ?

- Originalmente sí, y seguimos llamándolo así
- ¡ No le digáis a nadie que no lo es !
- Pero que entendáis que lo que hace se sale de lo que sería capa 2 (veremos más adelante los cambios que le hemos hecho en los últimos años)
- ¿ Es capa 2 porque lleva dentro IP que es capa 3 ?
- ¿ Es capa 2 porque por debajo está un nivel físico ?



¿ Ethernet es capa 2 ?

- ¿ Es capa 2 porque lleva dentro IP que es capa 3 ?
 - ¿ IP es capa 3 ? No me hagáis hablar...
- ¿ Es capa 2 porque por debajo está un nivel físico ?
 - Podemos transportar Ethernet sobre MPLS
 - MPLS pueden ser simples paquetes IP

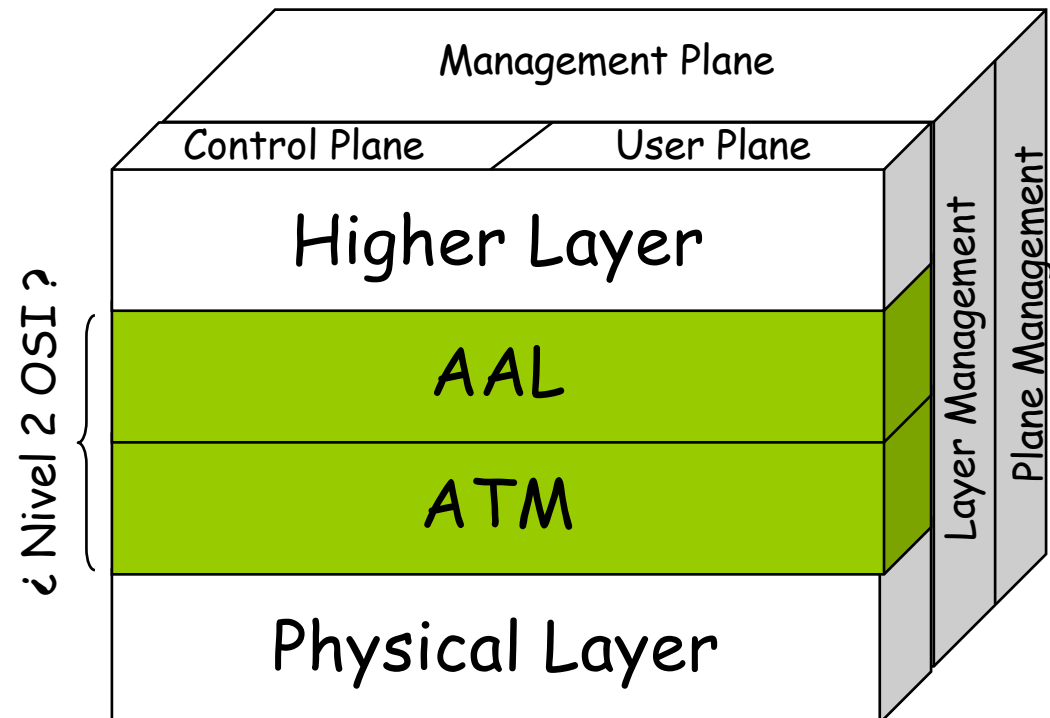


¿ Ethernet es capa 2 ?

- Vale, pero no hay más casos...

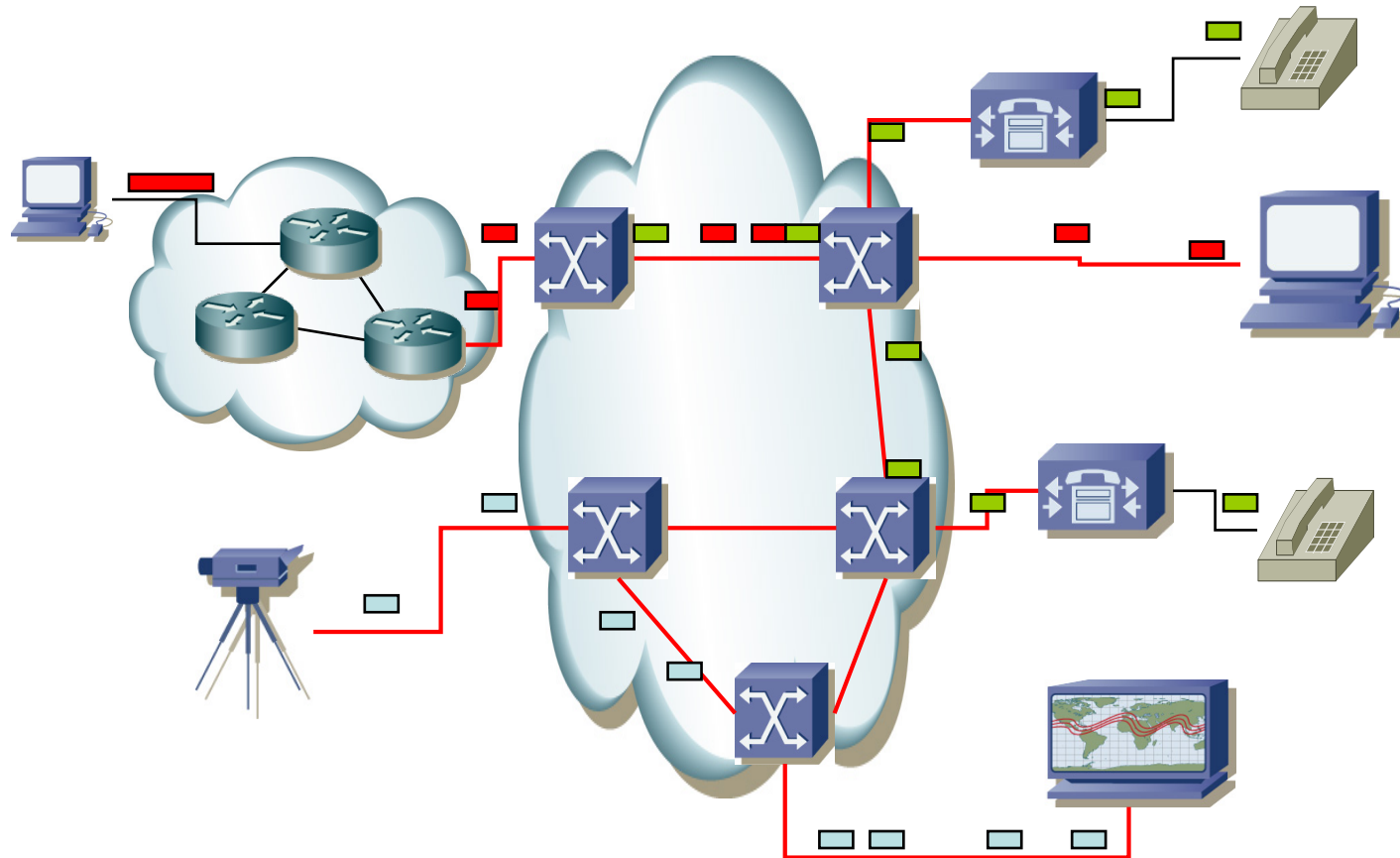
¿ ATM de qué capa es ?

- Tiene su propia arquitectura
- Nivel ATM se representa sobre nivel físico así que es capa 2, claro...



¿ ATM de qué capa es ?

- Tenemos conmutación
- Hay circuitos virtuales
- Hay protocolo de encaminamiento dinámico
- Esto parecen funciones de una capa 3



¿ ATM de qué capa es ?

- Pero si lo empleamos para establecer circuitos punto a punto
- Y transportar IP sobre ellos
- Para IP parece una capa 2 en un enlace punto a punto
- Da las funciones del nivel de acceso del host a la red

