

¿Ethernet es capa 2?

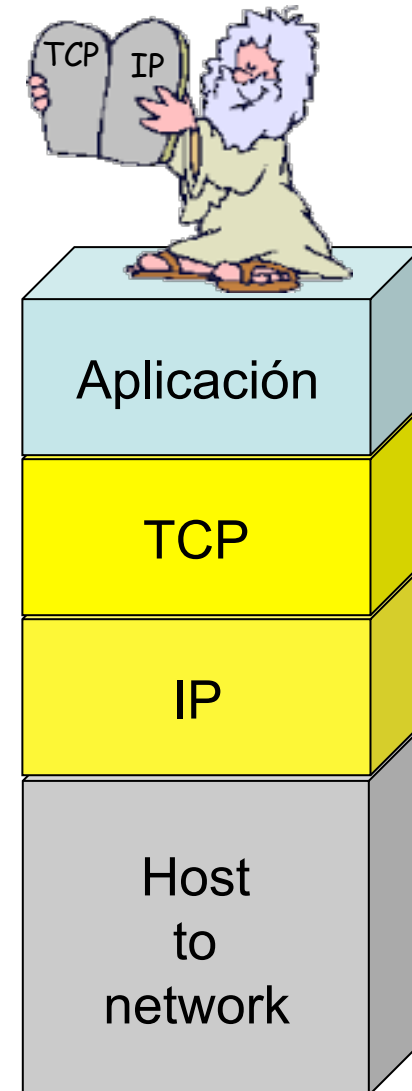
Area de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Máster en Ingeniería de Telecomunicación

Arquitecturas de capas de protocolos

TCP/IP

- Vamos a hablar de Internet
- Eso quiere decir hablar de TCP/IP
- ¿TCP/IP cayó del cielo?



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.

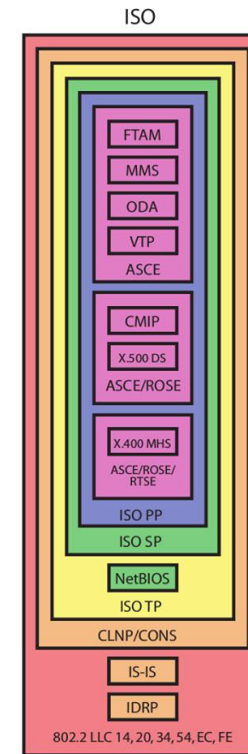
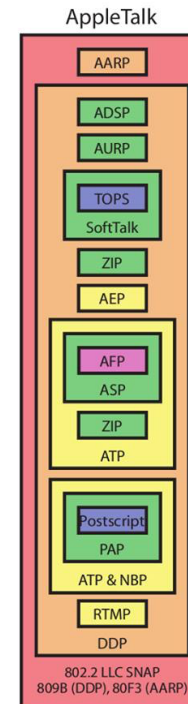
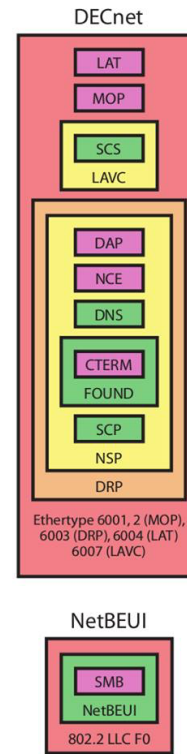
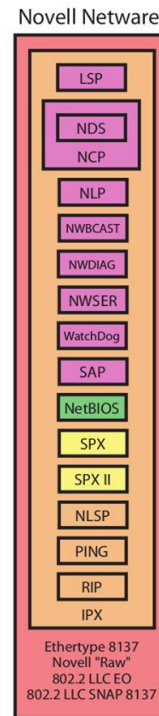
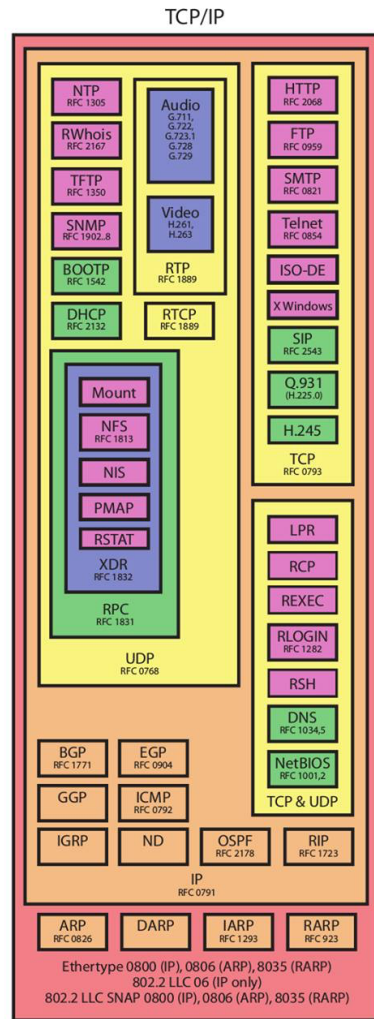
Layer 5 Session
Establishes sessions between services. Synchronizes and performs translations for naming services

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

Layer 3 Network
Addresses and routes datagrams. 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.

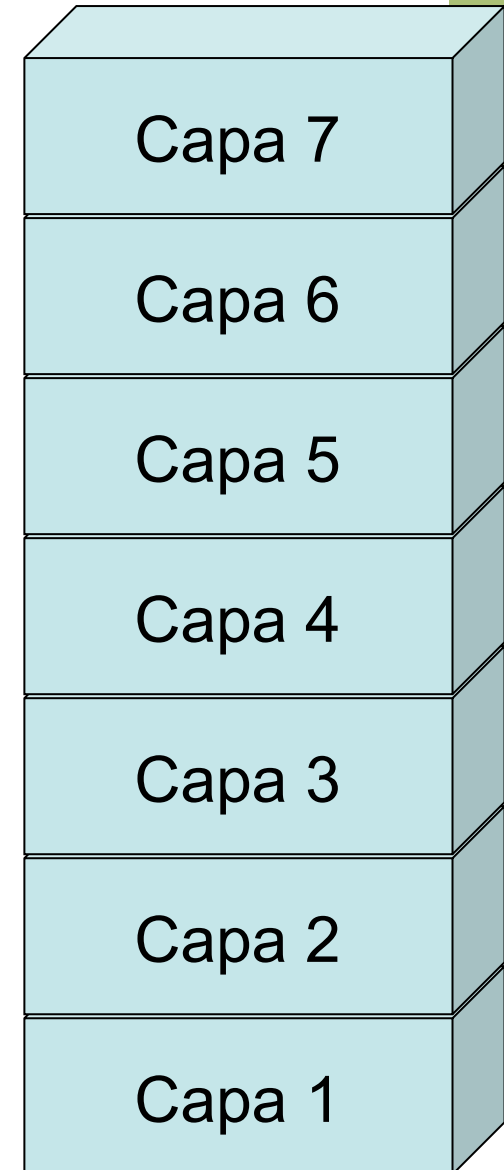
Layer 1 Physical
Defines connection, electrical, and wiring specifications. Operates in units of bits.



AARP	AppleTalk Address Resolution Protocol	IARP	Inverse Address Resolution Protocol	NLP	NetWare Lite Protocol	RTSE	Reliable Transfer Service Element
ADSP	AppleTalk Data Stream Protocol	ICMP	Internet Control Message Protocol	NLSF	NetWare Link State Protocol	RWHOIS	Remote Whois
AEP	AppleTalk Echo Protocol	IDRP	Interdomain Routing Protocol	NTTP	Network Time Protocol	SAP	Service Advertisement Protocol
AFP	AppleTalk Filing Protocol	IGRP	Interior Gateway Routing Protocol	NWBCAST	NetWare Broadcast Message Notification	SIP	Session Initialization Protocol
ARP	Address Resolution Protocol	IP	Internet Protocol	NWDIAG	NetWare Diagnostic Support Protocol	SMB	Server Message Block
ASCE	Association Control Service Element	IPX	Internet Packet Exchange	NWSE	NetWare Sequencing Protocol	SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
ASP	AppleTalk Session Protocol	IS-IS	Intermediate System to Intermediate System Routing	ODA	Office Document Architecture	SNMP	Simple Network Management Protocol
ATP	AppleTalk Transaction Protocol	ISO PP	Presentation Protocol	OSP	Open Shortest Path First	SPX	Sequenced Packet Exchange
AURP	AppleTalk Update Routing Protocol	ISO SP	Session Protocol	PING	Printer Access Protocol	TCP	Transmission Control Protocol
BGP	Border Gateway Protocol	ISO TP	Transport Protocol	Packet	Packet Internet Groper	Telnet	Telecommunications Network Protocol
BOOTP	Boot Protocol	ISO-DE	Development Environment	PAP	Port Mapper	TFTP	Trivial File Transfer Protocol
BOCTP	Connectionless Network Protocol	LPR	Remote Print	RTMP	Reverse Address Resolution Protocol	UDAP	Universal Datagram Protocol
CMP	Common Management Information Protocol	LSP	NetWare Lite Sideband Protocol	RCP	Remote Copy	VTP	Virtual Terminal Protocol
CONDS	Connection Oriented Network Protocol	MMS	Manufacturing Message Service	REXEC	Remote Execution	WatchDog	Watchdog Keep Alive
DARP	Dynamic Address Resolution Protocol	Misc	Mount Server	RIP	Routing Information Protocol	X.500 DS	Directory Service
DDP	Datagram Delivery Protocol	NCP	NetWare Core Protocol	RLOGIN	Remote Login	XDR	Exchange Data Representative Protocol
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol	ND	NetWare Directory Service	ROSE	Remote Operations Service Element	ZIP	Zone Information Protocol
EGP	Exterior Gateway Protocol	NDS	NetWare Directory Service	RTP	Real-time Transport Protocol		
FTAM	File Transfer Access and Management	NetBEUI	NetBIOS Enhanced User Interface				
FTP	File Transfer Protocol	NetBIOS	NetBIOS Basic Input/Output System				
GGP	Gateway to Gateway Protocol	NFS	Network File System				
HTTP	Hypertext Transfer Protocol	NIS	Network Information Services				

OSI

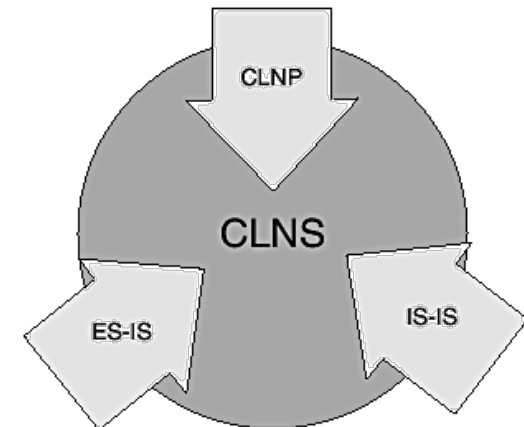
- ISO intentó resolver la arquitectura en base a una estructura de capas
- Permite independencia, reutilización, evolución parcial
- Define interfaces y servicios que ofrecen las capas
- Fue demasiado ambiciosa, el resultado era demasiado complejo
- Había otros desarrollos en paralelo
- A día de hoy 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



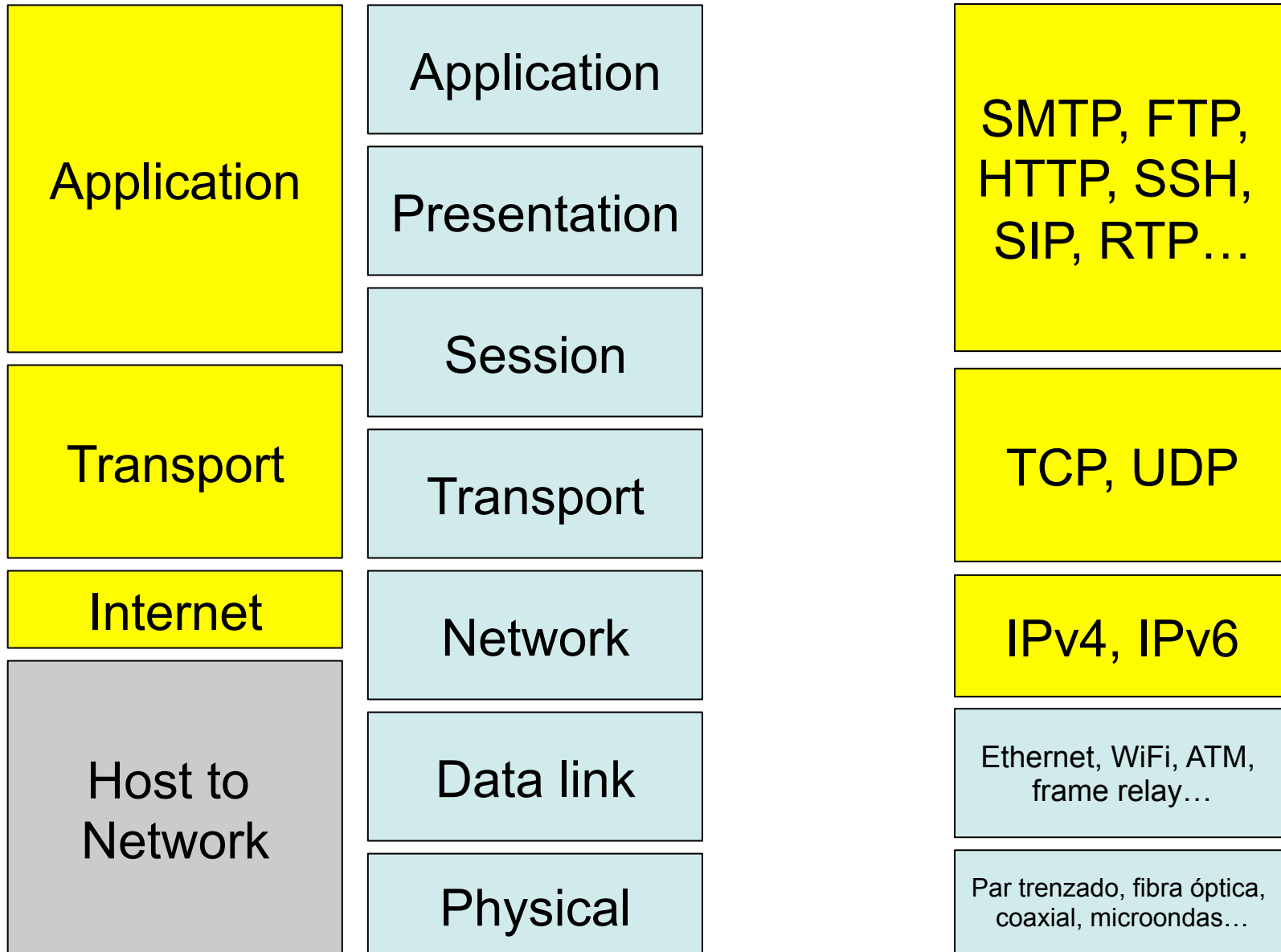
Layer 3 vs Layer 3



- ¿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?
- (...)

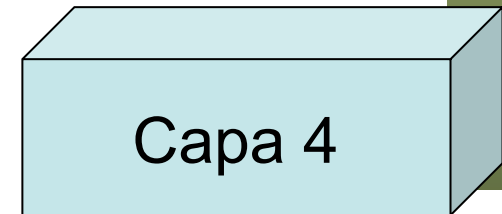


TCP/IP y OSI: Ejemplos



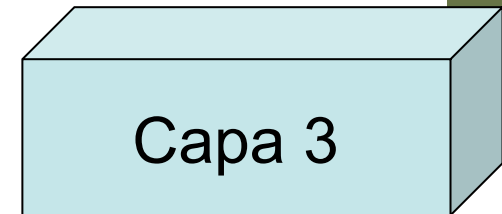
Layer 4

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



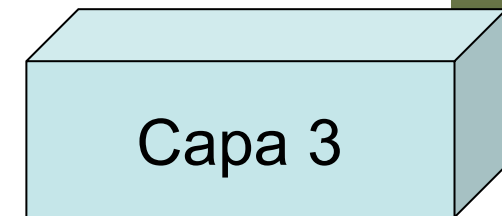
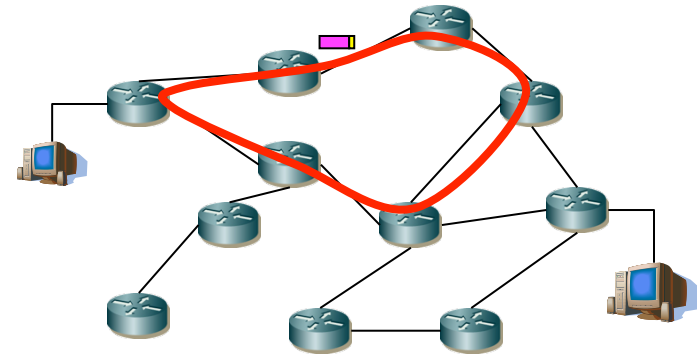
Layer 3

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



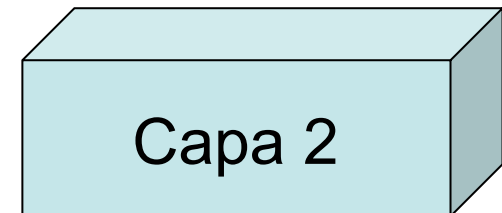
Layer 3: PDU básica

- 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



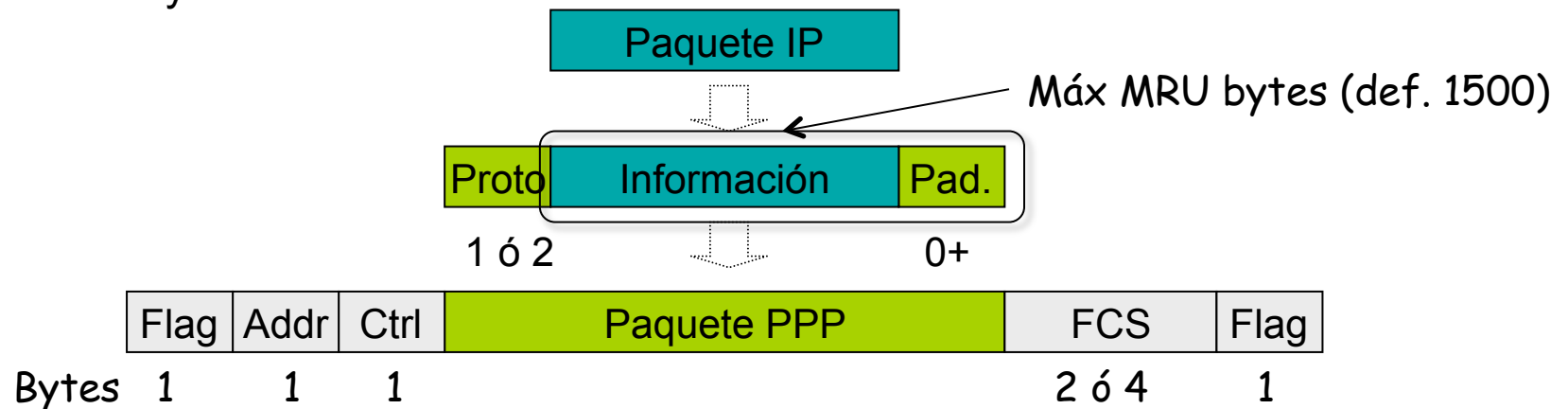
PPP como layer 2

- *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”

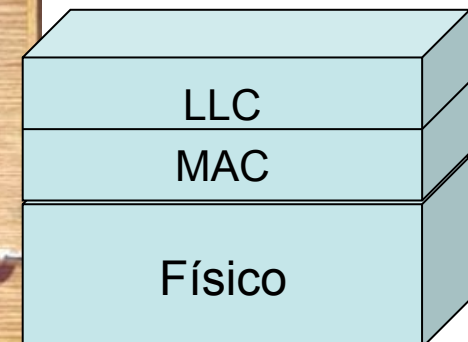
- Bus coaxial
- No hay conmutadores
- CSMA/CD (basado en ALOHA) (...)



Bob Metcalfe (siglo XXI)

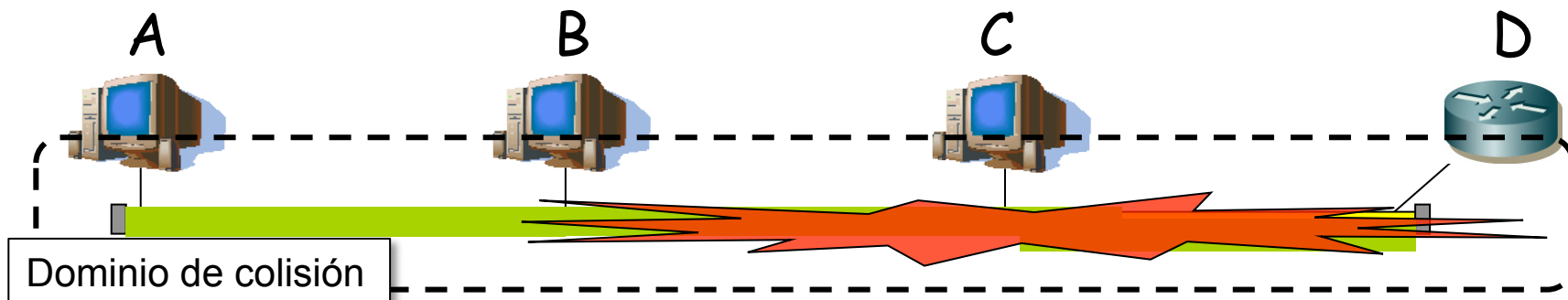
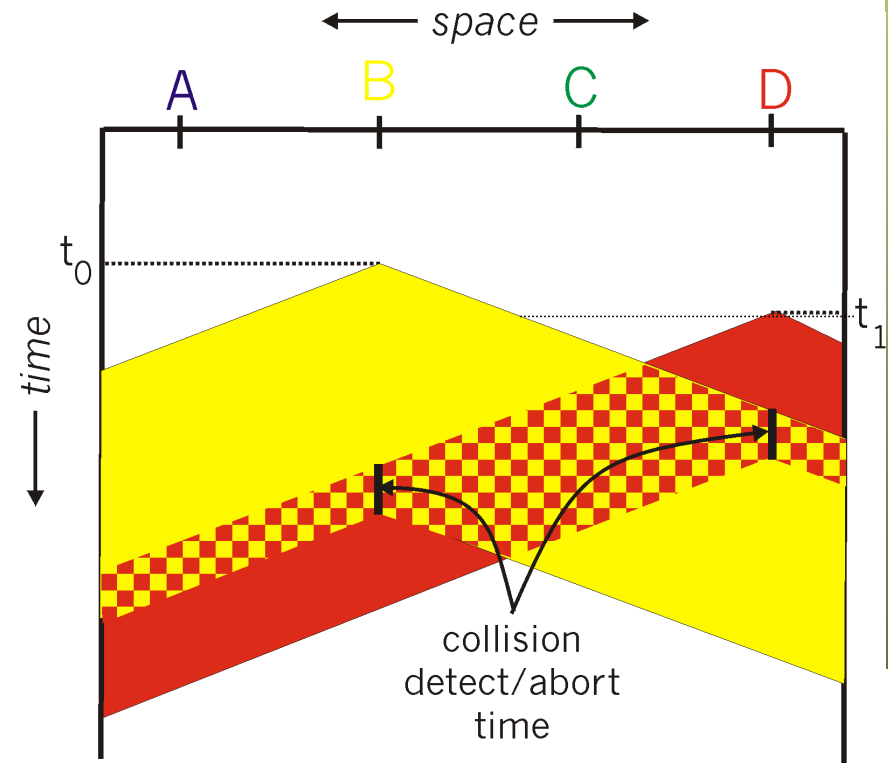


Bob Metcalfe (1973)



CSMA/CD

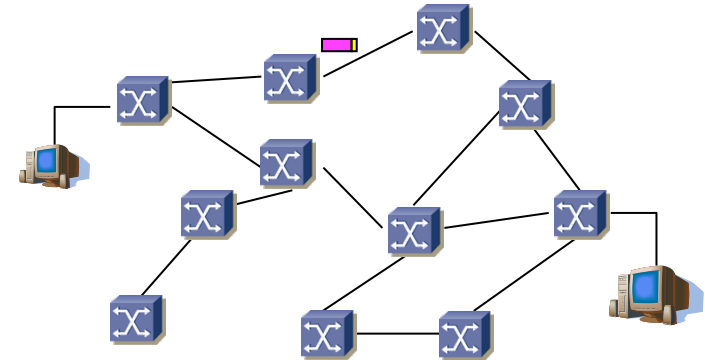
- *Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection*
- Canal inactivo: transmitir la trama
- C. ocupado: retrasar la transmisión
- Debido al retardo puede que un nodo no note que otro está transmitiendo
- Detecta si se produce una colisión mientras transmite
- Si hay colisión reintentar tras un tiempo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



Ethernet hoy en día

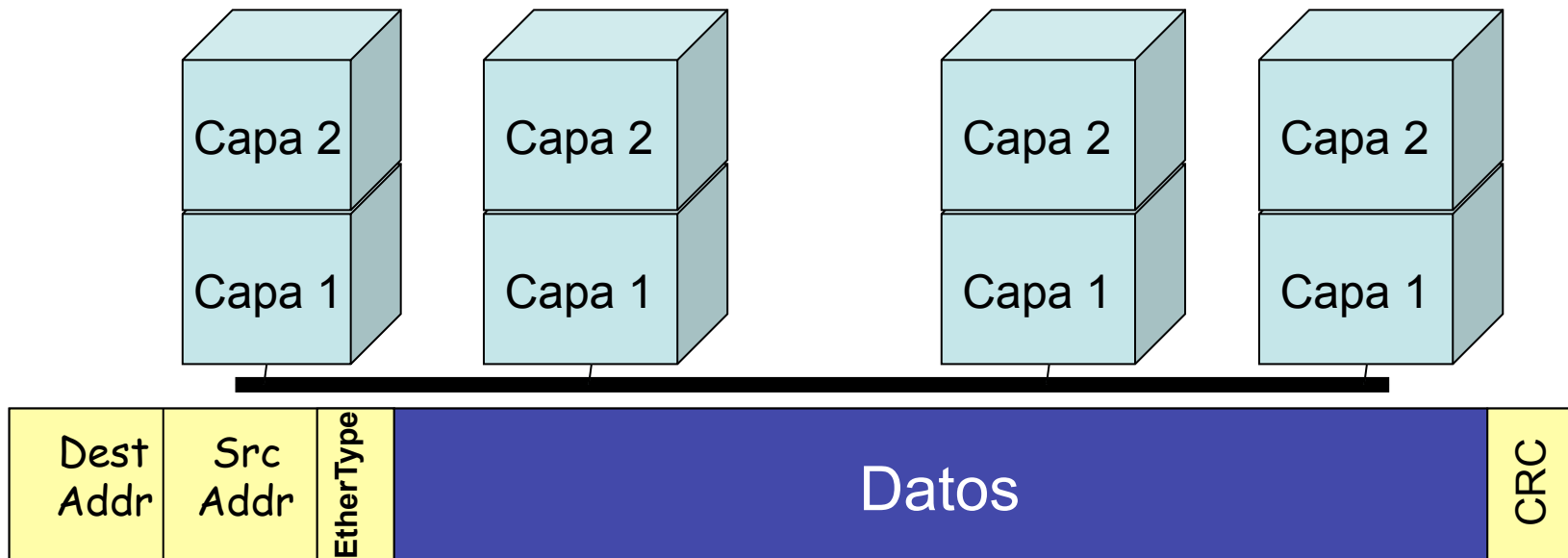
Ethernet hoy en día

- 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
- (...)



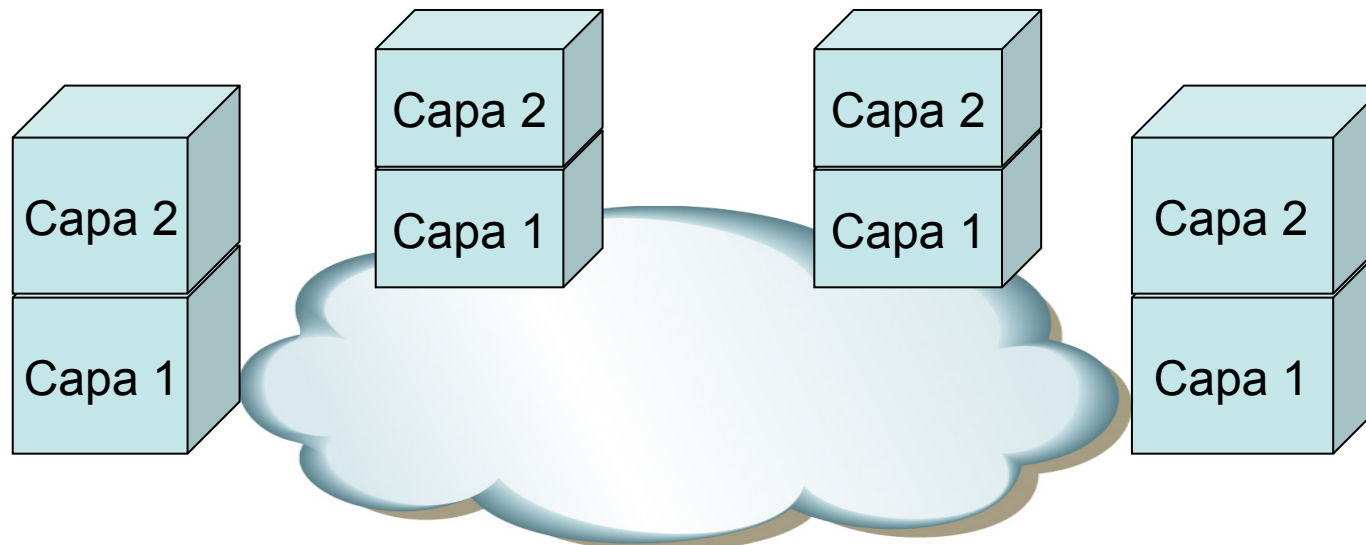
Ethernet

- 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



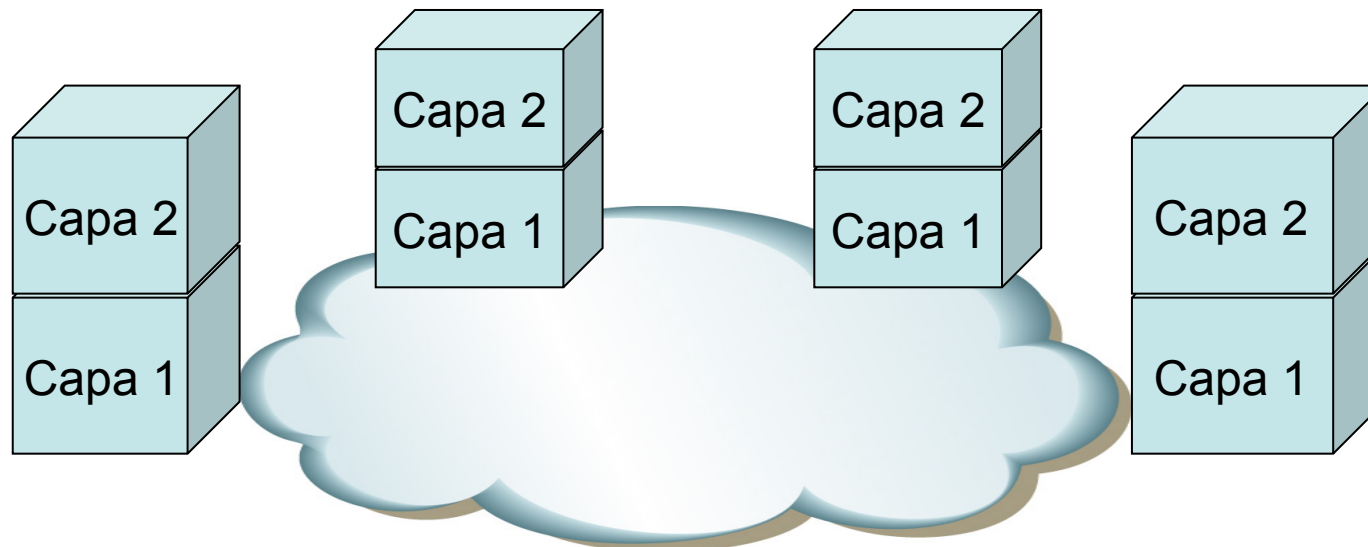
Ethernet es capa 2

- Pero la Ethernet original no era para un enlace, había una “Red de Área Local”, ¿no?
- (...)



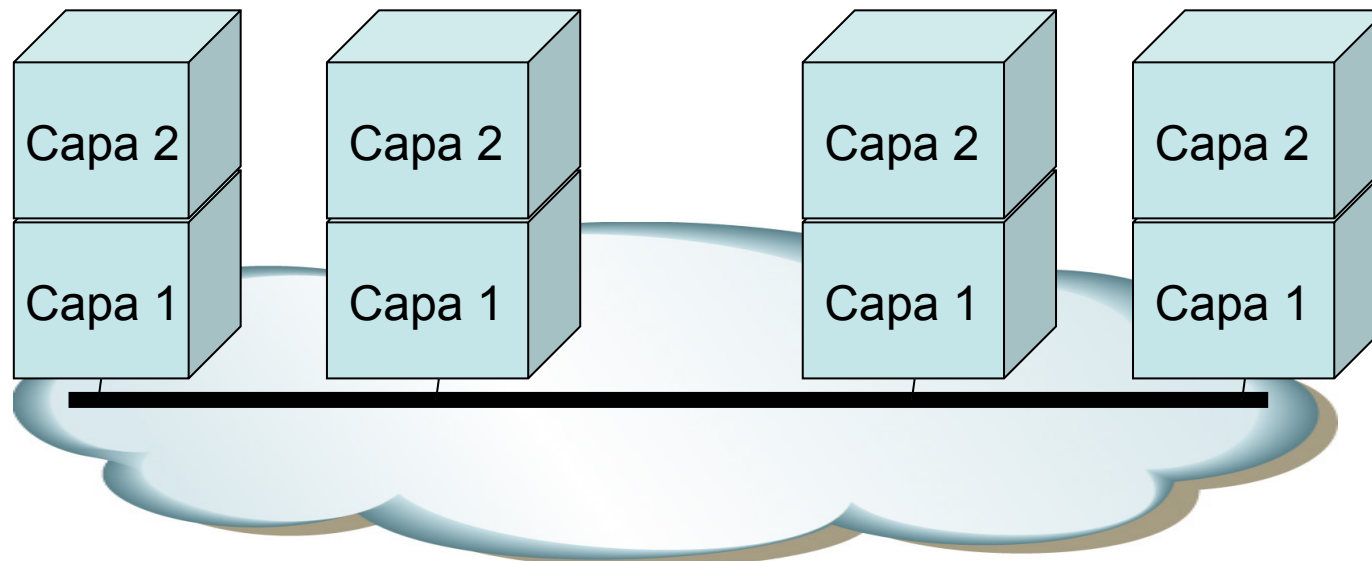
Ethernet es capa 2

- 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



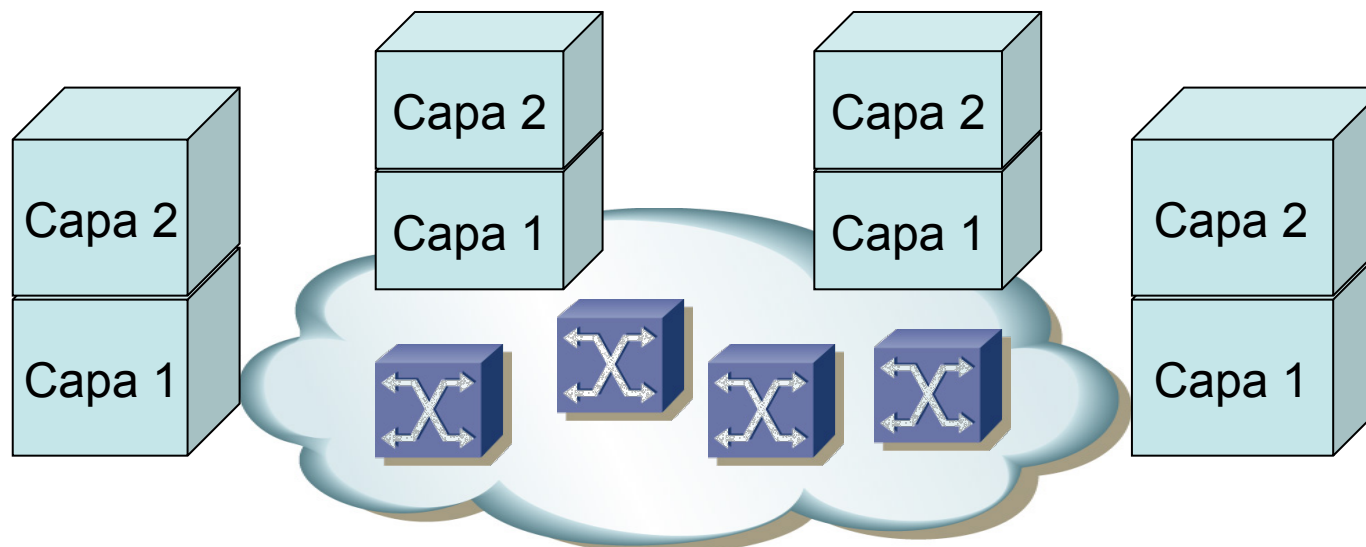
Ethernet es capa 2

- 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



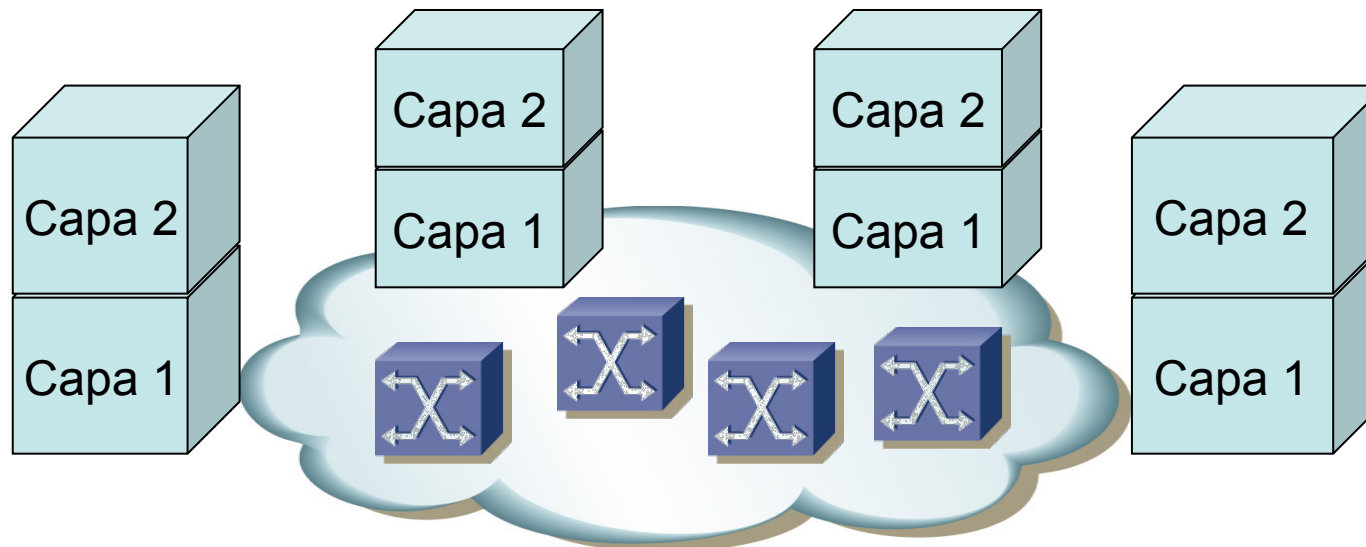
Ethernet es capa 2

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



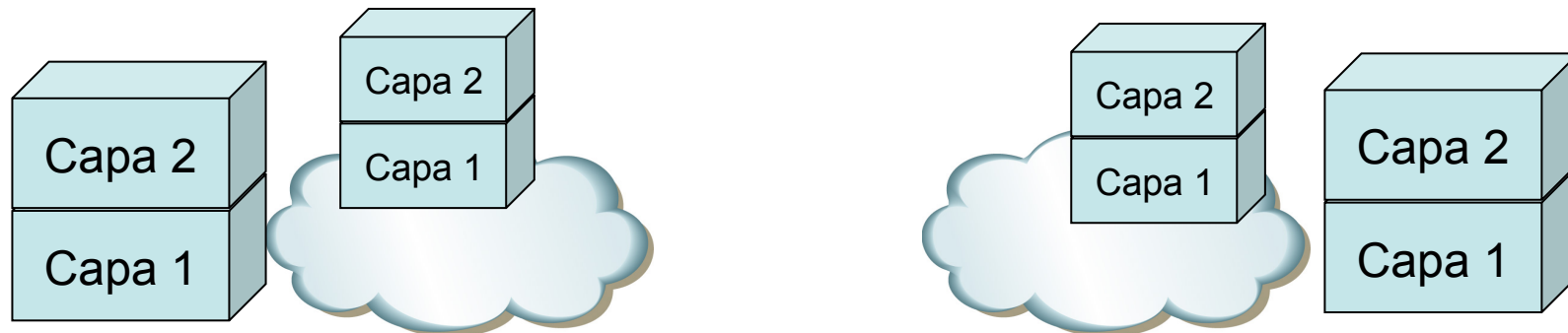
Ethernet es capa 2

- ¡ Pero esa red tiene conmutadores ! ¡ Haciendo almacenamiento y reenvío ! ¡ No me líes !
- ¿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 ...



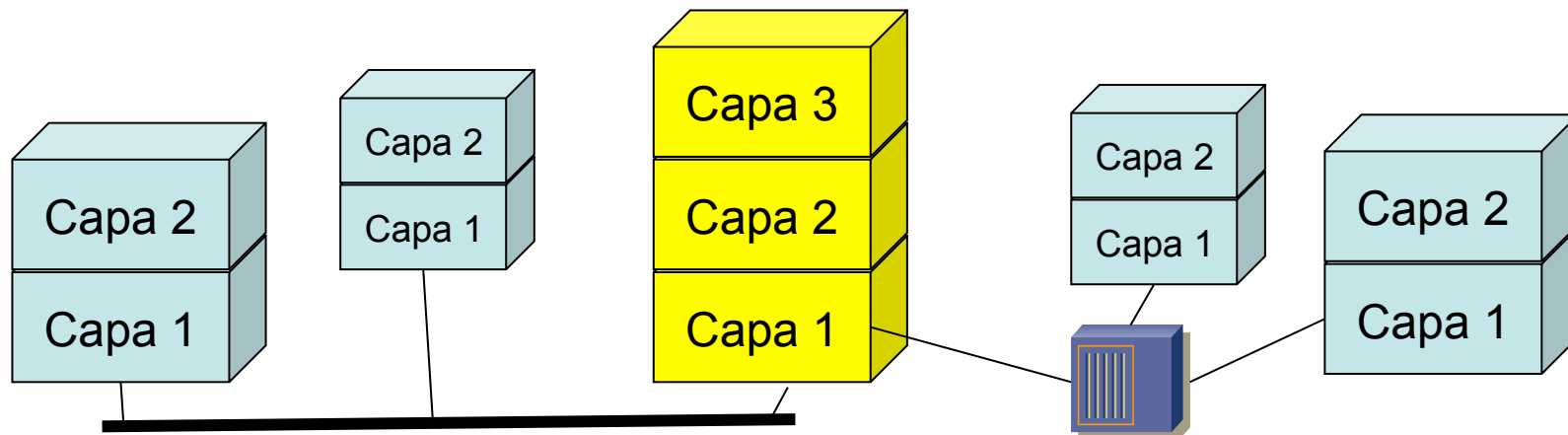
Ethernet vs Layer 3

- ¿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 (...)



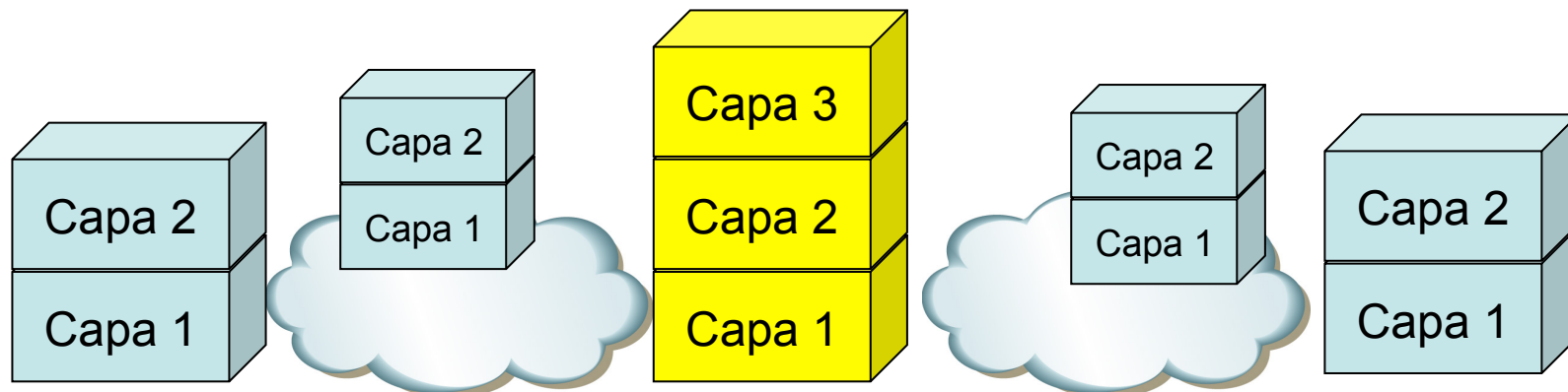
Ethernet vs Layer 3

- ¿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
- (...)



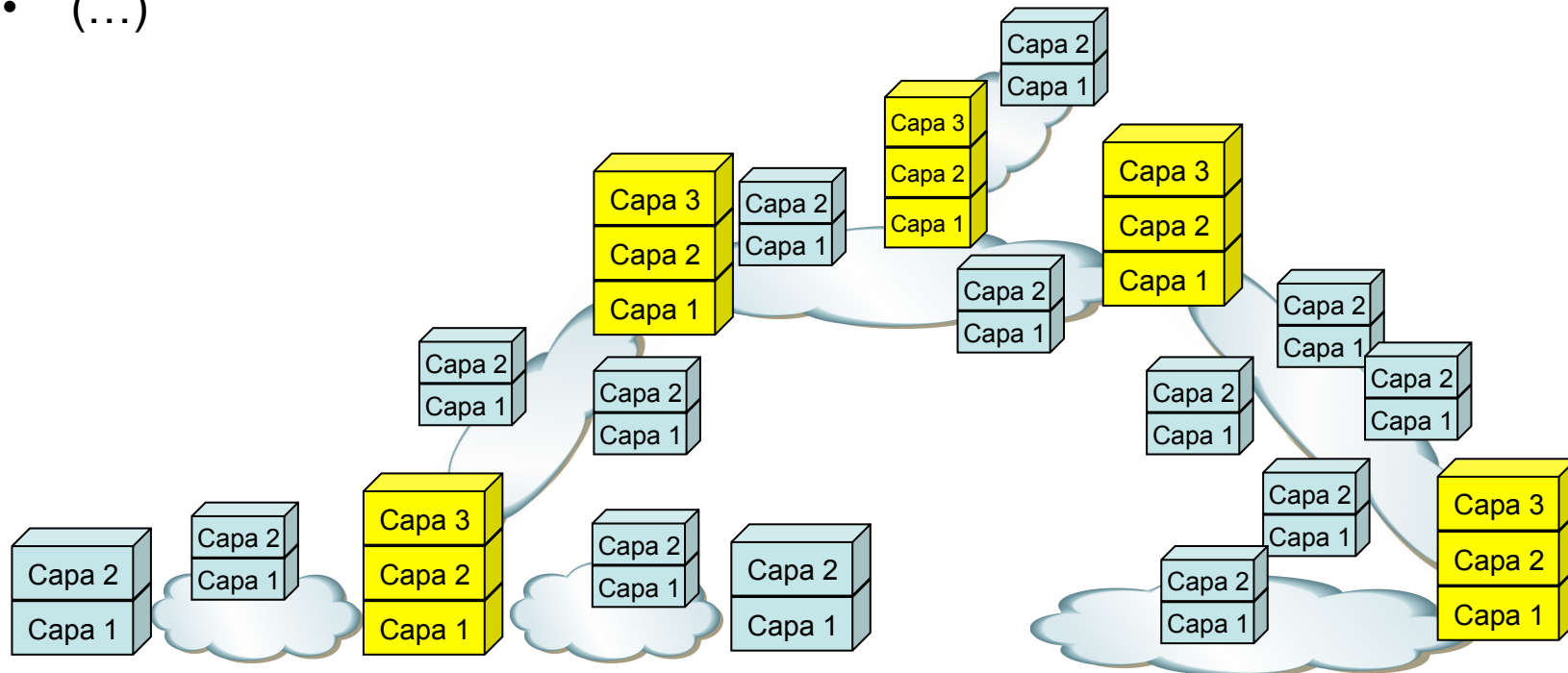
Ethernet vs Layer 3

- ¿Cómo “podría” ser la interconexión de LANs?
- En cada una de ellas tenemos el dominio de colisión Ethernet
- Interconectados por conmutadores capa 3
- Eso permitiría interconectar LANs Ethernet o con otras tecnologías
- Necesitaríamos el formato para el protocolo de capa 3



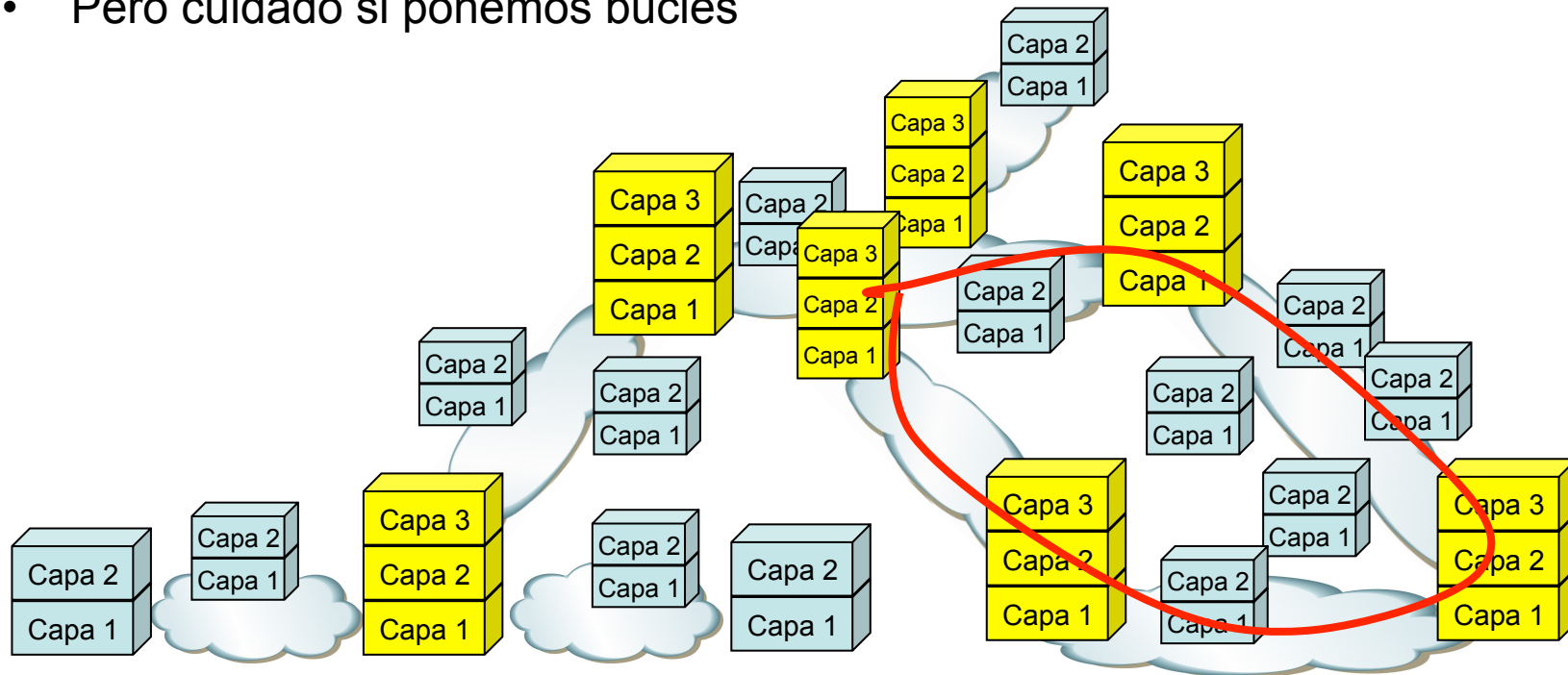
Ethernet vs Layer 3

- ¿Cómo “podría” ser la interconexión de LANs?
- En cada una de ellas tenemos el dominio de colisión Ethernet
- 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
- (...)



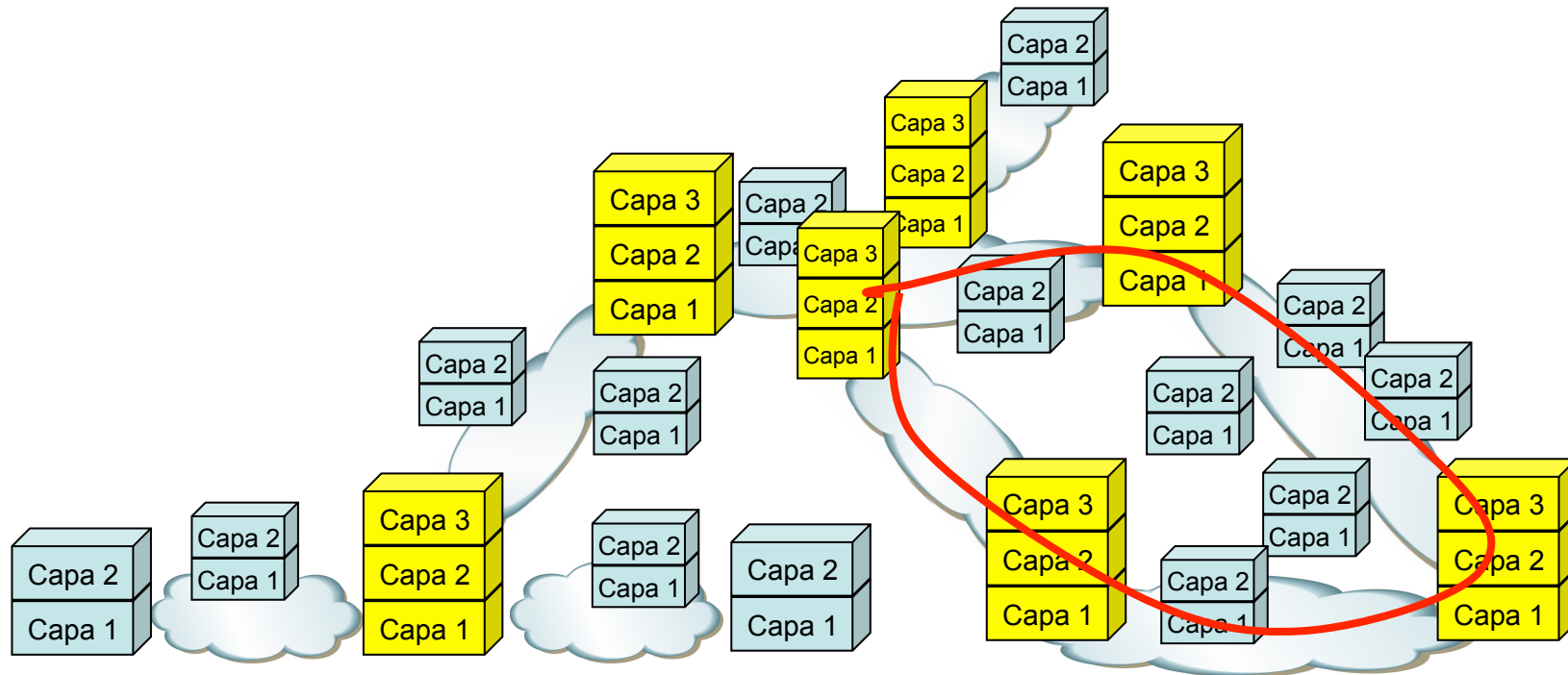
Ethernet vs Layer 3

- ¿Cómo “podría” ser la interconexión de LANs?
- En cada una de ellas tenemos el dominio de colisión Ethernet
- 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



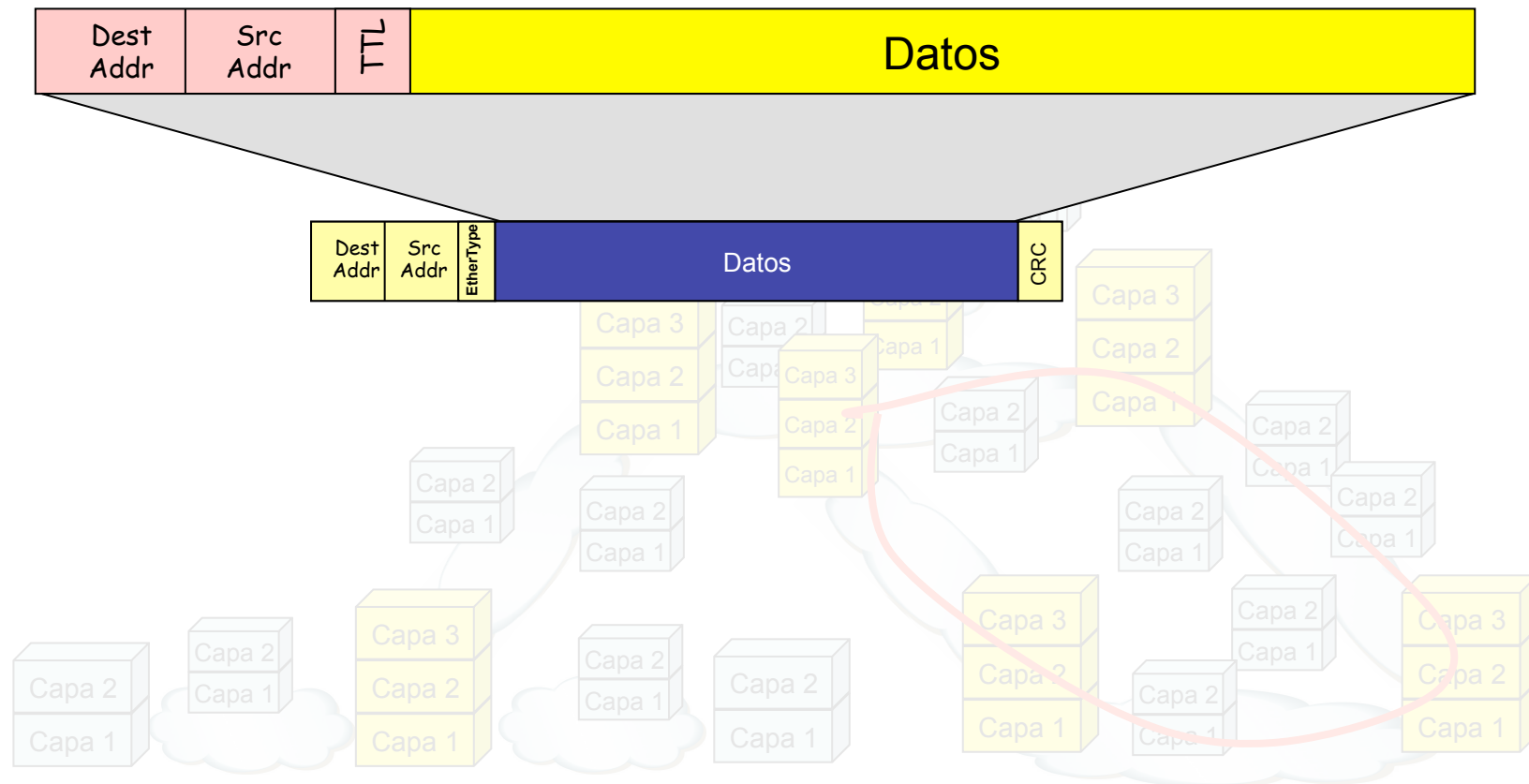
Ethernet vs Layer 3

- Ok, necesitamos protocolos de encaminamiento dinámico
- Y mejor que le pongamos un TTL a esa PDU de capa 3
- (...)



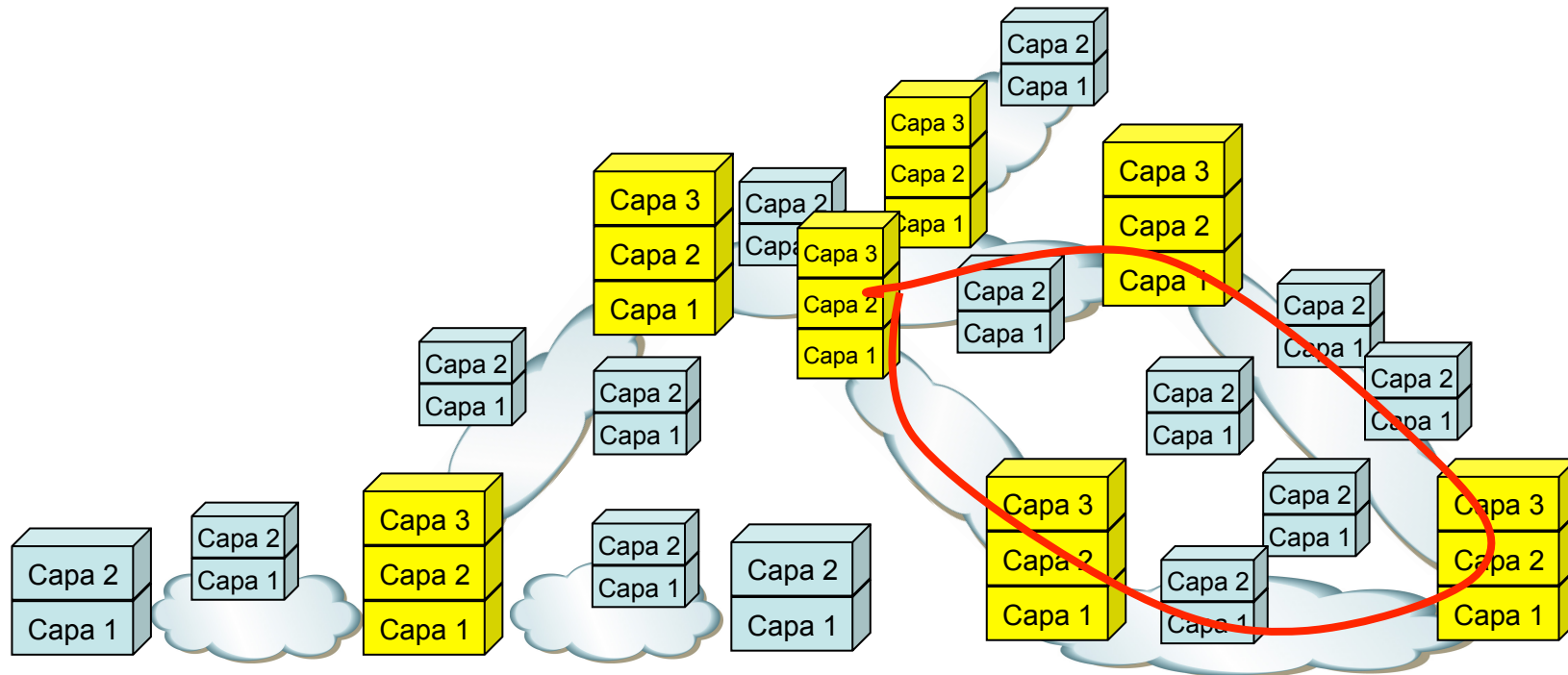
Ethernet vs Layer 3

- 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

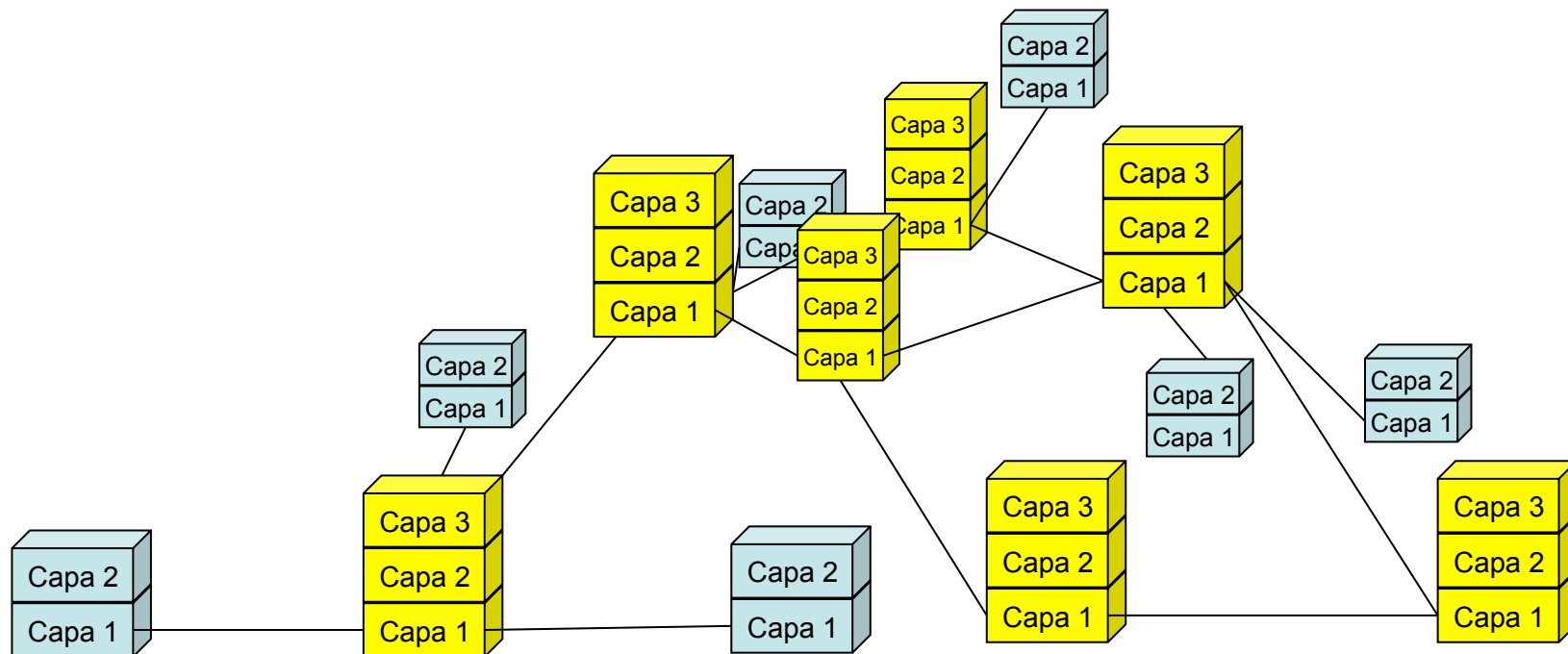


Ethernet vs Layer 3

- ¿Y es esto lo que tenemos hoy en día en las LANs Ethernet?
- (...)

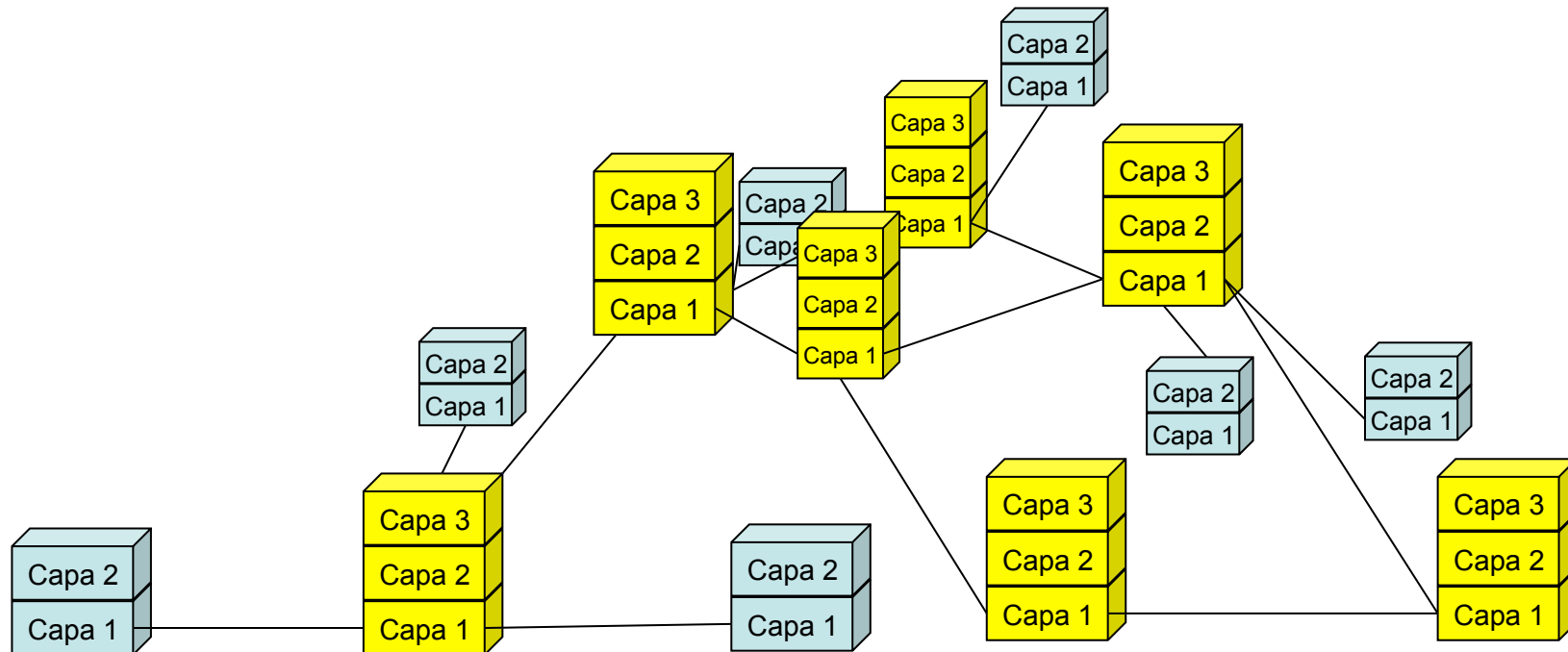


- ¿Y es esto lo que tenemos hoy en día en las LANs Ethernet?
- Hemos reducido los dominios compartidos a un enlace con solo una estación
- Además el enlace es full-duplex con lo que no hace falta CSMA/CD
- (...)



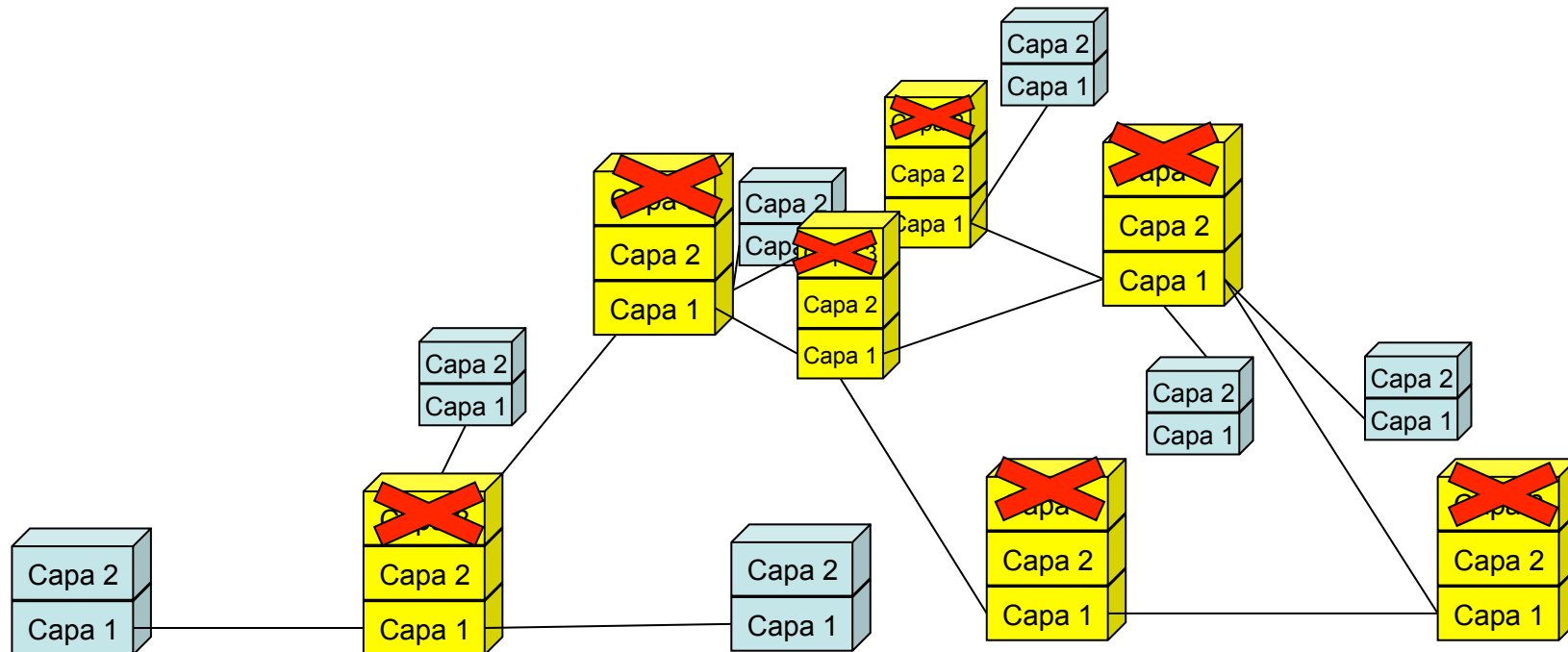
Ethernet vs Layer 3

- ¿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?



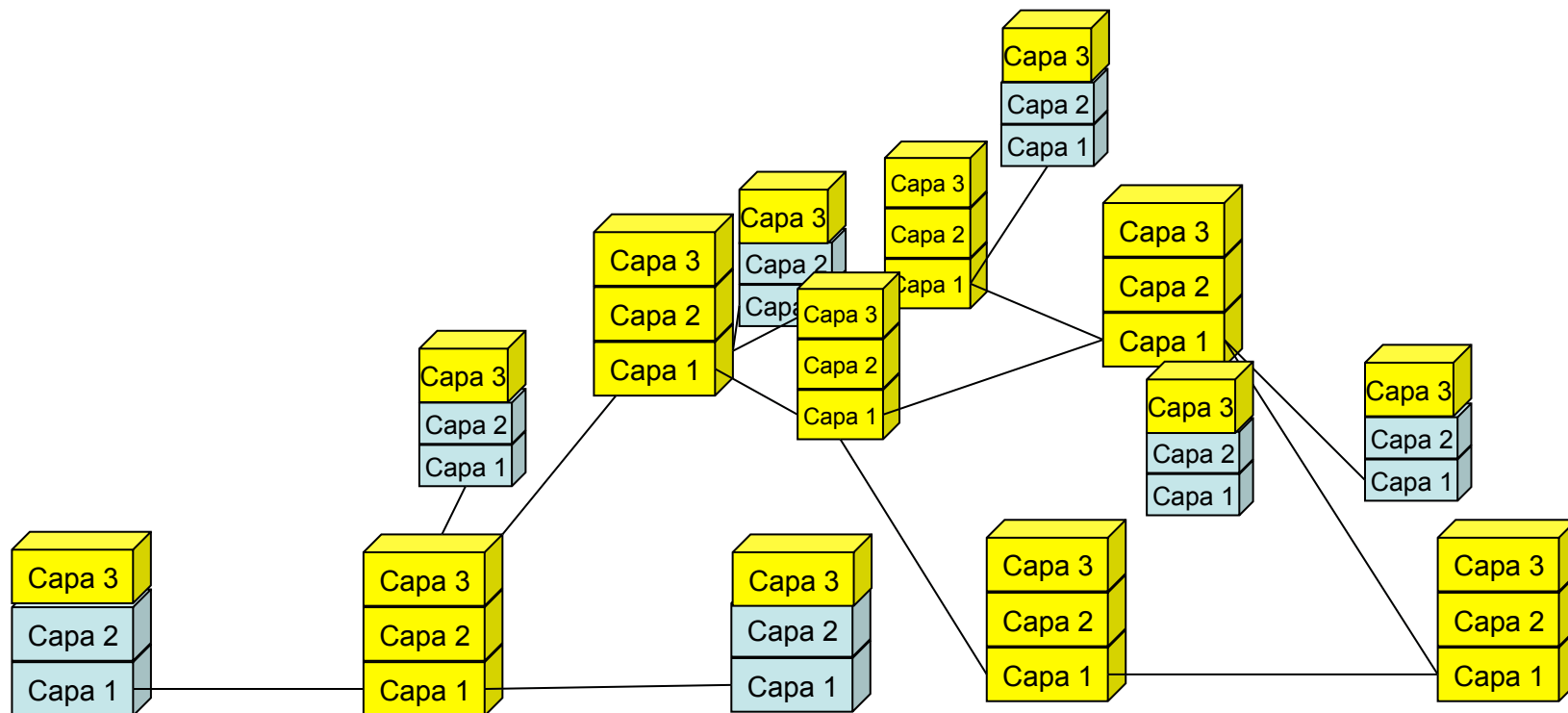
Ethernet vs Layer 3

- Mayormente los equipos son conmutadores capa 2
- ¿Por qué?
- (...)



Ethernet vs Layer 3

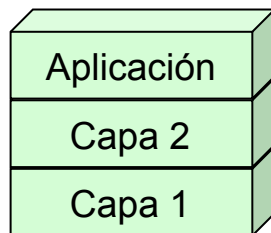
- Mayormente los equipos son conmutadores capa 2
- ¿Por qué?
- Emplear conmutadores capa 3 requiere que los hosts implementen ese protocolo de capa 3
- Veamos esto con perspectiva histórica...



Una historia de 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)



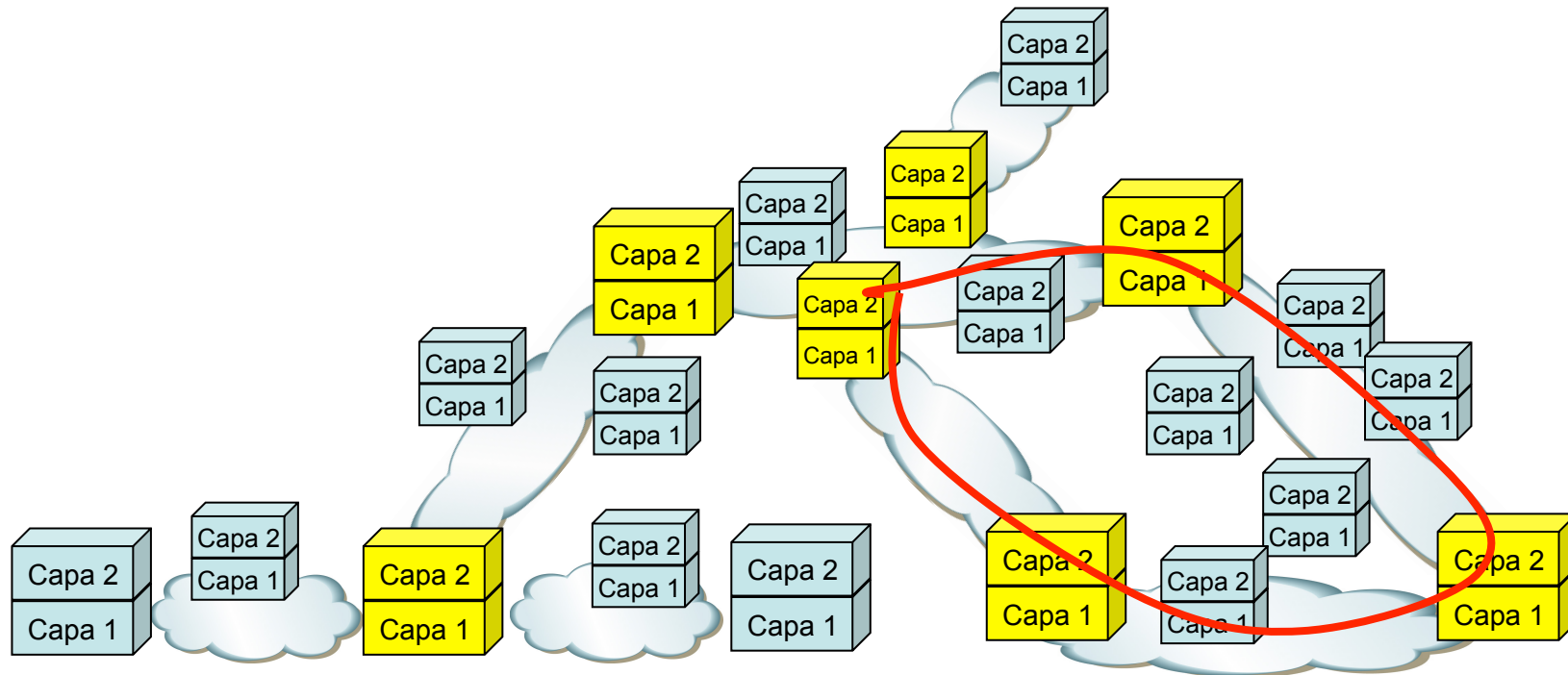
Ethernet vs Layer 3



- 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.*

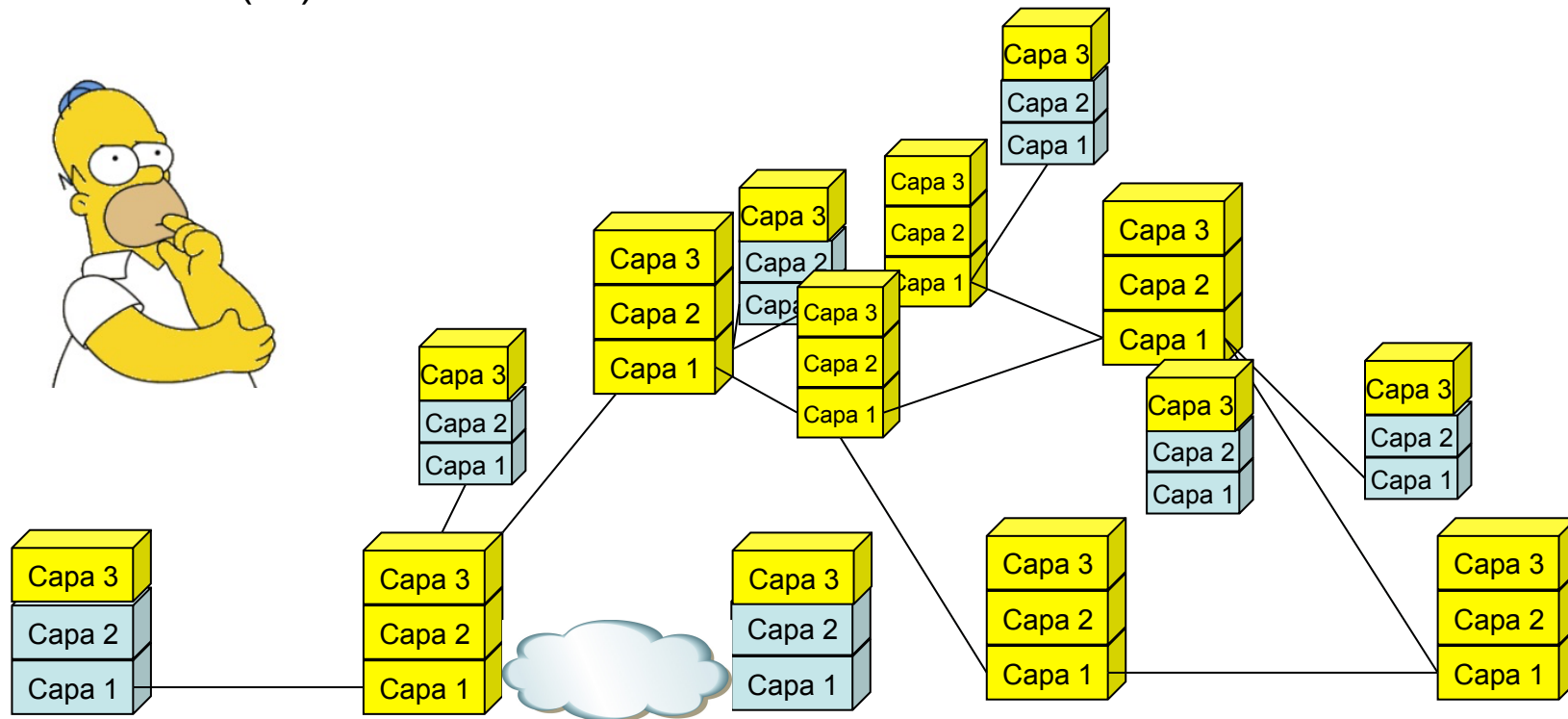
Radia Perlman



Layer 2 ↔ Layer 3

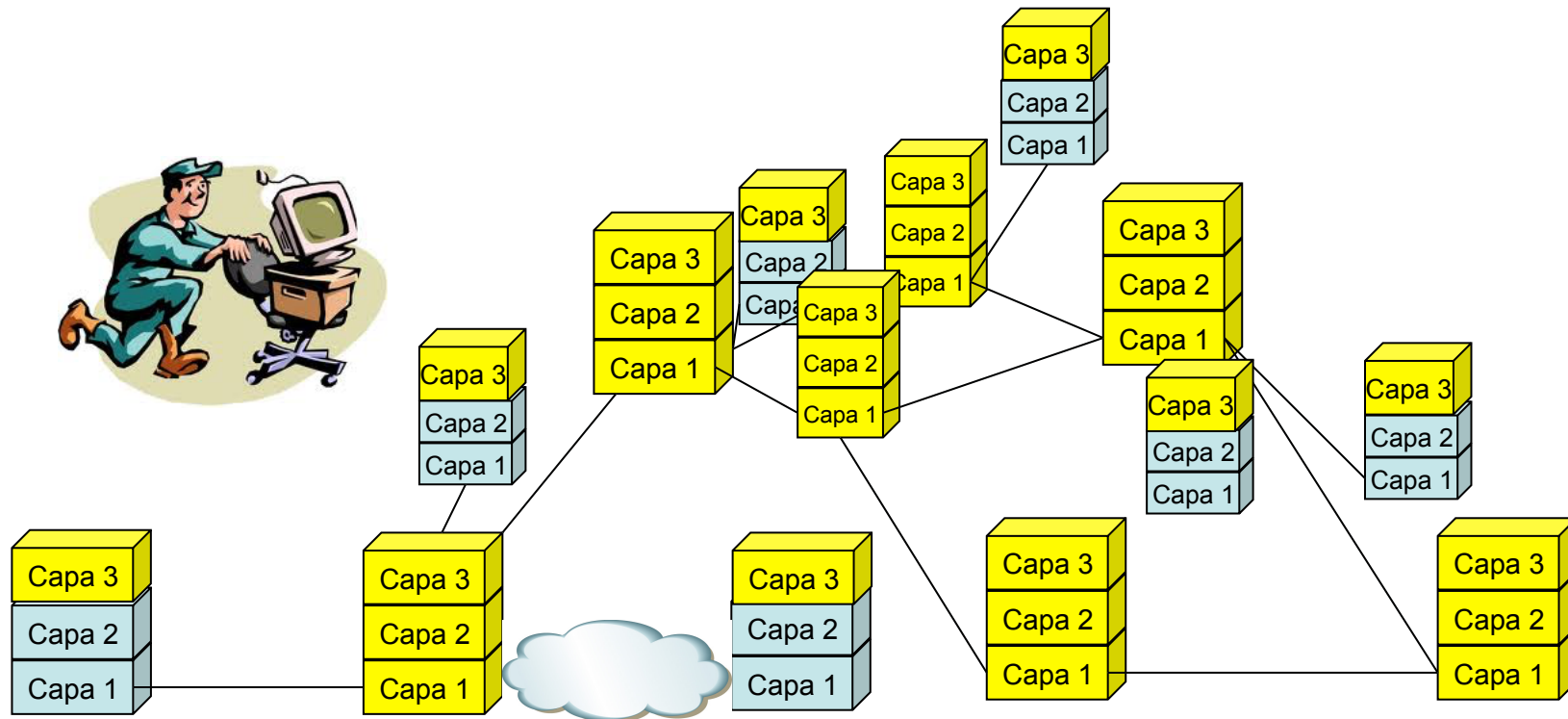
Layer 2 vs Layer 3

- ¿Quiere decir todo esto que sería mejor tener todos conmutadores en capa 3?
- Algunos enlaces serían punto-a-punto y otros serían medios compartidos (¿WiFi?)
- Es cierto que ahora sí tenemos un protocolo de capa 3 implementado en todos los hosts (IPv4)
- Mmmm (...)



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? (...)



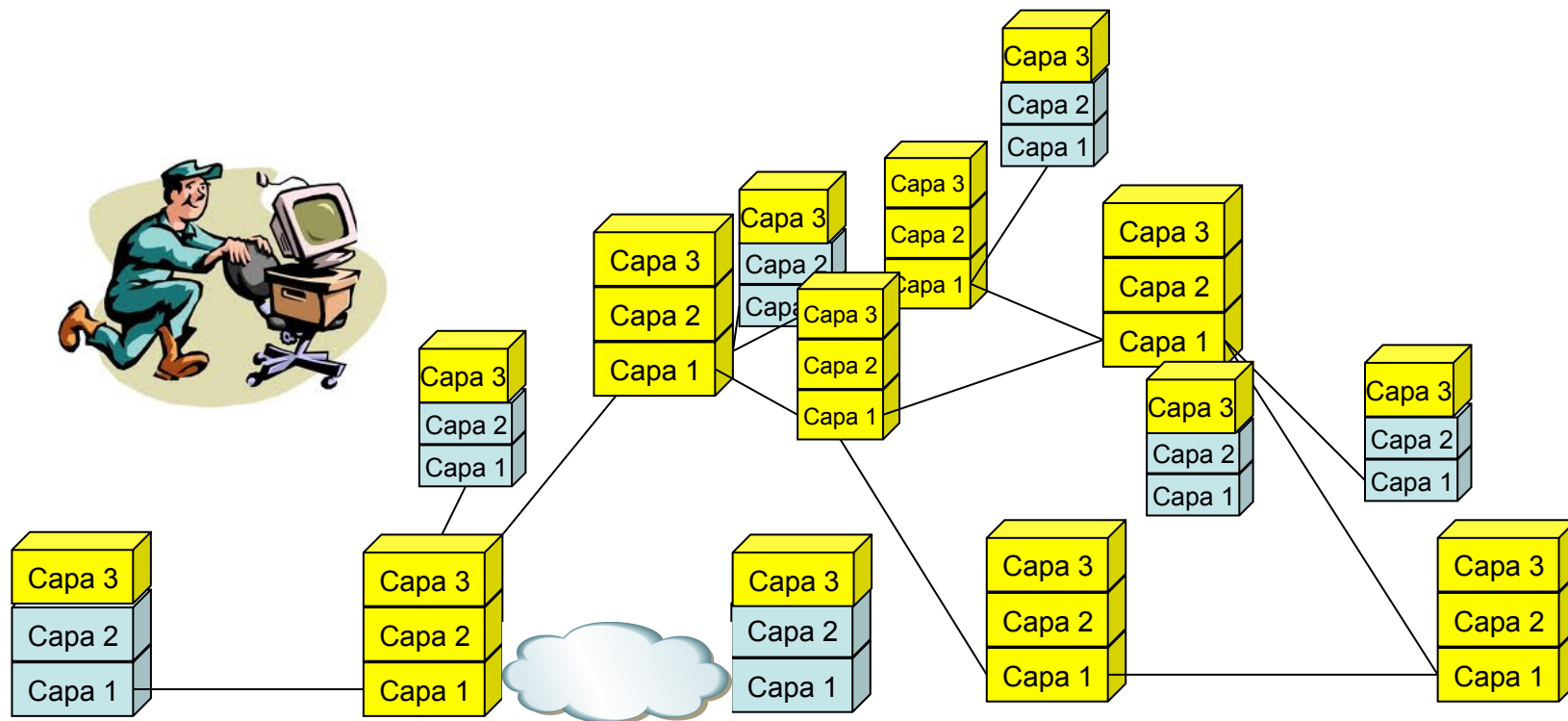
Names, IDs, Locators

- 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



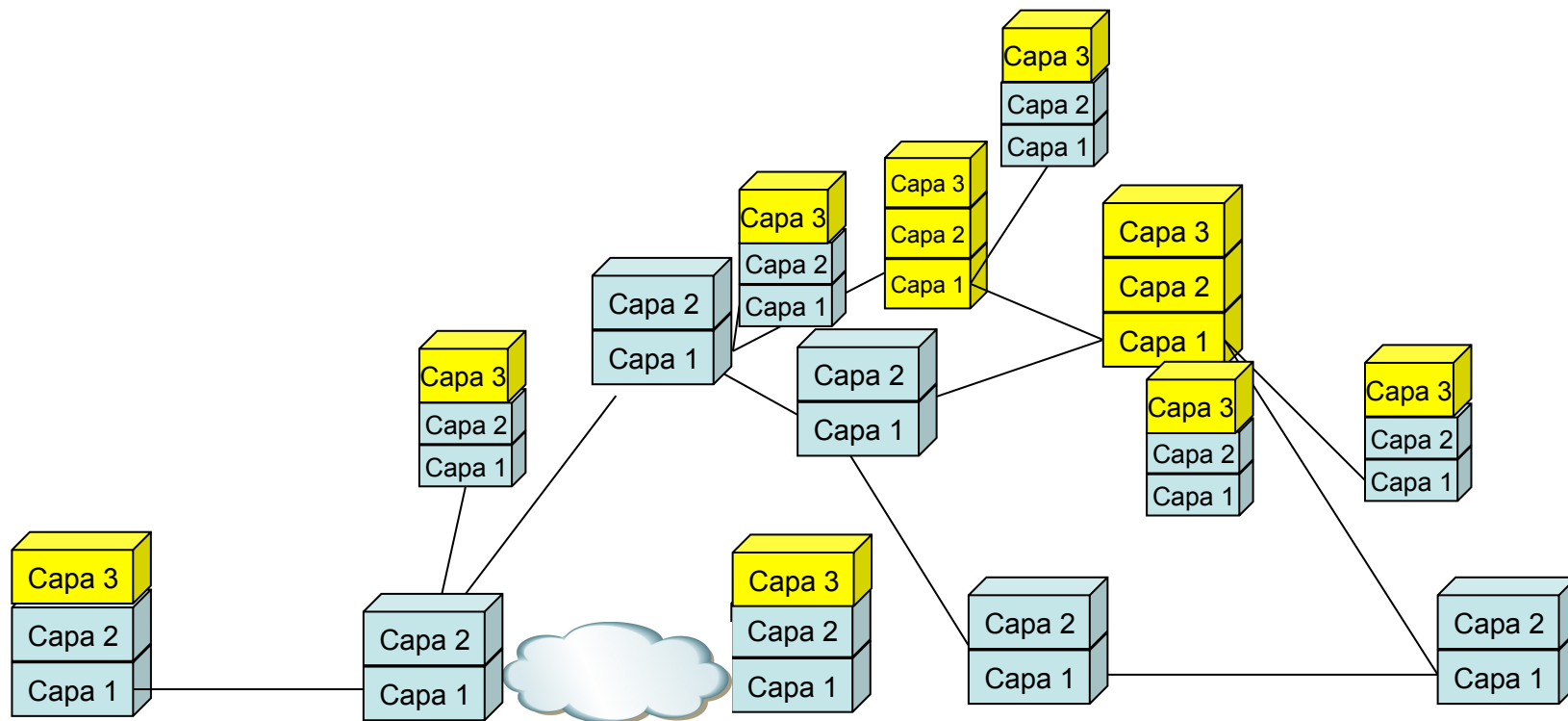
Layer 2 vs Layer 3

- 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

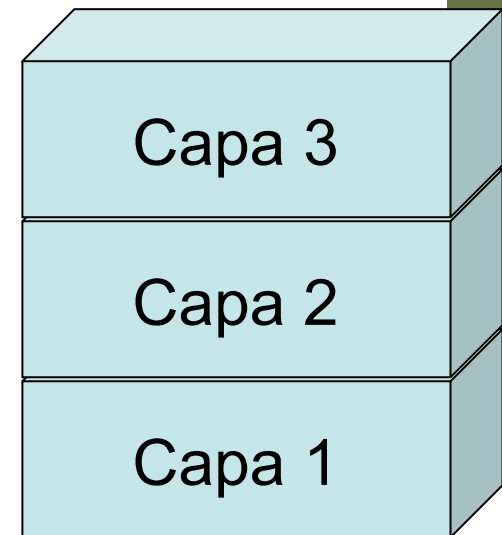


Es decir

- 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 ?

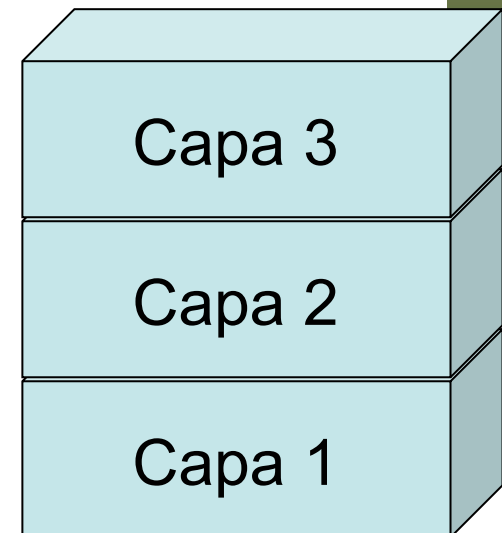
¿ Ethernet es capa 2 ?

- 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

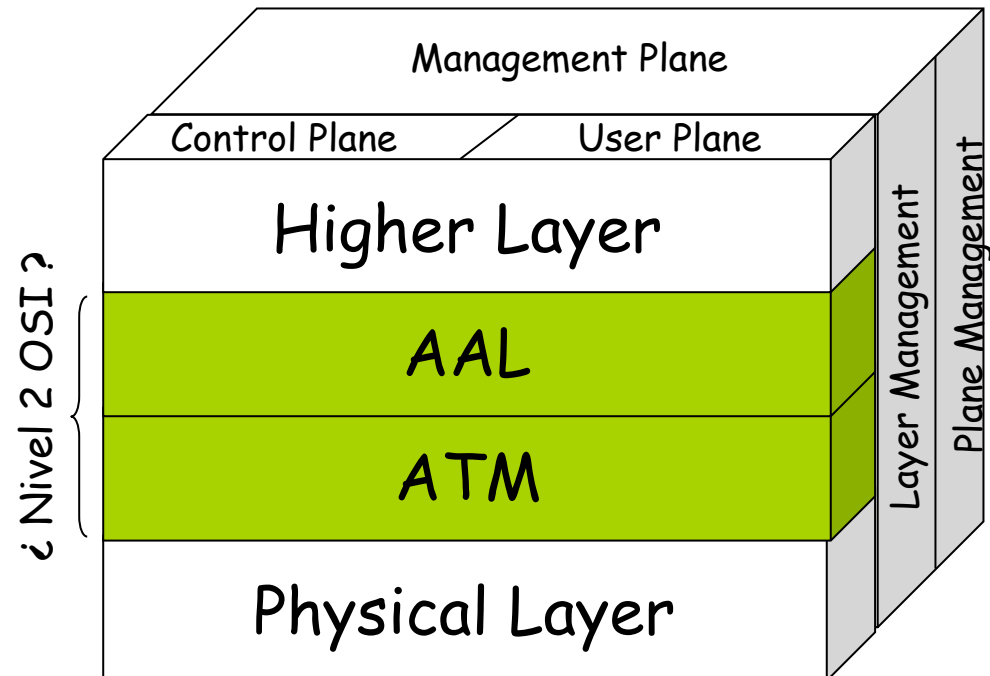


¿ Ethernet es capa 2 ?

- Vale, pero no hay más casos...

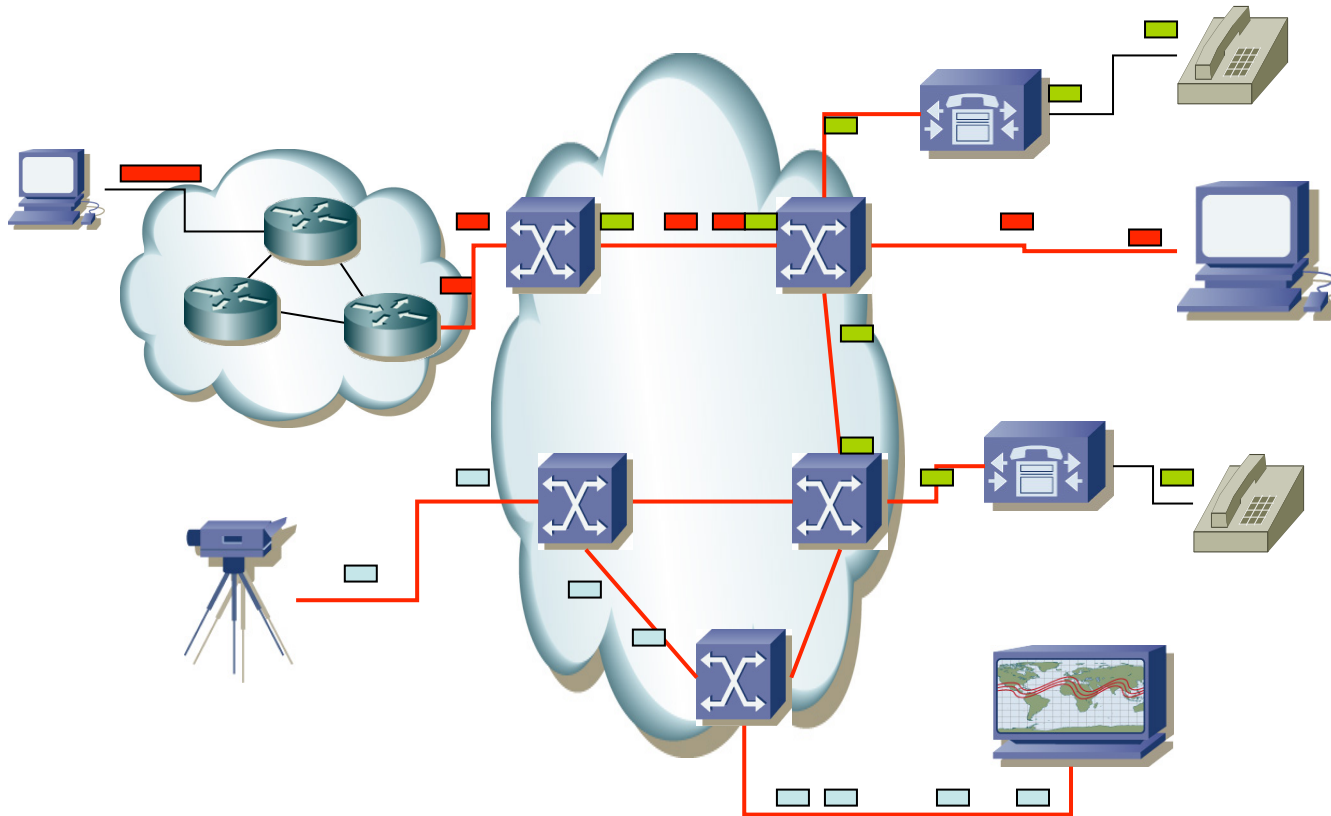
¿ ATM de qué capa es ?

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



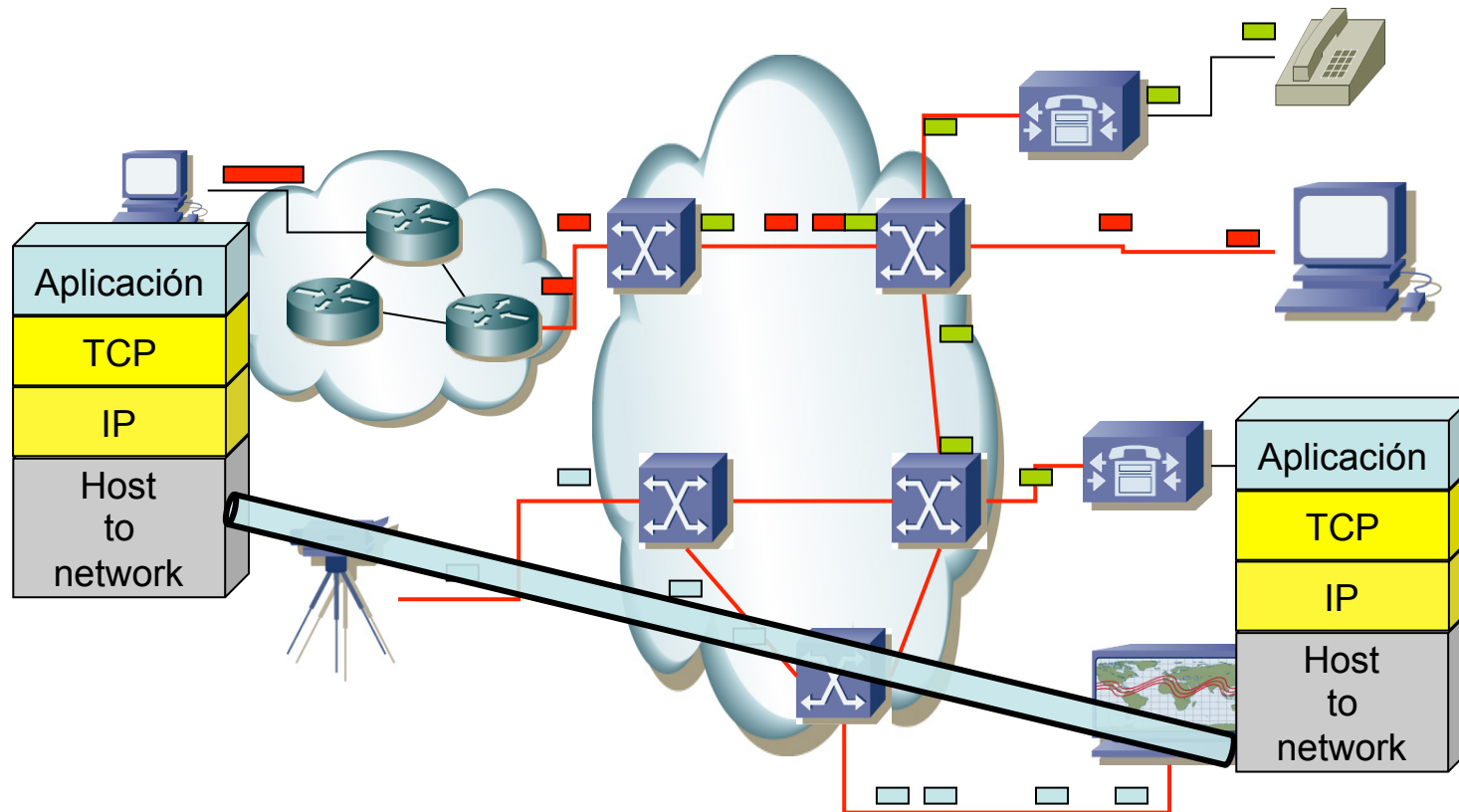
¿ ATM de qué capa es ?

- 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



Resumiendo

- ¿ Ha quedado claro ?
- Si la respuesta es que sí entonces algo ha ido mal

