

Redes e Comunicacións

Tema 5: Capa de enlace

Oscar García Lorenzo

Escola Politécnica Superior de Enxeñería

Índice

- 1 Introducción
- 2 Modelo IEEE 802
- 3 Direcciones MAC Ethernet
- 4 Ethernet
- 5 Conmutación de etiquetas multiprotocolo
- 6 Redes inarámicas
- 7 Redes ATM
- 8 Exemplo completo

Índice

- 1 **Introducción**
- 2 Modelo IEEE 802
- 3 Direcciones MAC Ethernet
- 4 Ethernet
- 5 Conmutación de etiquetas multiprotocolo
- 6 Redes inarámicas
- 7 Redes ATM
- 8 Exemplo completo

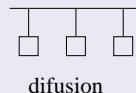
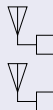
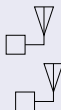
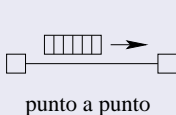
Introducción

Capa de enlace

- Encargase de transmitir bloques de bits dun lado a outro dun enlace
- Determina o acceso ao medio en redes de difusión
- Tramas ou marcos: PDU da capa de enlace

Tipos de enlace

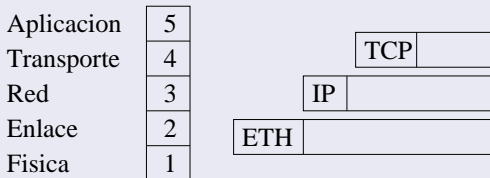
- *Punto a punto*: un emisor e un receptor a ámbolos extremos do enlace
- *Difusión*: medio de transmisión compartido por varios emisores



Introducción

Capa de enlace

- Implementada na tarxeta de rede (*adaptador*)
- Nodo: host ou router ao que se conecta o adaptador
- A capa de enlace engade a súa propia cabeceira



Protocolos da capa de enlace

- Definen o formato das tramas
- Definen as accións dos nodos cando envían ou reciben tramas

Introducción

Servizos posíbeis dun protocolo de capa de enlace

- Entramado ou delimitado de tramas: encapsulado de datagramas
- Acceso ao enlace: protocolo MAC (control de acceso ao medio)
- Entrega fiábel: confirmacións e retransmisións
- Control de fluxo: limitar o envío de tramas
- Detección de erros: máis sofisticada que en capas superiores
- Corrección de erros: paridade, checksums e CRC
- Half-duplex e full-duplex: transmisión nun ou ambo-los sentidos á vez

Índice

- 1 Introducción
- 2 Modelo IEEE 802**
- 3 Direcciones MAC Ethernet
- 4 Ethernet
- 5 Conmutación de etiquetas multiprotocolo
- 6 Redes inarámicas
- 7 Redes ATM
- 8 Exemplo completo

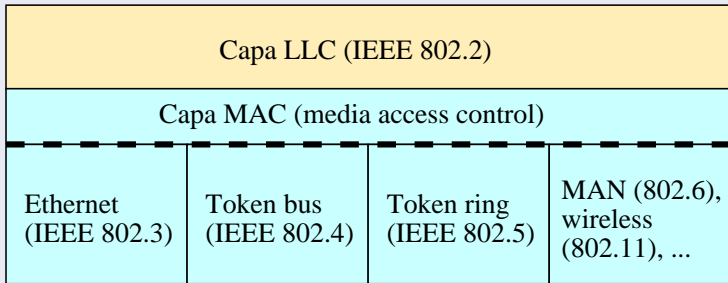
Modelo IEEE 802

Modelo IEEE 802

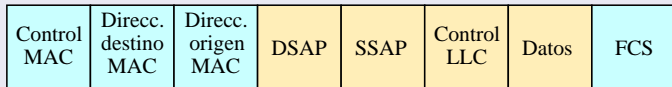
- Principais tipos de LANs definidas polo modelo IEEE 802
 - LANs de difusión: traballan a nivel de capa de enlace
- Establece un modelo para a capa de enlace en LANs
- Capa de enlace dividida en 2 subcapas:
 - Control de enlace lóxico (LLC, *Logical Link Control*)
 - Control de acceso ao medio (MAC, *Media Access Control*)
- División en dúas subcapas:
 - A lóxica necesaria para a xestión de acceso a un medio compartido non está na capa de enlace de datos tradicional
 - Pódense ofrecer varias opcións MAC para o mesmo LLC

Modelo IEEE 802

Capa de enlace



Capa de enlace en LAN



Formato de trama

Capa LLC

Capa LLC

- Interface coas capas superiores
- Control de erros e de fluxo

Tipos de servizo

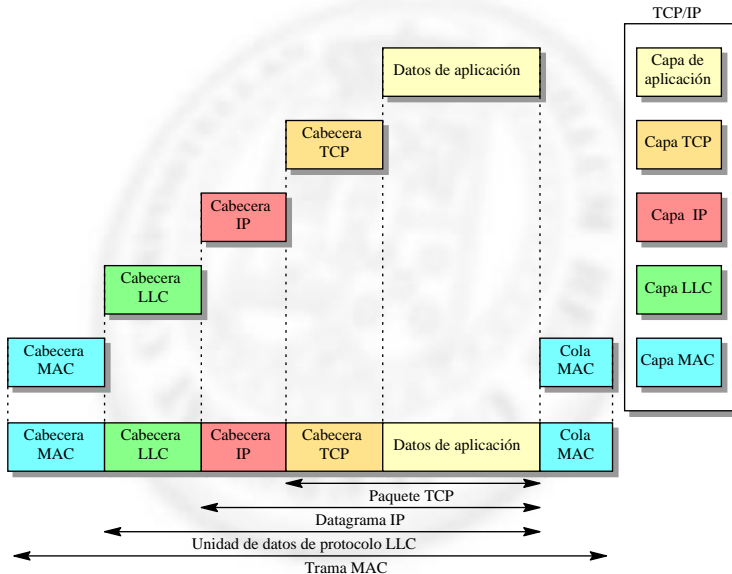
- Sen conexión nen confirmacións
 - Non inclúe mecanismos de control de fluxo nen erros. Non garante a recepción dos datos
 - Control de recepción en capas superiores
- Sen conexión con confirmacións
 - Confirmanse as tramas, pero non hai conexión
- Con conexión e confirmacións
 - Establecese unha conexión lóxica e hai control de fluxo e erros

Capa MAC

Capa MAC

- Ensamblaxe de datos en tramas con campos de dirección e de detección de erros
- Desensamblaxe de tramas:
 - Recoñecemento de dirección
 - Detección de erros
- Control de acceso ao medio de transmisión:
 - Non se atopa na capa 2 de control de enlace de datos tradicionais
- Para un mesmo LLC, están dispoñíbeis varios MAC

Protocolos LAN



Índice

- 1 Introducción
- 2 Modelo IEEE 802
- 3 Direcciones MAC Ethernet**
- 4 Ethernet
- 5 Conmutación de etiquetas multiprotocolo
- 6 Redes inarámicas
- 7 Redes ATM
- 8 Exemplo completo

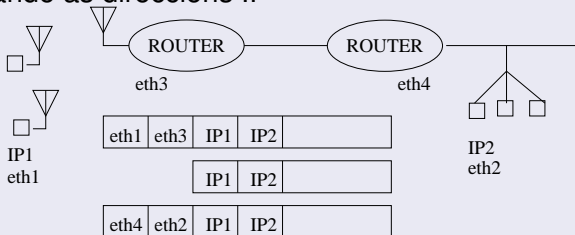
Direccions MAC

Direccions dos adaptadores

- A arquitectura TCP/IP considera dúas direccións:
 - Unha dirección MAC, que ten sentido no enlace ou LAN
 - Unha dirección IP, que ten sentido na Internet

Direccions MAC

- Na LAN, os adaptadores usan as direccións MAC
- Fora da LAN, eliminanse as cabeceiras MAC e o paquete viaxa usando as direccións IP



Direccións MAC

Direccións Ethernet

- Tódolos nodos Ethernet (802.3) teñen unha dirección única que os identifica (dir. MAC, ou *MAC address*)
- A dirección a proporciona o adaptador Ethernet o soe estar fixada nunha memoria ROM
- As direccións constan de 6 bytes, expresados en hexadecimal: 00:08:74:4A:BA:4B
- Para asegurar que non se repitan direccións cada fabricante ten un código único para o comezo da dirección, **exemplos:**

08:00:20	→	Sun
08:00:5A	→	IBM
00:20:18	→	Realtek
00:80:9F	→	Alcatel

Direccións MAC

Direccións Ethernet especiais

- Dúas direccións Ethernet especiais:
 - *Broadcast*: tódolos bits a 1 (`FF:FF:FF:FF:FF:FF`), trama dirixida a tódolos nodos da rede
 - *Multicast*: bit menos significativo do primeiro byte a 1, trama dirixida a un grupo de nodos da rede
- Un nodo acepta tódalas tramas nas que a dirección destino sexa:
 - A súa propia dirección Ethernet (*unicast*)
 - Tódolos bits a 1 (*broadcast*)
 - O LSB do primeiro byte a 1 (*multicast*)
 - Calquer valor se está en modo promiscuo (ex. `ifconfig eth0 promisc`)

Direccións MAC

ARP (*Address Resolution Protocol*)

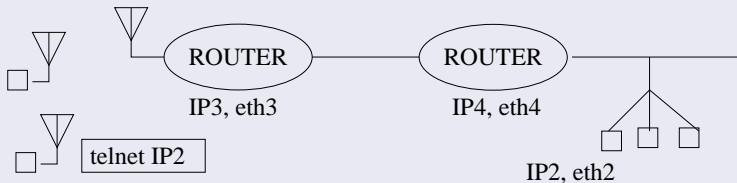
- As tarxetas de rede manexan direccións MAC
- O software dos nodos traballa con direccións IP

⇒ necesítase obter direccións MAC a partires das IPs

- O Protocolo ARP mantén unha táboa (caché ARP) con correspondencias direccións IP/direccións MAC
- Cando ARP recibe unha IP, buscaa na táboa
 - Se a atopa, devolve a MAC correspondente
 - Se non está na táboa
 - ARP emite unha trama broadcast indicando esa IP
 - O adaptador ao que corresponda esa IP responde coa súa dirección MAC
 - A resposta almacenase na cache do peticionario
 - Procedese ao envío da trama
- As entradas elimínanse aos 15 minutos

ARP

Exemplo



IP1, eth1

- 1) Se consulta en la tabla de rutas la gateway
- 2) Se pregunta la Ethernet de IP3 (si no esta en la tabla ARP) Se anade a la tabla ARP
- 3) Se hace la transmision

eth1	eth3	IP1	IP2	
------	------	-----	-----	--

tabla rutas del host IP1

destino	gateway
default	IP3

consulta:

ARP	?IP3?	
-----	-------	--

respuesta:

ARP	IP3	eth3
-----	-----	------

tabla ARP

IP	Ethernet	Tiempo
IP3	eth3	9:40

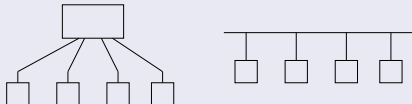
Índice

- 1 Introducción
- 2 Modelo IEEE 802
- 3 Direcciones MAC Ethernet
- 4 Ethernet**
- 5 Conmutación de etiquetas multiprotocolo
- 6 Redes inarámicas
- 7 Redes ATM
- 8 Exemplo completo

Ethernet

Características

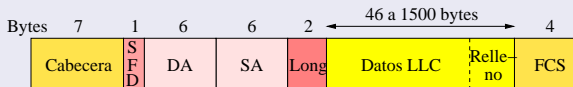
- A rede Ethernet é o tipo de LAN máis sinxela e máis común
- Servizo non fiábel
- Rede de difusión
 - Topoloxía bus: cable coaxial ponte a tódolos adaptadores. Obsoleta
 - Topoloxía estrela: par trenzado conecta cada adaptador co centro



- O protocolo Ethernet funciona sobre cable coaxial, par trenzado e fibra óptica
- Moitas velocidades: 10 Mbps, 100 Mbps, 1 e 10 Gbps

Trama MAC Ethernet

Formato



SFD = Delimitador de comienzo de trama (Start of Frame Delimiter)

DA = Dirección destino (Destination Address)

SA = Dirección origen (Source Address)

- Cabeceira: 7 bytes 10101010 cada un, sincronización
- SFD: byte 10101011, indica o comenzo real da trama
- Lonxitude do campo de datos (2 bytes)
 - En Ethernet DIX, campo de *Tipo*, indica o protocolo de rede usado (IP ou ARP)
- Recheo: para que a trama teña un tamaño mínimo
 - Tamaño mínimo (sen cabeceira nen SFD): 64 bytes = 512 bits
 - Tamaño máximo: 1518 bytes = 12144 bits
- FCS (*Frame Check Sequence*): código CRC de 4 bytes

Ethernet

Control de acceso ao medio

- Rede de difusión \Rightarrow protocolo MAC para decidir quen transmite
- Ethernet usa CSMA/CD, acceso múltiple por detección de portadora con detección de colisión
- Para recibir: todos os adaptadores escoitan continuamente o cable
- Para transmitir:
 - O adaptador escoita o medio
 - Se está libre transmite
 - Se está ocupado, espera ata que quede libre + un pequeno intervalo de seguridade
- Pódense producir colisións
- Colisión: no medio coinciden dúas sinais de datos

Ethernet

Detección de colisións

- O nodo emisor escoita o cable mentras transmite
 - Tempo de vulnerabilidade: un nodo ocupa o medio e a súa transmisión tarda un tempo en alcanzar outros nodos
 - Durante ese tempo, outros nodos ven o medio libre \Rightarrow poden transmitir
 - Os datos no medio aléranse \Rightarrow erro
 - Condición: $t_{\text{trama}} > 2t_{\text{prop}}$. Implica un tamaño de trama mínimo ou unha lonxitude de enlace máxima

Resposta ás colisións

- Cando un nodo detecta unha colisión
 - Acaba de transmiti-la cabeceira da trama
 - Emite unha secuencia de 32 bits (*jamming sequence*)
 - Detén a transmisión
 - Usa o algoritmo de espera exponencial binaria

Ethernet

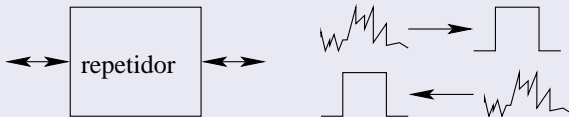
Espera exponencial binaria (*exponential backoff*)

- Divide o tempo en ranuras discretas de lonxitude
 $T = 2t_{\text{prop_max}}$
 - $T = 51,2 \mu s$ a 10 Mbps, é dicir, 512 periodos de bit
- As estacións esperan un tempo 0 ou T antes de volver a intenta-la transmisión
- Se se detecta unha nova colisión, selecciona aleatoriamente entre 0, T , $2T$ ou $3T$
- En xeral, o tempo de espera elixese aleatoriamente entre 0 e $(2^n - 1)T$, $n = 1, 2, \dots, 10$
- A partires de 10 colisións, escollese entre 0 e $1023T$
- Despois de 16 colisións seguidas, o controlador desiste e informa do fallo
- Capas superiores encárganse de recuperar o fallo

Tecnoloxías Ethernet

Repetidores

- Dispositivo de capa 1 (física) que traballa sobre bits individuais
- Ten dous ou máis interfaces
- Copia bits que chegan por unha interface no resto das interfaces (excepto por onde chegou)
 - Reconstrúe o pulso de tensión

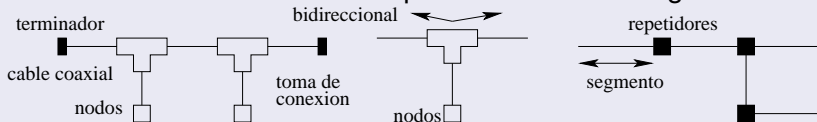


- Para transmisións a longas distancias

Tecnologías Ethernet

Topología bus (obsoleta)

- Bus de cable coaxial usando conectores T
- Terminadores nos extremos
- Non se permite máis de 4 repetidores
- Limitase o número de adaptadores en cada segmento



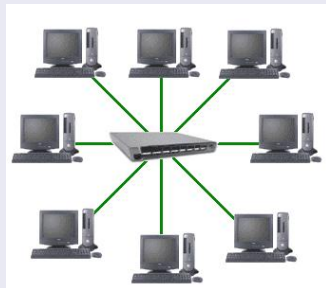
- Nomenclatura: <Mbps><transmisión><centenas m>.
Ejemplos:

- *10base2*: 10 Mbps, banda de base e segmento de 200 m
- *10base5*: 10 Mbps, banda de base e segmento de 500 m
- *10broad36*: 10 Mbps, banda ancha con modulación e segmento de 3600 m

Tecnologías Ethernet

Topoloxía estrela

- Estrela cun centro (hub ou conmutador) con par trenzado ou fibra óptica
- Cada nodo usa un par trenzado ou fibra de entrada e outra de saída (en 10 e 100 Mbps)
- Distancia limitada, 100 m no caso de par trenzado
- A partires de 1000 Mbps usanse 4 pares trenzados
- Funcionamiento do protocolo equivalente ao dun bus
- Nomenclatura: T par trenzado e F, S, L e E fibra óptica



Tecnologías Ethernet

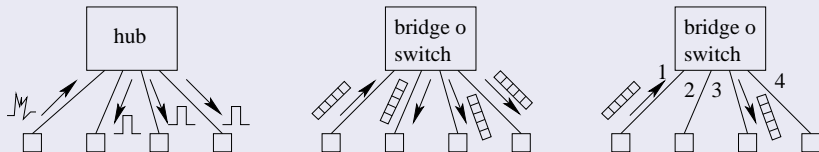
Topología estrela: exemplos

- *10base-T*: 10 Mbps, banda de base e lonxitude de 100 m
- *100base-TX* (Fast Ethernet de par trenzado): 100 Mbps, banda de base e lonxitude de 100 m
- *100base-FX* (Fast Ethernet de fibra óptica): 100 Mbps, banda de base e lonxitude de 400 m
- *1000base-T* (Gigabit Ethernet de par trenzado)
- *1000base-SX* e *1000base-LX* (Gigabit Ethernet de fibra óptica)
- *10Gbase-S*, *10Gbase-L* y *10Gbase-E* (10 Gigabit Ethernet de fibra óptica)

Ethernet

Hubs (concentradores)

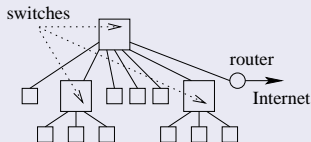
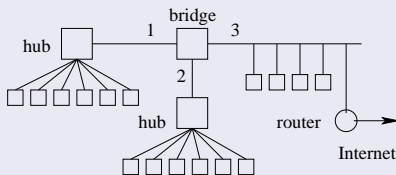
- Dispositivos de capa 1 (capa física) que traballan a nivel de bits individuais
- Hoxe en día están obsoletos
- Difunden os bits: rexeneran o bit e o envía por tódalas interfaces excepto pola que chegou
- Se chegan á vez por distintos interfaces, o hub informa aos adaptadores de que houbo colisión



Ethernet

Bridges (pontes) e switches (conmutadores)

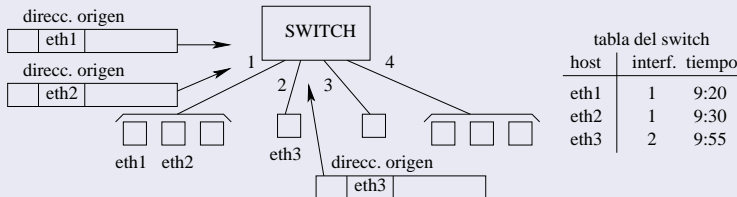
- Dispositivos de capa 2 que traballan a nivel de tramas Ethernet
 - Procesan os distintos campos das tramas Ethernet, extraen a dirección destino, determinan se teñen erros usando o CRC, etc.
- Dispoñen de colas nas interfaces de saída
- As pontes teñen poucas interfaces e os conmutadores decenas
- Os switches deixaron obsoletos ás pontes



Conmutadores e pontes Ethernet

Autoaprendizaxe

- Aprenden a localización dos adaptadores
 - Táboa de reenvío: entradas para algúns adaptadores
 - Dirección Ethernet, Interface, Instante de creación
- 1 Ao principio, a táboa está baleira. Utilizan difusión
 - 2 Aprendizaxe cara atrás: examinan as tramas que chegan
 - A interface de chegada indica a localización do adaptador
 - A dirección orixe indica a identidade do adaptador



- 3 Elimínanse as entradas de máis duns minutos

Conmutadores e pontes Ethernet

Aillamento do tráfico e filtrado

- Adaptador destino na táboa \Rightarrow reenvían as tramas so pola interface indicada
- O resto dos adaptadores non verán esa transmisión \Rightarrow tráfico aillado \Rightarrow evita colisións
- Interface orixe coincide co destino \Rightarrow o conmutador descarta a trama \Rightarrow filtrado

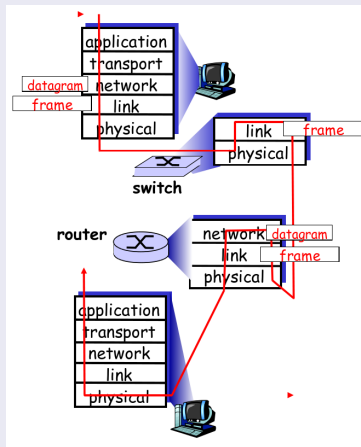
Tasa de transmisión agregada

- Múltiples transmisións simultáneas, sempre que as interfaces orixe e destino sexan distintas
- Moitas interfaces \Rightarrow tasa de transmisión agregada elevada \Rightarrow deseño de prestacións elevadas

Conmutadores Ethernet frente a routers

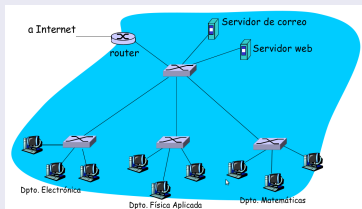
Conmutadores e routers

- Ambos son dispositivos de almacenamiento e reenvío
- Conmutadores:
 - Trabajan con cabeceiras Ethernet (capa de enlace)
 - Mantienen as táboas de conmutación, implementan filtrado e algoritmos de aprendizaxe
- Routers:
 - Trabajan con cabeceiras IP (capa de rede)
 - Mantienen as táboas de rutas, implementan algoritmos de encamiñamento



Conmutadores Ethernet

Exemplo de rede institucional



● Inconvintes:

- Se un usuario cambiase físicamente de dpto. e desexa seguir conectado ao anterior
- Dominio de broadcast único
 - Tramas de mensaxes ARP ou DHCP
- Uso ineficiente dos conmutadores: cada un so usa uns poucos portos

Redes de área local virtuais, VLANs

- Pódense abordar eses problemas cun conmutador compatible con VLANs, que soporte o estándar IEEE 802.1Q (engádense uns campos na cabeceira)

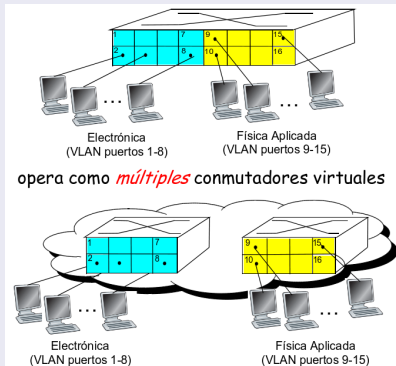
VLANs

VLANs

- Os conmutadores que soportan VLAN permiten definir múltiples LANs *virtuales* sobre unha única rede física

VLANs basadas en portos

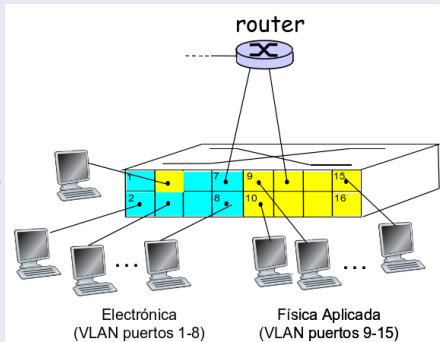
- Dividense os portos do conmutador en grupos
- Cada grupo unha VLAN
 - Mantense unha táboa portos - VLAN
 - So se entregan tramas entre portos da mesma VLAN
- Calquer cambio ⇒ reconfiguración software



VLANs

VLANs baseadas en portos

- Aillamento do tráfico
 - So se entregan tramas entre portos da mesma VLAN
 - Pódense definir VLANs por MAC
- Pertenza dinámica
 - Asignación dinámica de portos a VLANs
- Reenvío entre VLANs mediante encamiñamento
 - Na práctica, combínanse routers e switches



Índice

- 1 Introducción
- 2 Modelo IEEE 802
- 3 Direcciones MAC Ethernet
- 4 Ethernet
- 5 Conmutación de etiquetas multiprotocolo**
- 6 Redes inarámicas
- 7 Redes ATM
- 8 Exemplo completo

MPLS: Conmutación de etiquetas multiprotocolo

Rede de circuitos virtuais

- Punto de vista pedagógico: capa de rede ou de enlace
 - Formatos de paquete e comportamento de reenvío propios
- Punto de vista de Internet: capa de enlace
 - Serve para interconectar dispositivos IP

Obxetivos

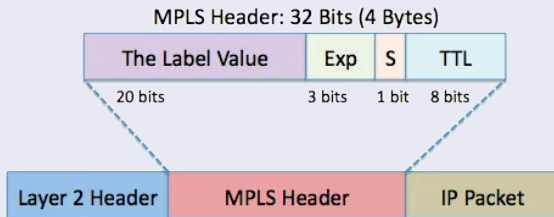
- Expandir a infraestrutura existente
 - Etiquetando selectivamente datagramas
 - Permitir aos routers o reenvío destes datagramas en base a etiquetas de lonxitude fixa
- ⇒ Mezclar técnicas de circuitos virtuais e datagramas

Funciona conxuntamente con IP

- Usan o direccionamento e o encamiñamento IP

MPLS: Conmutación de etiquetas multiprotocolo

Cabeceiras MPLS (RFC 3032)



- Exp: bits experimentáis, relacionados coa QoS
- S: *stack*, vale 1 se é a derradeira etiqueta da xerarquía

Routers de conmutación de etiquetas

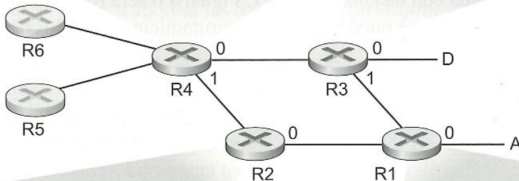
- Routers compatibles con MPLS
 - Reenvían tramas buscando etiquetas MPLS na súa táboa
 - Non necesitan IP destino

MPLS: Reenvío mediante MPLS

- R1, R2, R3 y R4 son routers de conmutación de etiquetas

Etq. entrada	Etq. salida	Destino	Interfaz de salida
	10	A	0
	12	D	0
	8	A	1

Etq. entrada	Etq. salida	Destino	Interfaz de salida
10	6	A	1
12	9	D	0



Etq. entrada	Etq. salida	Destino	Interfaz de salida
8	6	A	0

Etq. entrada	Etq. salida	Destino	Interfaz de salida
6	—	A	0

MPLS: Conmutación de etiquetas multiprotocolo

Cálculo de rutas entre routers compatibles con MPLS

- Extensión de algoritmos como OSPF
- Algoritmos específicos de cada fabricante

Uso de MPLS

- Enxenaaría de tráfico
 - Anular IP normal e dirixir o tráfico
- Establecer VPNs
- Aillar recursos

Índice

- 1 Introducción
- 2 Modelo IEEE 802
- 3 Direcciones MAC Ethernet
- 4 Ethernet
- 5 Conmutación de etiquetas multiprotocolo
- 6 Redes inarámicas**
- 7 Redes ATM
- 8 Exemplo completo

Redes inarámicas (WLAN, *Wireless LAN*)

Especificación IEEE 802.11

- 11b (en 2.4 GHz, DSSS, ata 11 Mbps)
 - Interferencias, velocidade baixa
 - Menor absorción, maior alcance (120–460 m exterior, 30–90 m interior)
- 11a (en 5 GHz, OFDM, ata 54 Mbps)
 - Menos interferencias, pero maior absorción e menor alcance (30–300 m exterior, 12–90 m interior)
 - En España, frecuencia reservada para uso militar
- 11g (en 2.4 GHz, OFDM/DSSS, ata 54 Mbps)
 - Mesma velocidade que 11a con maior alcance
 - Coexistencia con 11b (WiFi)
- 11n (bandas 2,4 Ghz y 5 Ghz, ata 600 Mbps teóricos)
 - Actualmente, en casi tódolos productos

Redes inarámicas (WLAN, *Wireless LAN*)

Especificación IEEE 802.11

- 11ac novo estándar
 - ata 1 Gbps teórico
 - ata 8 fluxos, 6.9 Gbps, nunca chegou a iso (maioría 4)
 - so 5 Ghz, en 2,4 Ghz baixa a 11n
- 11ax, futuro, arraxa problemiñas con 11ac
 - xa usa os 8 fluxos
 - en 2,4 e 5 Ghz
 - O nome comercial é WiFi 6

Redes inarámicas de área persoal (WPAN)

Especificación IEEE 802.15

Redes de pequena distancia para dispositivos. Idearonse porque o Bluetooth non é directamente compatible coas 802.11.

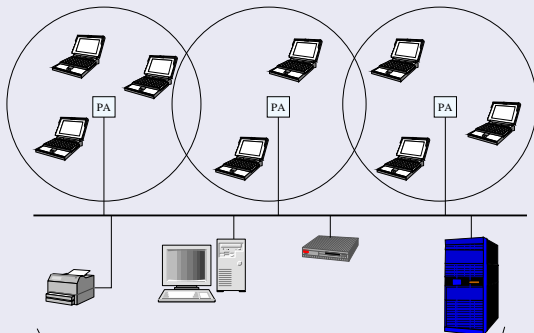
- 15.1
 - baseada na Bluetooth
- 15.2
 - indica como coexistir coas WLAN
- 15.3
 - WPAN de alta velocidade, diversas versións
- 15.4
 - WPAN de baixa velocidade, diversas versións
 - pensada para aforrar batería
 - 15.4f -> radiofrecuencia (RFID)
- outras (15.7: comunicación con luz visible)

A set of small navigation icons typically found in Beamer presentations, including symbols for back, forward, search, and other slide controls.

Configuracións WLAN

Redes distribuidas (*managed*), con estación base central

- LAN troncal cableada (*distribution system*) que conecta os servidores e os puntos de acceso (AP, *access point*)
- Cada AP da servizo a un número de estacións móbiles, distribuíndo o espazo en celas
- Exemplo: uso normal na casa/público con *routers*



Redes inarámicas

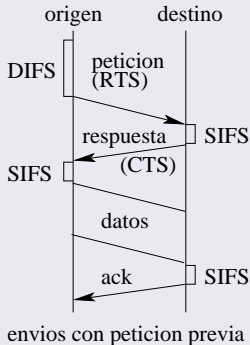
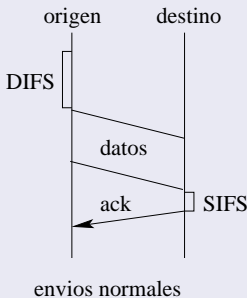
Protocolo de acceso ao medio

- Protocolo MACA (*Multiple Access with Collision Avoidance*). Tamén denominado CSMA/CA
- Un host que quera transmitir sondea o medio
 - Se está libre, espera un intervalo de seguridade grande (DIFS, *Distributed Inter Frame Space*)
 - Se continúa libre, transmite
 - Se está ocupado, continúa escoitando ata que quede libre. Espera un intervalo e, se segue libre, emite
 - Se segue ocupado, utiliza un algoritmo de espera exponencial binaria
- Non ten detección de colisións. Úsanse os ACKs
 - Entre a recepción da trama e o envío do ACK espérase un intervalo curto (SIFS)
 - Tódolos hosts deben esperar á transmisión do ACK

Redes inarámicas

Protocolo de acceso ao medio

- Uso de tramas de control para asegurar a transmisión
 - Envíase primeiro unha trama de petición de envío (RTS)
 - O destino responde cunha trama de reserva do canal (CTS)
 - Os demais hosts deben esperar a que a transmisión se complete



Índice

- 1 Introducción
- 2 Modelo IEEE 802
- 3 Direcciones MAC Ethernet
- 4 Ethernet
- 5 Conmutación de etiquetas multiprotocolo
- 6 Redes inarámicas
- 7 Redes ATM**
- 8 Exemplo completo

Redes ATM

Modo de transferencia asíncrono

- Tipo de rede coa que traballaban (traballan) as compañías telefónicas
- Diseñada para operar a alta velocidade
 - Poden transmitir datos, voz e vídeo
 - Os conmutadores poden operar a velocidades de terabits por segundo
- O modelo ATM cubre as tres capas inferiores
 - Capa física, de enlace e de rede
- Intégrase na arquitectura TCP/IP
- Usabase en redes telefónicas e nas troncais de Internet

Redes ATM

Tipos de servizo

- CBR (*Constant Bit Rate*)
 - Reservase e garantíase unha certa taxa de transmisión
 - Os retardos e as perdas baixo certos límites garantidos
 - Adecuado para transmitir audio e vídeo
- ABR (*Available Bit Rate*)
 - A taxa de transmisión varía en función dos recursos dispoñíbeis, malia que se garante un mínimo
 - Non se garante un mínimo nas perdas ou o retardo
- UBR (*Unspecified Bit Rate*)
 - So se transmiten paquetes cando o resto dos servizos da rede deixan recursos
- VBR (*Variable Bit Rate*) para aplicacións en tempo real (VBR-rt) o non en tempo real (VBR-nrt)

Redes ATM

Características

- Paquetes moi pequenos e sinxeiros (celas), para garanti-la súa conmutación a altas velocidades
 - 53 bytes: 5 bytes de cabeceira e 48 de datos
- Rede de circuitos virtuais (canles virtuais) orientada a conexión
 - Antes da transmisión, hai unha solicitude de conexión
 - Planifícase a ruta
 - As celas levan o número de canle virtual
 - O conmutador ATM consulta na táboa de canles virtuais e selecciona a liña de saída
 - Tódalas celas seguen o mesmo camiño ⇒ chegan en orden
 - Ao finalizar, hai unha fase de desconexión na que se eliminan as canles virtuais
- Non hai ACKs nen retransmisións, pero as celas teñen control de erros da cabeceira

Redes ATM

Modelo de capas en ATM

- ATM pode funcionar sobre calquer capa física
- A capa de adaptación a ATM (AAL) permite que outros protocolos usen a rede ATM

aplicacion

transporte

red

enlace
y física

ftp, telnet

TCP/UDP

IP

adaptacion ATM

ATM

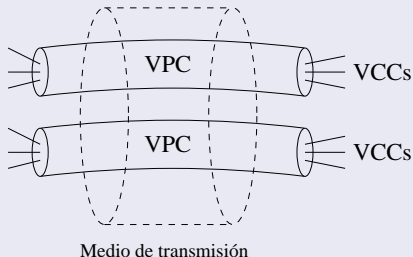
física

- Diferentes AAL dependendo do tipo de servizo
 - TCP/IP: á entrada da ATM fragmentanse os datagramas para que quepan nas celas e reensamblanse á saída
 - Audio e vídeo: agrúpanse os datos ata recher unha cela

Redes ATM


Identificador de circuito virtual

- Define dous niveles de conexión:
 - VCC (*Virtual Channel Connection*): Canle Virtual
 - É un circuito virtual
 - VPC (*Virtual Path Connection*): Camiño Virtual
 - Conxunto de VCCs coos mesmos extremos
 - Facilitan a xestión dos VCCs



Redes ATM

Estrutura das celas

4	8	16	3	1	8	384 (48 bytes)
GFC	VPI	VCI	Tipo	CLP	HEC (CRC-8)	Carga útil 

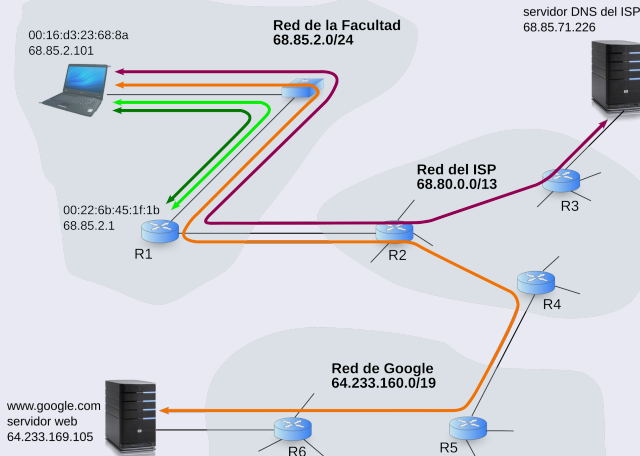
- Dous formatos: interface usuario-rede e interface rede-rede
- Control de fluxo xenérico: para a QoS
 - So na interface usuario-rede
- Identificador de canle virtual, VPI e VCI
- Tipo de carga útil
 - Se a cela é de datos ou de control
 - Tamén indica se se detecta conxestión
- Bit de prioridade da cela, CLP
- Byte de control de erro da cabeceira

Índice

- 1 Introducción
- 2 Modelo IEEE 802
- 3 Direcciones MAC Ethernet
- 4 Ethernet
- 5 Conmutación de etiquetas multiprotocolo
- 6 Redes inarámicas
- 7 Redes ATM
- 8 Exemplo completo**

Exemplo completo: acceso a unha páxina web

Esquema da rede



Acceso a unha páxina web

Inicio: obtención de IP,...

- Mensaxe de solicitude DHCP
 - Nun segmento UDP, porto destino 67, porto orixe 68
 - Nun datagrama IP, IP destino 255.255.255.255, IP orixe 0.0.0.0
 - Nunha trama Ethernet, MAC destino ff:ff:ff:ff:ff:ff, MAC orixe 00:16:d3:23:68:8a (P)
 - 1ª trama que emite o portátil ao conmutador Ethernet, que a reenvía por tódolos seus portos
 - O router R1 (servidor de DHCP) recibe a trama, extrae o datagrama con IP destino a de broadcast e pasasella ás capas superiores (demultiplexase, extraese o segmento UDP e obtense a mensaxe DHCP)

Acceso a unha páxina web

Inicio: obtención de IP,...

- O servidor DHCP crea unha mensaxe `ACK DHCP` coa IP asignada, a do DNS, a da porta de enlace por defecto e a máscara
 - Nun segmento UDP, nun datagrama IP
 - Nunha trama Ethernet, MAC destino 00:16:d3:23:68:8a (P), MAC orixe 00:22:6b:45:1f:1b (R1)
 - Envíase ao conmutador Ethernet, que xa sabe cómo reenvía-la ao portátil
 - O portátil recibe a trama, extrae o datagrama, extrae o segmento UDP e obtén a mensaxe `ACK DHCP`

Acceso a unha páxina web

Inicio: DNS, ARP

- O portátil intenta crear o socket TCP para a solicitude HTTP, pero necesita a IP
- Mensaxe de consulta de DNS “www.google.com”
 - Nun segmento UDP, porto destino 53
 - Nun datagrama IP, IP destino 68.87.71.226 (DNS), IP orixe 68.85.2.101 (P)
 - Nunha trama Ethernet ao router, MAC destino ? \Rightarrow ARP
- Consulta ARP coa IP do router por defecto (68.85.2.1)
 - Nunha trama Ethernet con MAC destino ff:ff:ff:ff:ff:ff, que o conmutador entrega a todos
 - O router R1 recibe a trama coa petición ARP coa súa propia IP

Acceso a unha páxina web

Inicio: DNS, ARP

- O router R1 prepara a resposta ARP: a IP 68.85.2.1 correspondese coa MAC 00:22:6b:45:1f:1b
 - Nunha trama Ethernet con MAC destino 00:16:d3:23:68:8a (o portátil)
 - O portátil recibe a trama e obtén a MAC do router por defecto
- O portátil completa a trama coa mensaxe de consulta de DNS
 - Nun segmento UDP, porto destino 53
 - Nun datagrama IP, IP destino 68.87.71.226 (DNS), IP orixe 68.85.2.101 (P)
 - Nunha trama Ethernet con MAC destino 00:22:6b:45:1f:1b (R1)

Acceso a unha páxina web

Inicio: DNS

- O router R1 recibe a trama e extrae o datagrama coa consulta DNS con destino 68.87.71.226 e determina segundo a súa táboa que debe reenvia-lo ao router R2 da rede do ISP
 - Nunha trama de capa de enlace segundo o tipo de enlace existente entre eses dous routers
- R2 recibe a trama e extrae o datagrama con IP destino 68.87.71.226 e determina a interface pola que debe reenvia-lo
 - Esta táboa encheuse co protocolo intradominio do ISP (RIP, OSPF) e con BGP
- O datagrama coa consulta ao DNS chega ao servidor DNS
 - Extrae a consulta e busca www.google.com na súa base de datos
 - atopa o rexistro que contén (www.google.com,

Acceso a unha páxina web

Inicio: DNS

- O servidor xera unha mensaxe coa correspondencia obtida
 - Nun segmento UDP, que inserta nun datagrama con destino o portátil (68.85.2.101)
 - Este datagrama reenvíase a través da rede do ISP ata o router R1
 - Desde R1 reenvíase ao portátil a través do conmutador Ethernet
 - O portátil extrae a dirección IP de www.google.com

Acceso a unha páxina web

Interacción cliente servidor: TCP e HTTP

- O portátil pode crear o socket TCP que usará para a mensaxe `GET` de HTTP
- Un segmento TCP `SYN` con porto destino 80 (acordo en 3 fases)
 - Nun datagrama con destino `www.google.com` (`64.233.169.105`)
 - Nunha trama Ethernet con MAC destino `00:22:6b:45:1f:1b` (R1, router por defecto) ao conmutador
- Os routers R1, os do ISP e os de Google reenvían o datagrama

Acceso a unha páxina web

Interacción cliente servidor: TCP e HTTP

- O host `www.google.com` recibe o datagrama co segmento TCP `SYN`
 - Extraese o segmento TCP `SYN`
 - Demultiplexase e entregase ao socket de acollida no porto 80
 - Crease o socket de conexión TCP entre o servidor HTTP de Google e o portátil
 - Xerase un segmento TCP `SYNACK`
 - Nun datagrama con IP destino a da portátil
 - Nunha trama de enlace según a conexión de `www.google.com` co seu router de primeiro salto
 - O datagrama co segmento `SYNACK` envíase a través das redes e recibese na tarxeta Ethernet do portátil
 - Extraese o datagrama, o segmento TCP e demultiplexase ao socket creado para iniciar a conexión

Acceso a unha páxina web

Interacción cliente servidor: TCP e HTTP

- O navegador do portátil xera a mensaxe HTTP `GET` co URL que desexa (`index.html`)
 - Esta mensaxe escríbese no socket, é dicir, pasa a ser a carga útil dun segmento TCP
 - O segmento inclúese nun datagrama
 - Entregase a `www.google.com`
- O servidor HTTP en `www.google.com` le a mensaxe HTTP `GET` do socket de conexión
- Crea unha mensaxe HTTP de resposta, insertando a páxina web solicitada (`index.html`) no corpo da mensaxe y a envía a través do socket
- O datagrama coa resposta envíase ao portátil
- O navegador le a resposta do socket, extrae o código HTML da páxina e a mostra