GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 1

El Nivel de Enlace Arquitecura de Redes de Ordenadores Arquitectura de Internet

Departamento de Sistemas Telemáticos y Computación (GSyC)

Universidad Rey Juan Carlos

Enero 2017

©2017 Grupo de Sistemas y Comunicaciones. Algunos derechos reservados. Este trabajo se distribuye bajo la licencia Creative Commons Attribution Share-Alike disponible en http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.1/es

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 2

Contenidos

1 Introducción

2 Acceso a un medio compartido

3 Gestión de Errores de Transmisión

4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace

5 Dispositivos de Interconexión de Redes

6 Referencias

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 3

Introducción Contenidos

1 Introducción

2 Acceso a un medio compartido

3 Gestión de Errores de Transmisión

4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace

5 Dispositivos de Interconexión de Redes

6 Referencias

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 4

Introducción Misiones del nivel de enlace

El Nivel de Enlace en la arquitectura TCP/IP incluye a los niveles físico y de enlace de OSI. Misiones principales:

Transformar los bits a transmitir por el medio en una señal, y extraer de una señal del medio los bits que se han transmitido. Gestionar el acceso al medio si dicho medio es compartido. Detectar los errores de transmisión Opcionalmente, corregir los errores de transmisión o retransmitir.

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 5

Introducción Conceptos Generales

Velocidad de Transmisión: Bits por segundo que se transmiten (Unidades: Kbps, Mbps, Gbps). También se le llama, informalmente, “ancho de banda”. Latencia o Retardo de propagación: Tiempo que tarda un bit desde que sale hasta que llega a su destino. Ambos conceptos son totalmente independientes: puede haber sistemas de transmisión con un buen ancho de banda y mala latencia o al revés. Tiempo que se tarda en transmitir una cantidad de bits entre máquinas conectadas al mismo canal:

Tiempo = Latencia + Velocidad Cantidad de Transmisión

de bits { }} { lo que tarda en llegar el primer bit

{ }} { lo que tarda en llegar el resto de bits a partir de llegar el primero

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 6

! =# +,-.\*%$($#$,#/0./(1(\*%ó)

$%&'()\*%(

Paquete

N/VT

T$=$Tiempo$Total

necesario$para transmitir$N$bits con$latencia$L$y velocidad$VT

tiempo

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 7

Introducción Envío de un paquete

VT:$velocidad$de

transmisión

N bits

L:$Latencia$o$retardo$de$propagación

L

Introducción Ejemplos de envío de un paquete

PaqueteN$bits **EJEMPLO'1**

N/VT1

N =$1$KB$=$8$Kbits

L1

VT1$=$1$Gbps L1=$500 μs (100km$fibra)

Paquete

N$bits **EJEMPLO'2**

L2Tiempo Total N/VT1$=$8 μs

tiempo

N =$1$KB$=$8$Kbits VT2$= 100Mbps L2$=$5$μs (1km$fibra) N/VT2$=$80 μs

N/VT1

N/VT2

N/VT2

tiempo

Tiempo Total

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 8

Introducción

Transmisión Simplex: El canal de comunicaciones es de un solo sentido. Transmisión Semi-Duplex: Canal bidireccional, pero en el que no puede transmitirse en ambos sentidos a la vez. Transmisión Duplex: Canal bidireccional en el que puede transmitirse en ambos sentidos a la vez.

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 9

Introducción Medios de Transmisión

Magnéticos: Camión cargado de DVDs o discos duros (a veces es la forma más rápida de llevar a otro lugar cantidades ingentes de información). Par Trenzado: UTP-5 Coaxial: Fino, grueso Fibra Óptica: Monomodo, multimodo Inalámbricos: Wi-Fi, UMTS (3G), GPRS, Bluetooth, Satélite

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 10

Introducción Transmisión Digital y Transmisión Analógica

Los ordenadores tienen la información que quieren transmitir ya en binario (digital). Pueden transmitirla por medios diseñados para transmitir información digital o por medios diseñados para transmitir información analógica:

Transmisión Digital: Se transmiten los datos binarios directamente por el medio de transmisión. Distintos niveles de tensión (voltios) indican los ceros o los unos. Transmisión Analógica: La información binaria se “modula” para transmitirla por un medio analógico: se transmite siempre una sinusoide que se va variando en amplitud y/o frecuencia y/o fase para indicar los ceros y unos.

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 11

Acceso a un medio compartido Contenidos

1 Introducción

2 Acceso a un medio compartido

3 Gestión de Errores de Transmisión

4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace

5 Dispositivos de Interconexión de Redes

6 Referencias

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 12

Acceso a un medio compartido Subnivel MAC

En la terminología OSI, el nivel de enlace se dividía en 2 partes:

Nivel de Red LLC (Subnivel de Control del Enlace Lógico) MAC (Subnivel de Control de Acceso al Medio) Nivel Físico

MAC: se encarga del acceso a un medio de transmisión compartido por varias máquinas. LLC: se encarga de la gestión de los errores de transmisión. El término MAC ha trascendido al propio modelo OSI y se utiliza muchas veces de forma informal para referirse a las tarjetas de red o a sus direcciones.

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 13

Acceso a un medio compartido El problema del acceso al medio

¿Cómo y cuándo asignar el canal físico a las distintas máquinas que lo comparten y quieren acceder a él? Soluciones:

Asignación estática: Se reparte el canal en el tiempo (TDM) o en frecuencia (FDM). Bueno para tráficos pesados y constantes, pero malo para ráfagas (lo habitual). Asignación dinámica: No está prefijado el reparto. Trata de aprovechar mejor el canal:

Acceso por contienda: Las máquinas compiten por usar el medio. Si coinciden dos o más a la vez: colisión Acceso por reserva: Las máquinas pueden hacer reservas para poder usar el canal en exclusiva durante un tiempo

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 14

Acceso a un medio compartido Protocolo CSMA/CD

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection): Acceso múltiple con detección de portadora. Es un protocolo de acceso al medio por contienda, utilizado en las tarjetas Ethernet. Funcionamiento:

Cuando una estación quiere transmitir escucha en el canal. Si está ocupado, espera a que quede libre Si está libre, transmite.

Mientras transmite, sigue escuchando para ver si alguien transmite a la vez, en cuyo caso aborta la transmisión

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 15

Acceso a un medio compartido Protocolo CSMA/CD

¿Cuándo se producen las colisiones?

Cuando dos estaciones deciden transmitir simultáneamente al ver el canal libre. Cuando el canal parece libre pero no lo está debido al retardo de propagación de los paquetes por la red. Caso patológico: Dos estaciones quieren transmitir y ven que el canal está ocupado. Esperan a que quede libre, y cuando lo está ambas transmiten a la vez, colisionando. Y así indefinidamente. Para evitarlo, en caso de colisión las estaciones esperan un tiempo aleatorio antes de reintentar.

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 16

Acceso a un medio compartido Protocolo CSMA/CD

Tiempo de reacción: Tiempo que tarda en detectarse una colisión en el caso peor. Se calcula como el doble del retardo máximo de propagación (т):

Desde que A empieza a transmitir hasta que pasa т, B puede empezar a transmitir también. B se da cuenta de la colisión inmediatamente, pero hasta que no pasa otro т, A no se entera.

Ejemplo: Con cable coaxial de 1 km

т = 5 is tiempo de reacción = 10 is

**A B**

τ

1empo#

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 17

τ:#Latencia#o#retardo#de#propagación#

τ

Acceso a un medio compartido Protocolos de Paso de Testigo

Acceso al medio por reserva: Existe un testigo o token que circula por la red. En todo momento, sólo el poseedor del testigo puede transmitir, por lo que desaparecen las colisiones. Supone que las estaciones de la red se configuran como un anillo físico o lógico. Mecanismo:

Cuando el canal está libre, por él circula el testigo. Cuando una estación quiere transmitir:

captura el testigo envía su trama devuelve el testigo al anillo.

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 18

En algunos protocolos el emisor pregunta al receptor si está listo para recibir algo para minimizar este problema.

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 19

Acceso a un medio compartido Acceso al medio en redes inalámbricas

En redes inalámbricas escuchar el medio no da suficiente información para saber si habrá o no colisiones, por lo que CSMA/CD no es aplicable:

El alcance de las estaciones es limitado: no todas oyen a todas Lo que importa es lo que oye el receptor: habrá colisión si el receptor oye dos señales a la vez

Aunque el emisor (A) oiga silencio antes de transmitir puede ser que el receptor (C) sí esté oyendo algo (a B), y por lo tanto habrá colisión en el receptor (C) sin que se entere el emisor.

Aunque el emisor (B) oiga otra señal (a C) antes de transmitir puede ser que el receptor (A) no escuche la otra señal (a C), y por lo tanto no habría colisión si se transmitiera (de B a A).

B A C

A A

C B D

C B D

Acceso a un medio compartido Evitar colisiones en redes inalámbricas

En redes inalámbricas se intenta evitar las colisiones, haciéndolas estadísticamente poco probables aunque varias estaciones transmitan a la vez. Protocolos y técnicas, por ejemplo, CSMA/CA:

El emisor solicita permiso para enviar utilizando una trama RTS (Request to Send). La estación base envía el permiso a través de una trama CTS (Clear to Send). Dado que esta trama CTS alcanza a todas las máquinas que se comunican con la estación base, todas ellas conocen que hay una estación que ha recibido el permiso para enviar, y por tanto el resto de nodos no envían. El receptor debe confirmar que ha recibido los datos.

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 20

Gestión de Errores de Transmisión Contenidos

1 Introducción

2 Acceso a un medio compartido

3 Gestión de Errores de Transmisión

4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace

5 Dispositivos de Interconexión de Redes

6 Referencias

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 21

Gestión de Errores de Transmisión Tipos de Errores de Transmisión

Dos tipos de errores:

al menos un bit de una trama ha cambiado una trama entera se ha perdido Las tramas que contienen bits erróneos:

Obligatoriamente tienen que detectarse en este nivel Opcionalmente pueden corregirse en este nivel:

de forma automática mediante retransmisión

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 22

Gestión de Errores de Transmisión Detección de errores Contenidos

1 Introducción

2 Acceso a un medio compartido

3 Gestión de Errores de Transmisión

Detección de errores Corrección de errores Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas

4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace

Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi PPP ADSL

5 Dispositivos de Interconexión de Redes

6 Referencias

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 23

Gestión de Errores de Transmisión Detección de errores Detección de errores

Se introduce redundancia en los bits a transmitir con el objeto de poder detectar en recepción cuándo una trama ha llegado con errores. Primera aproximación: añadir a los datos un Bit de Paridad:

Se añade 1 bit a los datos de forma que el total de “unos” enviados en una trama sea siempre par (paridad par).

0111000110101011# 1Bit#de##

paridad#par#

Se detectarán errores de 1 solo bit en la trama, y hay un 50 % de probabilidades de detectar errores de más de 1 bit en la misma trama.

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 24

Gestión de Errores de Transmisión Detección de errores Detección de errores Códigos de Redundancia Cíclica (CRC) (I)

Se consideran los patrones de bits como polinomios, y se realizan operaciones aritméticas módulo 2 con ellos. Se implementa con circuitos hardware sencillos. En emisión:

se añaden n ceros al final de la trama. se divide la trama resultante por un polinomio generador G(x) el resto de esa división será el CRC. se sustituyen los n ceros concatenados al final de la trama por el valor del resto de la división.

**En(Emisión(**Información# 32#bits# **Dividendo(** 0000...0#

Cociente#

**Divisor(**

generador#G(x)## Polinomio#

(33#bits)#

Resto#

**CRC-32(**

**CRC-32(**

**Trama( que(se( envía(**

Información#

32#bits#

Resto#

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 25

Gestión de Errores de Transmisión Detección de errores Detección de errores Códigos de Redundancia Cíclica (CRC) (II)

En recepción:

se divide la trama recibida por un polinomio generador G(x) se obtiene el resto de esa división. Si el resto es distinto de cero se considera que la trama es errónea.

**En(Recepción(**

Información# 32#bits# **Dividendo(**

Cociente#

**Divisor(**

generador#G(x)## Polinomio#

(33#bits)#

Resto#

32#bits#

32#bits#

**¿Es(el(Resto=((((((((((((((?(** 0000...0#

**¿Es(el(Resto=((((((((((((((?(** 0000...0#

32#bits#

**Trama( que(se( recibe(**

Información#

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 26

Gestión de Errores de Transmisión Detección de errores Detección de errores Códigos de Redundancia Cíclica (CRC) (III)

Los CRC de 32 bits se detectan:

Todos los errores simples y dobles Todos los errores en un número impar de bits Todas las ráfagas de longitud≤16 bits El 99.997 % de las ráfagas de 17 bits El 99.998 % de las ráfagas de longitud≥18 bits

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 27

Gestión de Errores de Transmisión Corrección de errores Contenidos

1 Introducción

2 Acceso a un medio compartido

3 Gestión de Errores de Transmisión

Detección de errores Corrección de errores Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas

4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace

Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi PPP ADSL

5 Dispositivos de Interconexión de Redes

6 Referencias

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 28

Gestión de Errores de Transmisión Corrección de errores Corrección automática de errores

Puede introducirse aún más redundancia en los datos que se envían para, en caso de error, poder “suponer” cuáles eran los datos originales, y corregir automáticamente los errores. Idea Básica (códigos Hamming):

sólo ciertos patrones de bits son “posibles” si se recibe un patrón “imposible”, se supone que el que se quería enviar es aquel “posible” que más se le parezca.

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 29

Gestión de Errores de Transmisión Corrección de errores Detección y corrección automática de errores

Ejemplo:

1 Patrones posibles: 0000000000, 0000011111, 1111111111,

1111100000 2 Se envía: 0000011111 3 Se recibe: 0000000111 4 Se corrige a 0000011111 Si al transmitir 0000011111 hubiera habido 3 errores, y llegado 0000000011, se hubiera corregido incorrectamente a 0000000000.

Se desaprovecha mucho la capacidad del medio, pero esta técnica se utiliza cuando se da una de estas dos situaciones:

el medio de transmisión es símplex (¡no se puede pedir retransmisión!) “sobra” ancho de banda

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 30

Gestión de Errores de Transmisión Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas Contenidos

1 Introducción

2 Acceso a un medio compartido

3 Gestión de Errores de Transmisión

Detección de errores Corrección de errores Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas

4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace

Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi PPP ADSL

5 Dispositivos de Interconexión de Redes

6 Referencias

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 31

Gestión de Errores de Transmisión Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas

Se utiliza:

cuando se pierden tramas cuando se descartan tramas por llegar con errores MUY IMPORTANTE: No es obligatorio que el nivel de enlace retransmita tramas perdidas/descartadas.

En TCP/IP sobre Ethernet por ejemplo las retransmisiones las hace TCP (nivel de transporte) y no Ethernet (nivel de enlace). Los protocolos de retransmisión utilizan asentimientos (ACKs) y plazos para su funcionamiento. Los protocolos de retransmisión también se denominan ARQ (Automatic Repeat reQuest).

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 32

Gestión de Errores de Transmisión Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas

Tres tipos de protocolos para retransmitir tramas perdidas/descartadas:

Parada y Espera: El emisor, después de enviar una trama, espera su asentimiento por parte del receptor antes de enviar la trama siguiente. Envío Continuo: El emisor va enviando tramas sin parar, y el receptor le va asintiendo por su cuenta. Ventana: Intermedio entre los dos anteriores: el emisor envía sin parar hasta un número máximo de tramas antes de tener los asentimientos.

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 33

Gestión de Errores de Transmisión Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas Parada y Espera

Mecanismo básico:

Plazo

Emisor Receptor

tiempo

dato-1

ACK

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 34

Gestión de Errores de Transmisión Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas Parada y Espera

Si no se recibe el ACK, transcurrido un plazo se retransmite.

Emisor Receptor

dato-1

tiempo

Plazo

dato-1

Plazo

ACK

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 35

Gestión de Errores de Transmisión Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas Parada y Espera

El protocolo genera duplicados, que podrían descartarse en el receptor si los paquetes van identificados de alguna forma.

El duplicado se debe a que se pierde un ACK.

Se envía una retransmisión innecesaria.

Emisor Receptor

tiempo

Plazo

dato-1

Plazo ACK

dato-1

ACKGSyC - 2017 El Nivel de Enlace 36

Gestión de Errores de Transmisión Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas Parada y Espera

El protocolo genera duplicados, que podrían descartarse en el receptor si los paquetes van identificados de alguna forma.

El duplicado se debe a que se pierde un ACK se retrasa.

Se envía una retransmisión innecesaria.

Emisor Receptor

tiempo

dato-1

Plazo

ACKdato-1

Plazo ACK GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 37

Gestión de Errores de Transmisión Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas Parada y Espera

Problema: Detectar duplicados Solución: Con asentimiento alternado: cada paquete de datos lleva un bit que va alternando. Los acks también incluyen el bit para identificar uno u otro paquete.

Emisor Receptor Emisor Receptor

dato-1 (0)

ack (0)dato-2 (1)

ack (1)dato-3 (0)

ack (0)

dato-1 (0)

dato-1 (0)

ack (0)

plazo

ack (0)

dato-2 (1)

ack (1) Ya no hay duplicados ni pérdidas

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 38

Gestión de Errores de Transmisión Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas Envío Continuo

Problema: El canal está infrautilizado. Mejor que el emisor envíe siempre que pueda. Solución: Envío continuo con Rechazo Simple, utilizando ACK negativo.

Emisor Receptor

tiempo

dato-1

dato-2

dato-3

dato-4

dato-5 nack-3 dato-6

por lo que ¡¡cada trama debe tener un identificador!! dato-3

dato-4

dato-5

Se asiente negativamente la trama perdida,

El Emisor debe reenviar todas las tramas desde la perdida

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 39

Gestión de Errores de Transmisión Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas Envío Continuo

Envío continuo con Rechazo Selectivo:

tiempo

Emisor Receptor

dato-1

dato-2

dato-3

dato-4

dato-5 nack-3 dato-6

dato-3

Se asiente negativamente la trama perdida

dato-7

dato-8

Emisor sólo retransmite las tramas indicadas,

lo que es más eficiente

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 40

Gestión de Errores de Transmisión Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas VentanasParada y Espera es muy lento.

Envío Continuo requeriría memoria infinita. Solución intermedia: El Emisor, en vez de parar después de transmitir cada trama, para después de transmitir n (tamaño de la ventana) tramas. Cuando va recibiendo los ACKs de las tramas enviadas puede proseguir enviando nuevas tramas.

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 41

Gestión de Errores de Transmisión Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas Ventanas

Emisor Receptor

1dato-1

1 2

dato-2

1 2 3

dato-3

Tamaño de ventana del Emisor: 3 ack-1

2 3

ack-2 4 2 3 4 3

dato-4 4 5 3

dato-5 4 5 3

dato-3

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 42

Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace Contenidos

1 Introducción

2 Acceso a un medio compartido

3 Gestión de Errores de Transmisión

4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace

5 Dispositivos de Interconexión de Redes

6 Referencias

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 43

Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi Contenidos

1 Introducción

2 Acceso a un medio compartido

3 Gestión de Errores de Transmisión

Detección de errores Corrección de errores Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas

4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace

Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi PPP ADSL

5 Dispositivos de Interconexión de Redes

6 Referencias

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 44

Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi Ethernet (I)

Diseñado originalmente por Xerox, DEC e Intel, 1973 Normalizado en 1983. IEEE 802.3 Originalmente pensada para medios compartidos con acceso mediante CSMA/CD Hasta 10 Mbps Medios físicos:

Cable coaxial grueso (Thicknet): 10Base5, topología en bus. Cable coaxial fino (Thinnet): 10Base2, topología en bus. Par trenzado: 10Base-T, topología en estrella. Fibra óptica: 10Base-F, topología en estrella Nivel Físico: Código Manchester, niveles de +0.85V y –0.85V.

Cada bit codificado contiene una transición en la mitad del intervalo de duración de los bits. Una transición de negativo a positivo representa un 1 y una transición de positivo a negativo representa un 0. Acceso al Medio: CSMA/CD

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 45

Longitud máxima hasta el concentrador: 100 metros

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 46

Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi Ethernet (II)

10BaseT:

Cable UTP-3 ó UTP-5 (Unshielded Twisted Pair): 4 Pares trenzados, no blindados, categoría 3 ó 5. Conectores RJ-45. Se usa un par para transmitir y otro para recibir (full duplex). Dispositivo de interconexión:

Un concentrador (hub) hace de bus. Lo que recibe por una boca, lo retransmite por todas las demás. 10 Mbps entre todas las bocas.

A veces se usa un conmutador (switch): Reenvía sólo a la boca a la que se conecta el destinatario. 10 Mbps por boca y sentido, varias transmisiones a la vez.

Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi Ethernet (III) Formato de trama

6 bytes 6 bytes 2 bytes 46-1500 bytes 4 bytes

Dirección Ethernet **Des$no**

Dirección Ethernet **Origen**

Tipo de Protocolo **Datos** Relleno CRC

Tipo de Protocolo **Datos** Relleno CRC

**CABECERA DATOS CRC**

Cuando una estación envía una trama, antes de poner en el medio los bits de la trama propiamente dicha, envía:

Preámbulo: 7 bytes con valor lOlOlOlO reloj con el del transmisor. Comienzo de trama: 1 byte con valor lOlOlOll Pero estos 8 bytes previos no se consideran parte del formato de la trama Ethernet.

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 47

Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi Ethernet (IV)

Direcciones destino y origen: 6 bytes.

Si todos los bits de destino son 1, la trama será entregada a todas las estaciones de la subred (omnienvío o broadcast). Si el bit 40 (el de menor peso del primer byte) de la dirección destino es 1, la trama va destinada a un grupo de máquinas (multienvío o multicast). Si el bit 46 (el segundo bit del primer byte) de una dirección está a 0, la dirección es de ámbito mundial, asignada de forma única. Si está a 1, es de ámbito local, relativo a esa subred. En ambos casos son direcciones unienvío o unicast. Los tres primeros bytes suelen identificar a la organización que asigna la dirección (fabricante). La dirección de destino va delante para que una estación sepa rápidamente si una trama es para ella o no.

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 48

Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi Ethernet (V)

Tipo: Indica el Protocolo encapsulado dentro del campo de Datos:0x0800: datagrama IP

0x0806: paquete ARP (28 bytes de datos y 18 de relleno) Datos: Entre 0 y 1500 bytes. Relleno: La norma obliga a que toda trama sea ≥ 64 bytes, para poder considerar que todas las tramas menores son resultado de transmisiones abortadas al detectar colisión. Si hay menos de 46 bytes de datos, dichos datos se acompañan de bytes de relleno: entre 0 y 46 bytes de relleno, para que entre Datos y Relleno haya al menos 46 bytes. Según la especificación original de Ethernet:

Retardo máx. de propagación: 25.6 μs Tiempo de Reacción: 25.6 x 2 = 51.2 μs Bits transmitidos en 51.2 μs a 10 Mbps: 51,2 · 10−6 × 10 · 106 = 512 bits = 64 bytes

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 49

Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi Ethernet (VI)

CRC: 32 bits de Control de Redundancia Cíclica, para la detección de errores:

El transmisor calcula el CRC de los bits de datos, y lo coloca en la trama. El receptor calcula el CRC de la trama recibida y decide si los datos han sido modificados por ruido en el cable y en ese caso, se descarta la trama. Como en una Ethernet de cable los errores de transmisión son poco probables, no se solicita retransmisión de las tramas que se descartan. Estas tramas perdidas por errores de transmisión se recuperarán (junto con las que se pierden en el nivel de red por congestión) en el nivel de transporte.

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 50

Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi Fast Ethernet

En 1995 se aprueba IEEE 802.3u 100 Mbps Esencialmente igual a Ethernet, mantiene la compatibilidad. Mismo formato de trama, aumenta la velocidad de transmisión reduciendo el tiempo de cada bit 100Base-TX: 2 pares UTP-5 100Base-T4: 4 pares UTP-3 100Base-FX: 2 fibras ópticas

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 51

Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi Gigabit Ethernet

IEEE 802.3z Año 1998. 1Gbps (1000 Mbps). Para alcanzar esta velocidad fueron necesarios muchos cambios, pero mantiene compatibilidad hacia atrás Se empezó a usar en redes troncales, en la actualidad es normal encontrarlo en PCs

También: 10-Gigabit Ethernet

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 52

Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi Wi-Fi (I)Wi-Fi (Wireless Fidelity): Término registrado, promulgado por la Wi-Fi Alliance, para certificar productos IEEE 802.11[abgn] capaces de interoperar con los de otros fabricantes. Dos modos de operación:

Modo ad-hoc: Un nodo se comunica directamente con otro Modo infraestructura: Los nodos móviles se comunican con un punto de acceso (access point, AP) .

la misión principal del punto de acceso suele ser dar acceso a la red fija la comunicación entre nodos móviles se hace a través del punto de acceso cada nodo móvil ha de asociarse a un punto de acceso antes de transmitir

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 53

Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi Wi-Fi (II)

El formato de trama es compatible con 802.3, aunque no idéntico. En el formato hay espacio para 4 direcciones Ethernet:

en modo ad-hoc sólo se usan 2. en modo infraestructura. se usan 4:

Dirección del nodo origen Dirección del AP asociado al nodo origen Dirección del AP asociado al nodo destino Dirección del nodo destino IMPORTANTE: Dado que el medio inalámbrico es mucho más propenso a errores de transmisión, en Wi-Fi cada trama que se transmite debe ser asentida, y si no, se retransmite. Esto es una diferencia muy importante con los protocolos Ethernet sobre cable.

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 54

Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace PPP Contenidos

1 Introducción

2 Acceso a un medio compartido

3 Gestión de Errores de Transmisión

Detección de errores Corrección de errores Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas

4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace

Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi PPP ADSL

5 Dispositivos de Interconexión de Redes

6 Referencias

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 55

Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace PPP PPP: Point to Point Protocol

Es un protocolo pensado para encapsular IP (nivel de red) sobre línea serie. Está diseñado de forma que no sólo puede encapsular IP, sino también otros protocolos. Se utiliza fundamentalmente para conectarse a Internet a través de la red telefónica básica mediante módem. Históricamente se usó primero SLIP (Serial Line IP), pero PPP es más completo. La principal diferencia de PPP con SLIP es que PPP incluye detección de errores de transmisión mediante CRC.

control flag addr flag 7E 7E FF 03 datos protocolo CRC

no bytes 1 1 1 hasta 1500 2 2 1

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 56

Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace ADSL Contenidos

1 Introducción

2 Acceso a un medio compartido

3 Gestión de Errores de Transmisión

Detección de errores Corrección de errores Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas

4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace

Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi PPP ADSL

5 Dispositivos de Interconexión de Redes

6 Referencias

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 57

Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace ADSL ADSL: Asymetric Digital Susbcriber Line

Telefonía normal:

Voz entre 0 y 4 kHz. Centralitas agrupan varias conversaciones (desplazadas en frecuencia) en el mismo cable ADSL:Siguen usándose 0-4 kHz para voz

En el resto de ancho de banda del cable van los datos La centralita separa voz de datos y transmite cada cosa por separado Ancho de banda separado para recibir y transmitir Asimétrico: Mucho más ancho de banda para recibir Velocidades: 128Kbps-2Mbps para transmitir, 1-20Mbps para recibir

ADSL es más bien un nivel físico: como nivel de enlace puede utilizarse cualquier de los usados en líneas punto a punto.

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 58

Dispositivos de Interconexión de Redes Contenidos

1 Introducción

2 Acceso a un medio compartido

3 Gestión de Errores de Transmisión

4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace

5 Dispositivos de Interconexión de Redes

6 Referencias

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 59

Dispositivos de Interconexión de Redes Interconexión de niveles de enlace

Para interconectar dos o más niveles de enlace pueden colocarse dispositivos muy diferentes en propósito y funcionamiento. Entre ellos destacan los siguientes:

concentradores (hubs) conmutadores (switches)

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 60

Dispositivos de Interconexión de Redes Concentradores (hubs)

Es un dispositivo que recibe una señal por un puerto y copia esa misma señal por el resto de puertos. Físicamente el hub configura una red con topología en estrella. Desde el punto de vista de funcionamiento el hub ofrece un servicio equivalente al bus, donde todas las estaciones conectadas a dicho bus reciben el mismo tráfico.

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 61

Dispositivos de Interconexión de Redes Conmutadores (switches)

Exteriormente muy parecidos a los concentradores, pero de comportamiento muy diferente Almacenan internamente las tramas entrantes en buffers (memoria), de los que en paralelo van sacando tramas y reenviándolas por las bocas adecuadas (trabajan en el nivel 2). Pueden dar todo el ancho de banda a cada una de varias transmisiones simultáneas entre bocas.

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 62

Referencias Contenidos

1 Introducción

2 Acceso a un medio compartido

3 Gestión de Errores de Transmisión

4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace

5 Dispositivos de Interconexión de Redes

6 Referencias

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 63

Referencias Referencias

A. Tanembaum, Redes de Computadores (4a ed.): Cap. 3, Cap. 4 (4.1, 4.2, 4.3, 4.3, 4.7). J. F. Kurose, K. W. Ross, Computer Networking: A Top-Down Approach (4th ed): Cap. 5 (5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.7), Cap. 6 (6.1, 6.2, 6.3.1, 6.3.2, 6.3.3).

GSyC - 2017 El Nivel de Enlace 64