

Administración de Sistemas Operativos de Redes Locales

Angi Díaz Berenguer angi@eduangi.com

Eduardo Collado Cabeza edu@eduangi.com

Apuntes disponibles en <http://www.eduangi.com/>

Módulo 1

Teoría de las Comunicaciones



Concepto de Comunicación

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- El concepto de comunicación es muy general
- **Comunicación:** intercambio de información entre dos o más individuos o entidades de proceso.
- El problema principal es el de siempre: la información recibida ha de ser entendida perfectamente para su posterior procesado.
- Los elementos básicos del proceso de comunicación son: fuente de información, medio de transmisión y receptor de información.
- Es necesario establecer reglas para la comunicación.
- Protocolo: conjunto de reglas concretas que definen convenios en un ámbito determinado.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

3

Componentes de un Sistema de Comunicaciones de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Fuente
- Transmisor
- Sistema de Transmisión
- Receptor
- Destino

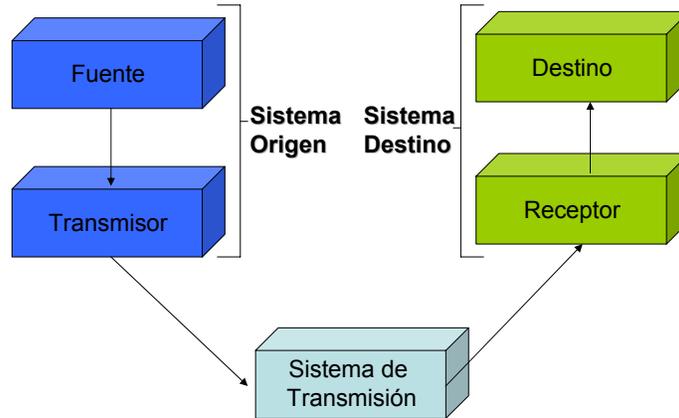
Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

4

Componentes de un Sistema de Comunicaciones de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com



Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

5

Ejemplos de Sistema de Comunicaciones

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Dos PDAs conectadas sin cables



- Dos PCs conectados por cable



Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

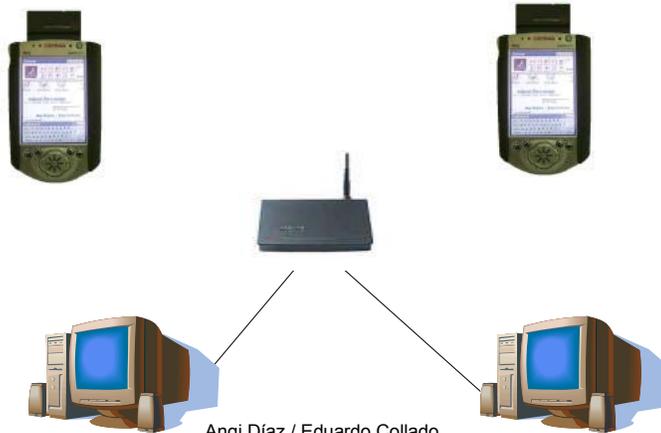
6

Ejemplo de Sistema de Comunicaciones

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Ejemplo mixto de tecnologías con cable y sin cable



7

Servicios Orientados a Conexión y No Orientados a Conexión (I)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Las capas proporcionan dos tipos diferentes de servicio: orientados a la conexión y no orientado a la conexión.
- Servicio Orientado a la Conexión: para poder hacer uso del servicio, previamente el usuario ha de establecer una conexión. Una vez establecida esta conexión, se puede usar los servicios proporcionados por la interfaz. Cuando finalice el uso, entonces el servicio ha de ser liberado (cierre). Esto actúa en forma de “tubo”: el emisor empuja o manda objetos (datos en definitiva) por un extremo, y el receptor los saca, por el mismo orden, por el otro extremo.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

8

Servicios Orientados a Conexión y No Orientados a Conexión (II)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Servicio No Orientado a la Conexión: para hacer uso del servicio no es necesario establecer una conexión previa, sino que basta con colocar a cada uno de los mensajes la dirección destino del servicio, y el sistema encamina de forma independiente cada uno de los mensajes. Normalmente, cuando se envían dos mensajes al mismo destino, el primero que se envió será el primero en llegar, pero puede que esto no ocurra. Con un servicio orientado a la conexión, esto es imposible.
- Cada servicio puede caracterizarse por una calidad del servicio. Pueden ser confiables, en el sentido de que no pierden datos, por ejemplo.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

9

Servicios Orientados a Conexión y No Orientados a Conexión (III)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- En general, un servicio confiable se puede implementar haciendo que el receptor acuse el recibo de cada mensaje, lo cual acarrea en muchos casos una sobrecarga y retrasos muchas veces no justificada.
- Ejemplo de servicio confiable orientado a la conexión: transmisión de ficheros. Ejemplo de servicio no confiable orientado conexión: voz digitalizada.
- Dos tipos de servicios confiables orientados a la conexión:
 - Secuencia de Mensajes: cuando se envían dos mensajes de 1KB, llegan dos mensajes distintos de 1KB, nunca uno de 2KB.
 - Corrientes de Bytes: cuando llegan 2KB al receptor, no hay forma de saber si se mandó un mensaje de 2KB, dos de 1KB o incluso 2048 de un byte.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

10

Servicios Orientados a Conexión y No Orientados a Conexión (IV)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Respecto a los servicios no orientados a la conexión, decir que pueden ser de dos tipos básicos:
 - Servicio de Datagrama (no confiable, lo que significa sin acuse de recibo).
 - Servicio de Datagrama con Acuse.
 - Servicio de Petición y Respuesta: el remitente transmite undatagrama sencillo que contiene una petición; la respuesta contiene la contestación. Se usa sobre todo para instrumentar la comunicación en un modelo cliente-servidor: el cliente emite una petición y el servidor le responde.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

11

Servicios Orientados a Conexión y No Orientados a Conexión (V)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Cuadro Resumen - Ejemplos:
 - Servicios Orientados a la Conexión:
 - Flujo de Mensajes Confiable Secuencia de Páginas
 - Flujo de Bytes Confiables Ingreso Remoto
 - Conexión No Confiable Voz Digitalizada
 - Servicios No Orientados a la Conexión:
 - Datagrama No Confiable E-Mail de Propaganda
 - Datagrama con Acuse de Recibo E-Mail Registrado
 - Petición / Respuesta Consulta de BB.DD.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

12

Topologías en Redes Locales

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- **Topología:** Forma geométrica de colocar las estaciones y los cables que las conectan.
- **Control de la Red:** El Control de la Red podemos entenderlo como la “inteligencia de la red”

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

13

Tipos de Topologías

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- En bus o árbol
 - Todas las estaciones comparten un mismo canal de comunicaciones. Las estaciones utilizan este canal para comunicarse con el resto.
- En anillo
 - Las estaciones se conectan formando un anillo. Ningún nodo controla totalmente el acceso a la red.
- En estrella
 - Todas las estaciones están conectadas por separado a un centro de comunicaciones o nodo central, pero no están conectadas entre si.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

14

Factores de evaluación de las Topologías

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Aplicación
 - Tipo de instalación más apropiado a la topología
- Complejidad
 - Complejidad técnica de la topología
- Respuesta
 - Tráfico que puede soportar el sistema
- Vulnerabilidad
 - Referente a lo susceptible de la topología a fallos
- Expansión
 - Posibilidad de ampliar la red.

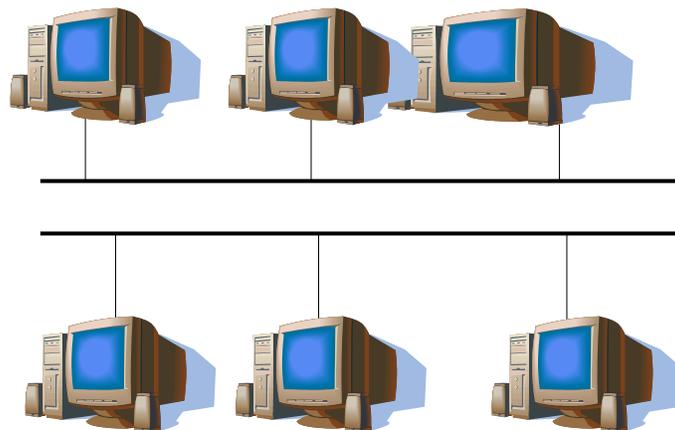
Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

15

Distintas Topologías de Red Topología en Bus y en Árbol

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com



Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

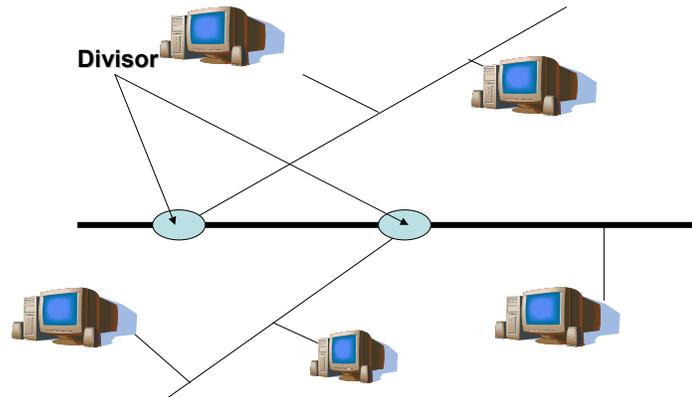
16

Distintas Topologías de Red

Topología en Árbol

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com



Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

17

Factores de Evaluación de una Topología en Bus

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- **Aplicación**
 - Instalaciones pequeñas y redes con poco tráfico.
- **Complejidad**
 - Suelen ser relativamente sencillas.
- **Respuesta**
 - Excelente para poco tráfico, pero cuando este aumenta disminuye rápidamente.
- **Vulnerabilidad**
 - Sólo vulnerables a fallos en el bus principal, los fallos en estaciones no afectan.
- **Expansión**
 - Muy sencilla, intercalar una nueva estación.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

18

Ventajas e Inconvenientes Topología en Bus

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- **Ventajas**
 - Medio de transmisión totalmente pasivo.
 - Sencillo conectar nuevos dispositivos.
 - Se suele utilizar toda la capacidad de transmisión disponible.
 - Fácil de instalar.
- **Inconvenientes**
 - Red fácil de intervenir con equipo adecuado.
 - El interfaz de transmisión de cada estación tiene que ser inteligente.
 - Los dispositivos no inteligentes necesitan interfaces muy complicadas
 - A veces los mensajes interfieren entre sí.
 - La longitud generalmente no sobrepasa los 2000 metros.

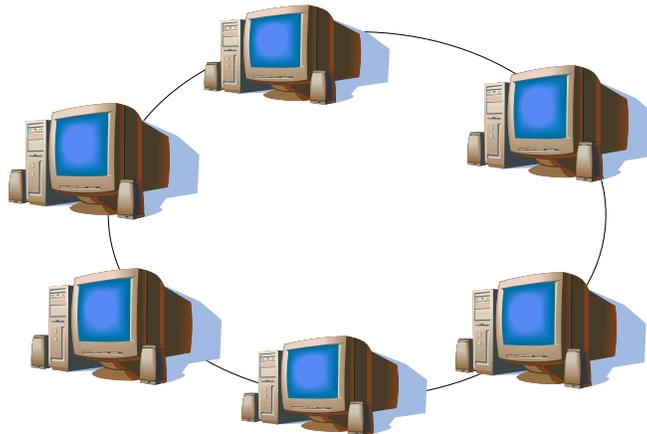
Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

19

Distintas Topologías de Red Topología en Anillo

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com



Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

20

Factores de Evaluación de una Topología en Anillo

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Aplicación
 - Instalaciones con asignación de capacidad de red equitativa o redes pequeñas.
- Complejidad
 - Hardware complicado, pero lógica sencilla.
- Respuesta
 - Estable con mucho tráfico, pero el tiempo de espera es grande.
- Vulnerabilidad
 - Un fallo en un nodo puede hacer que falle el sistema.
- Expansión
 - Muy sencilla, intercalar una nueva estación, costes de modificación bajos.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

21

Ventajas e Inconvenientes Topología en Anillo

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Ventajas
 - Capacidad de tráfico se reparte de forma equitativa.
 - No depende de nodo central.
 - Fácil localizar nodos y enlaces que originan problemas.
 - Simplifican la distribución de mensajes.
 - Fácil comprobar errores de transmisión.
 - El tiempo de acceso es moderado incluso con cargas altas.
 - Permite utilizar diversos medios de transmisión.
- Inconvenientes
 - La fiabilidad depende de los repetidores.
 - Necesario dispositivo monitor.
 - Difícil intercalar una nueva estación sin “*tirar*” la red
 - Instalación bastante complicada

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

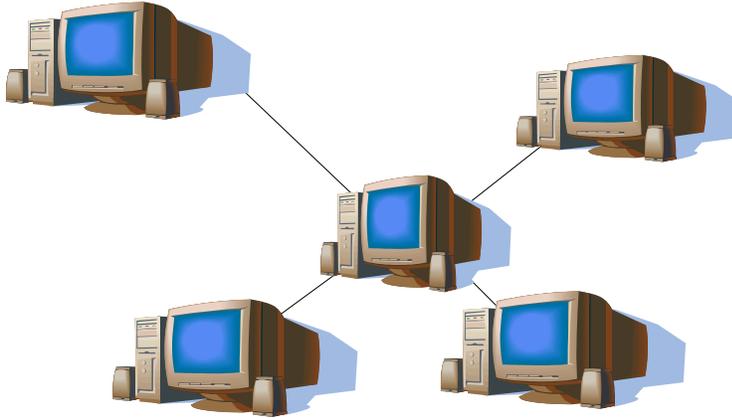
22

Distintas Topologías de Red

Topología en Estrella

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com



Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

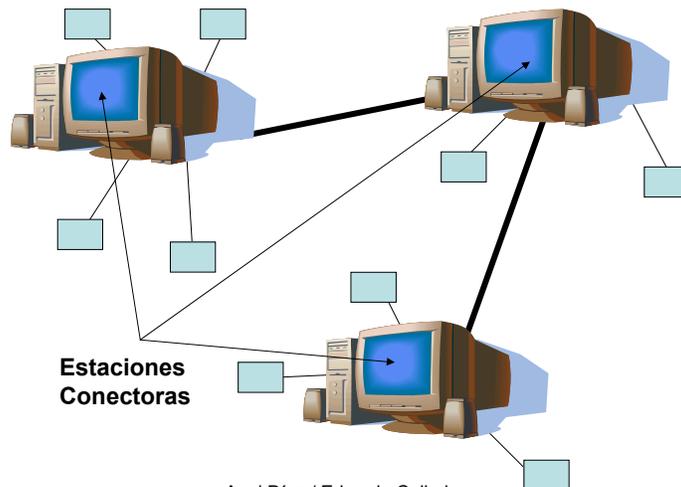
23

Distintas Topologías de Red

Estrella Compuesta

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com



Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

24

Factores de Evaluación de una Topología en Estrella

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Aplicación
 - Integración servicios de datos y voz
- Complejidad
 - Puede ser muy compleja, los nodos pueden ser a su vez nodos centrales de otras redes.
- Respuesta
 - Buena para cargas moderadas.
- Vulnerabilidad
 - Si falla el nodo central nos quedamos sin red.
- Expansión
 - Expansión restringida.
 - Restricciones en ancho de banda.
 - Restricciones necesarias para proteger sobrecarga nodo central

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

25

Ventajas e Inconvenientes Topología en Estrella

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Ventajas
 - Ideal configuraciones que necesiten conectar estaciones a un nodo central.
 - Se pueden conectar terminales "tontos".
 - Permite distintas velocidades de transmisión y distintos medios de transmisión.
 - Alta seguridad
 - Fácil detectar averías
 - Transmisión de mensajes controlados por nodo central
- Inconvenientes
 - Susceptible de averías en nodo central.
 - Elevado precio
 - Instalación de cableado cara.
 - Velocidad de transmisión inferior a otras topologías porque el nodo central debe soportar mucha actividad

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

26

Transmisiones Serie y Paralelo (I)

- En general, los conceptos de serie y paralelo están en la mente de todo el mundo. Así, podemos considerar como transmisión serie, sin entrar en muchos detalles y de forma general, como la transmisión de una determinada señal haciendo uso de un único canal de transmisión, mientras que por transmisión paralela se entenderá aquella transmisión que emplea dos o más canales de transmisión. Generalmente, los canales de transmisión en paralelo suelen ser idénticos (varios pares de cobre, por ejemplo), aunque esto no es requisito indispensable. Las transmisiones de datos en paralelo se emplean allí donde la velocidad es crítica, y donde el coste del cable o medio de transmisión en general puede pasar a un segundo plano. De este modo, es común emplear comunicaciones en paralelo entre ordenadores y discos de almacenamiento o impresoras, donde muchas veces la única forma de incrementar la velocidad es incrementando el ancho de banda del medio de comunicación. Otro ejemplo son las comunicaciones internas de un ordenador o buses, que son, generalmente, comunicaciones paralelas de ancho 8, 16, 32 ó 64 bits (y, a veces, 128 bits).

Transmisiones Serie y Paralelo (II)

- Por el contrario, la transmisión serie, para distancias cortas, puede en muchos casos no tener sentido: los datos, habitualmente, no son serie, sino que son paralelos (así, un carácter ASCII está formado por 7 bits, con lo que la forma natural de transmitirlo es vía paralelo, y no vía serie), con lo que primero habría que serializar los datos (pasar de paralelo a serie), añadir caracteres de control, incluir los datos en tramas y emplear protocolos para tal fin. Conforme aumenta la distancia, el coste del cable, en particular, o del medio de comunicación, en general, aumenta, de modo que para longitudes del orden de los cientos de metros, el coste del medio de transmisión para una interfaz paralela puede ser muy elevada y, en cierto modo, prohibitiva, al contrario de lo que ocurriría en el caso de que se emplease una interfaz serie.

Transmisiones Serie y Paralelo (III)

- Además, asociada a la distancia, hay una serie de problemas colaterales que hacen de la interfaz paralela una interfaz ciertamente problemática:
 - Se van a producir incrementos variables (no deterministas) en el retardo de cada una de las líneas que forman la interfaz paralela, de modo que en un instante determinado t , de las n líneas que forman de la interfaz, k tendrán unos valores correctos, mientras que $n-k$ tendrán valores incorrectos, con lo que existen dificultades para garantizar la validez de los datos.
 - Aparece un efecto nocivo que recibe el nombre de crosstalk o diafonía, que son efectos inductivos de unos cables sobre los que los rodean debido a efectos electromagnéticos que se traduce en el paso de parte de la señal de unos cables a sus vecinos, aumentando este efecto con la distancia.
- Es por esto y por otros efectos negativos que, salvo excepciones muy contadas, para transmisiones a larga distancia se emplean transmisiones de tipo serie en lugar de tipo paralelo.

Transmisión y Configuraciones

- 1.- Transmisión Asíncrona y Síncrona
 - Transmisión Asíncrona
 - Transmisión Síncrona
- 2.- Configuraciones de la Línea
 - Topología
 - Full-Duplex y Half-Duplex
- 3.- Interfaces
 - V.24 / EIA-232-E / RS-232-C
 - Interfaz Física de la R.D.S.I.

Transmisión Asíncrona y Síncrona (I)

- Para determinar el valor binario, se realiza en recepción un muestreo de los datos recibidos una vez por cada bit.
- Aparte de los problemas propios de la línea (puede recibirse mal algún bit en concreto), hay un agravante, que es el problema de la temporización (sincronización) emisor - receptor.
- En general, se tratará de leer el bit en la parte central del mismo. Si se producen variaciones mínimas (del orden del 1% o similar), puede ocurrir que tras un número prudente de muestras emisor y receptor se encuentren desincronizados.

Transmisión Asíncrona y Síncrona (II)

- La base de la transmisión asíncrona es transmitir cadenas de bits de modo ininterrumpido pero cuya longitud no sea muy larga.
- La sincronización se mantiene a nivel de la emisión del carácter (cadena de bits), y se resincroniza el emisor y el receptor con cada nueva emisión.
- Cuando no se transmite ningún carácter, la línea que une emisor y receptor se encuentra en estado de "reposo". Por reposo se entiende el mismo elemento que permite señalar un "1".

Transmisión Asíncrona y Síncrona (III)

- La transmisión asíncrona es sencilla y no costosa, pero requiere, en general, entre 2 y 3 bits suplementarios por carácter.
- Para una transmisión que emplee un bit de arranque y un bit de parada, si se emplea un código ASCII (7 bits) y un bit de paridad, se tiene que se están mandando 10 bits, de los que 2 no contienen información, con lo que el 20% de la transmisión no contiene información.
- Es posible reducir el porcentaje de bits suplementarios empleando, por ejemplo, bloques más grandes, lo que acarrea además un mayor error de temporización acumulado.

Transmisión Asíncrona y Síncrona (IV)

- La transmisión síncrona permite transmitir un bloque de bits como una cadena sin utilizar códigos de comienzo o parada. El tamaño del bloque puede ser mucho mayor que en el caso anterior.
- Hay, básicamente, dos alternativas para sincronizar emisor y receptor:
 - Línea de Reloj Independiente: el emisor suministra al receptor la línea de reloj que éste último ha de emplear para leer los datos. A distancias cortas funciona bien, pero a distancias largas pueden aparecer errores de sincronización.
 - Sincronización en Propia Señal: la señal de datos lleva la información de la temporización de la señal. Por ejemplo: empleo de códigos Manchester y Manchester Diferencial.

Transmisión Asíncrona y Síncrona (V)

- Aparte de todo esto, se requiere una sincronización adicional a nivel de principio y fin de bloque. Así, cada bloque se inicia con un patrón de bits de preámbulo, y termina en general con un patrón de bits de final.
- Pueden añadirse bits adicionales para realizar un control del enlace. Los datos más los bits de preámbulo / final / control se denomina trama.
- Para bloques grandes, la comunicación síncrona es más eficiente que la asíncrona.

Configuraciones de la Línea (I)

- Topología: disposición física de las estaciones en el medio de transmisión.
- Si sólo hay dos estaciones, se tiene una configuración punto a punto. Si se tienen más de dos estaciones, se tiene una configuración multipunto.
- Tradicionalmente, los enlaces multipuntos se han empleado en configuraciones en las cuales se dispone de un computador (estación principal) y de varios terminales (estaciones secundarias).
- Las topologías tradicionales multipunto se utilizan cuando los terminales transmiten durante una determinada fracción de tiempo o quantum.
- Cada configuración tiene sus ventajas e inconvenientes.

Configuraciones de la Línea (II)

- Half-Duplex: cada vez sólo una de las dos estaciones del enlace punto a punto puede transmitir.
- Full-Duplex: las dos estaciones pueden simultáneamente enviar y recibir datos. En general, es más eficiente en lo que a comunicaciones entre ordenadores se refiere, que la Half-Duplex.
- En señalización digital, en la que se requiere un medio guiado, la transmisión full-duplex requiere dos caminos separados (Por ejemplo, dos pares trenzados), mientras que la half-duplex sólo requiere una.

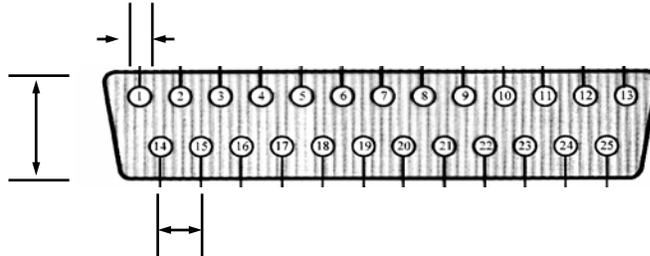
EIA-RS-232-C (I)

- Ejemplo de protocolo de capa física.
- Especificación :
 - mecánica (conectores, etc)
 - eléctrica (voltajes y su reconocimiento)
 - funcional (ubicación y descripción de circuitos)
 - de procedimientos (secuencia permitida de sucesos).

EIA-RS-232-C (II)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com



- Separación entre pines
- Espesor de los pines
- Altura de los pines
- Etc.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

39

EIA-RS-232-C (III)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

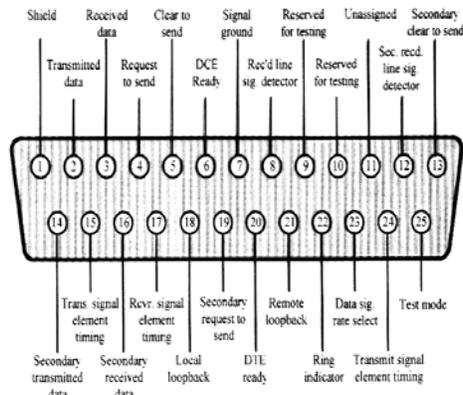
- Voltaje más negativo que -3 V es un 1
- Voltaje más positivo que +4 V es un 0
- Todos los circuitos comparten una tierra común

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

40

EIA-RS-232-C (IV)

- Especificación Funcional



Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

41

EIA-RS-232-C (V)

- Qué circuitos se conectan a cada pin y su significado.
 - Ej. Al encenderse computadora pone un 1 en DTE ready (pin 20)
 - Al encenderse modem pone un 1 en DCE ready (pin 6)
 - Los datos se envían por Tx (pin 2) y se reciben por Rx (pin 3)

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

42

EIA-RS-232-C (VI)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Protocolo (secuencia permitida de sucesos)
- Se basa en pares acción- reacción.
 - Ej: Cuando se levanta “petición de envío”, el modem contesta levantando “libre para enviar” si puede aceptar

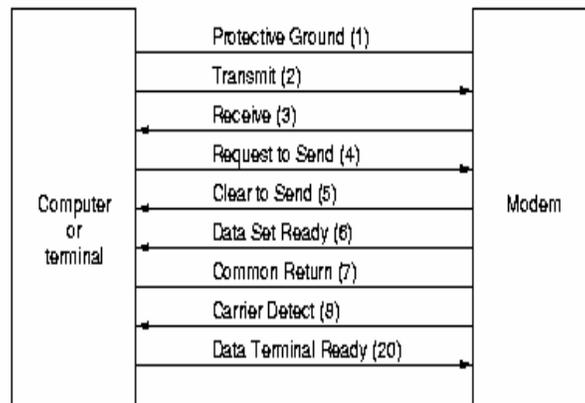
Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

43

EIA-RS-232-C (VII)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com



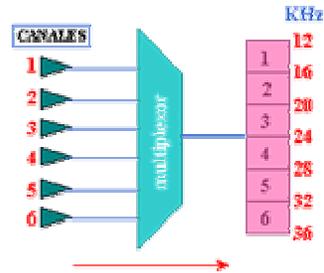
Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

44

Multiplexación por División en Frecuencia – FDM (I)

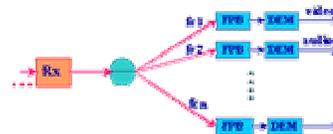
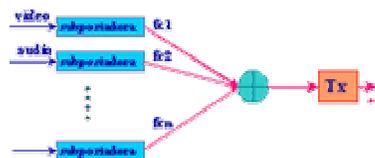
- En FDM el ancho de banda disponible se divide en un número determinado de slots o segmentos independientes (sin solapamientos). Cada segmento lleva una señal de información, como por ejemplo un canal de voz.

■ Esta técnica es muy popular en la transmisión analógica como la radiodifusión, TV... Suponiendo que los mensajes a transmitir son de ancho de banda limitado, lo que se hace es modular cada uno de ellos a una frecuencia portadora distinta con lo que se consigue trasladar el mensaje a otra banda del espectro de frecuencias que se encuentre libre.



Multiplexación por División en Frecuencia – FDM (II)

- La función del multiplexor es desplazar la señal en frecuencia
- El demultiplexor filtra y traslada de nuevo la señal a su frecuencia original.



Multiplexación por División en Frecuencia – FDM (III)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Por tanto en un sistema FDM a cada canal de información se le asigna un slot (o segmento, o canal) distinto dentro de una banda de frecuencias. Por ejemplo, en telefonía, cada canal de voz se modula a una frecuencia de portadora diferente, lo que permite la translación de la señal de voz a su propio slot (o segmento) de una ancho de banda determinado y que es diferente del resto de los canales modulados que comparten el mismo espectro.
- FDM es posible sólo cuando el ancho de banda disponible del medio de transmisión es superior que el ancho requerido por las señales a transmitir. Para prevenir problemas de interferencias los canales están separados por bandas de guardia, que son porciones de espectro que no se usan.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

47

Multiplexación por División en Frecuencia – FDM (IV)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Los dos principales problemas a los que FDM tiene que hacer frente son:
 - **Crosstalk**: ocurre cuando los espectros de dos señales adyacentes se solapan significativamente. Por ejemplo en caso de señales de voz, cuyo ancho de banda significativo está en torno a los 3100Hz, un ancho de canal de 4KHz es suficiente.
 - **Ruido de intermodulación**: en un enlace largo, los efectos no lineales de los amplificadores sobre la señal pueden producir componentes frecuenciales en otros canales

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

48

Multiplexación por División en Tiempo – TDM

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- En TDM multiplexamos por ranuras de tiempo, es decir, a cada estación le asignamos una o varias ranuras de tiempo y vamos recorriendo esas ranuras secuencialmente para transmitir.
- Su principal ventaja es su sencillez, su principal desventaja es su ineficiencia en el caso que las estaciones no estén transmitiendo continuamente.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

49

Teorema de Nyquist

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- El teorema del muestreo, desarrollado por Harold Nyquist en 1928 afirma lo siguiente:

“Para reconstruir cualquier señal continua a partir de una señal muestreada, la frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble de la componente de frecuencia más alta de la señal en cuestión.”

- Demostración:

$$C = 2 * B * \log_2 n$$

- C = Capacidad del canal
- N = Número de estados significativos
- B = Ancho de banda del canal

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

50

Teorema de Shannon

- N limitado
 - Ruido
 - Amplitud Máxima
- Fórmula

$$C = B * \log_2 (1 + S / N)$$

- S = Potencia Máxima Señal
- N = Potencia Máxima Ruido
- S/N = Relación señal / ruido

Diferentes Tipos de Redes de Datos

Denominación	Ejemplos	Aplicaciones
Redes Punto a Punto	Radio-Enlaces	LAN, WAN, Internetworking
Redes Punto Multipunto	LMDS	LAN, WAN, Internetworking
Redes Conmutadas	X.25, Frame Relay, ATM, RDSI, RTC	LAN, WAN, Internetworking
Redes de Difusión	Ethernet, Token Ring, FDDI	LAN, MAN

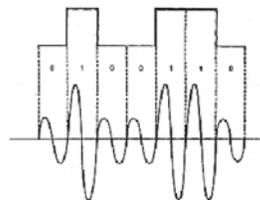
Tipos de Modulación

- Una señal modulada es la que, viajando a través de la línea de transmisión, transporta en forma analógica la información que originalmente se encontraba en forma digital. Se dice que una señal (denominada Portadora) esta modulada por otra (denominada moduladora) cuando esta última controla alguno de los parámetros de la primera.
- Como se sabe, los parámetros que definen a una onda analógica típica son: su frecuencia, su amplitud y su fase. Según se actúe sobre cada uno de los parámetros se tendrá modulación en frecuencia, amplitud o fase. La definición anterior de modulación indica, sencillamente que una señal modulada no es sino una senoide a la que se han modificado alguna de sus características conforme a una señal digital dada, llamada moduladora.

Modulación en amplitud (DSK)

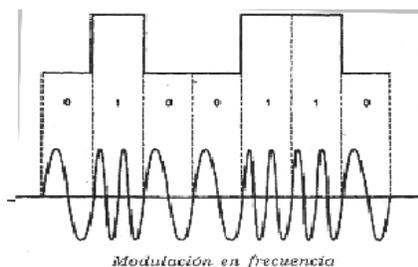
- La técnica de modulación en amplitud utiliza variaciones de la amplitud de la onda portadora para que haciéndolo según la cadencia de la señal digital, posibilite la transmisión de información.
- En la modulación en amplitud un "1," binario se representa por una onda sinusoidal de amplitud «A» dada, mientras que un «0» se representa por una señal con amplitud menor que "A». Nótese que el resto de los parámetros que definen la onda sinusoidal (frecuencia y fase) permanecen inalterados en el proceso de modulación.

■ La modulación en amplitud no suele emplearse aisladamente, pues presenta serios problemas de distorsión y potencia. Normalmente se utiliza en conjunción con la modulación de fase, aumentando así la eficacia del proceso



Modulación en Frecuencia (FSK)

- La técnica de modulación en frecuencia modifica la frecuencia de la señal portadora, según la señal digital que se trasmite.
- En su forma mas intuitiva, la frecuencia alta representara uno de los estados binarios posibles de la señal digital, generalmente el "1", representándose por una señal de frecuencia diferente el estado "0".



Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

55

Estructura de un Modem

- Las partes de un módem típico reflejan una tarea específica. Aquí solo se especifican las descripciones de cada una.
 1. **Circuitos de transmisión:** Son los encargados de proporcionar la señal analógica modulada que se entregará a la línea.
 2. **Circuitos de recepción:** Son los encargados de recuperar de la señal analógica la señal digital original.
 3. **Unidad de control:** La misión de dicha unidad es la de generar las señales de control necesarias para el gobierno del proceso de modulación-demodulación, así como de controlar el dialogo entre los interfaces y el propio modem.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

56

Módems en Banda Base

- La mayoría conocemos módems que tiene como característica común el uso de la línea telefónica para la transmisión de datos. De ahí que se utilizaran técnicas de modulación para generar una señal de corriente alterna. Sin embargo, silo que se pretende es transmitir datos en banda base, no es necesario modulación alguna.
- Los modems de distancia limitada son los que se utilizan para este menester. La distancia máxima a la que pueden transmitir es de 25 km, pudiendo llegar a utilizar cadencias de señal que permiten la transmisión a velocidades de hasta 1 Mbps. Los medios de transmisión que utilizan pueden ser cables de pares o cables coaxiales.

Modelo OSI

- El modelo para la Interconexión de Sistemas Abiertos (Open Systems Interconnection), fue aprobado por la ISO (International Standards Organization) en el año 1984, bajo la norma ISO 7498, después de 5 años de trabajo. Posteriormente la ITU-T lo incorporó a las recomendaciones de la serie "X" bajo la denominación X.200.
- El modelo OSI nace de la necesidad de interconectar sistemas de procedencia diversa – diversos fabricantes –, cada uno de los cuales utilizaba sus propios protocolos para el intercambio de señales.

Modelo OSI

- El termino “abierto” hace referencia a que se trata de un modelo independiente, es decir, que no se basa en ningún fabricante, es decir, se trata de un modelo teórico en el cual es posible enmarcar a los distintos fabricantes para que sea posible su funcionamiento.
- “Interconexión de Sistemas Abiertos” significa el intercambio de información entre terminales, ordenadores, personas, redes y procesos.

Modelo OSI

- El sistema se compone de un conjunto ordenado de subsistemas o “niveles” popularmente conocidos por “capas”.
- Los niveles del modelo OSI están separados por interfaces. Los niveles adyacentes se comunican entre si mediante un interfaz común.
- La relación entre los distintos niveles y la información que se han de pasar de uno a otro está claramente definida.

Principios del Modelo OSI

1. Se debe crear una capa siempre que se necesite un nivel diferente de abstracción.
2. Cada capa debe realizar una función bien definida.
3. La función de cada capa se debe elegir pensando en la definición de protocolos estandarizados internacionalmente.
4. Los límites de las capas deben elegirse a modo de minimizar el flujo de información a través de los interfaces.
5. La cantidad de capas debe ser suficiente para no tener que agrupar funciones distintas en la misma capa y lo bastante pequeña para que la arquitectura no se vuelva inmanejable.

Capas del Modelo OSI

- Siguiendo los principios definidos para el Modelo, se ha definido el Modelo OSI como un modelo dividido en 7 capas o niveles:
 1. Físico
 2. Enlace de Datos
 3. Red
 4. Transporte
 5. Sesión
 6. Presentación
 7. Aplicación

Características del Modelo OSI

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Como ya hemos dicho antes los niveles están relacionado mediante interfaces.
- Todos los niveles de la estructura disponen de un conjunto de servicios para el nivel superior y para el nivel que tienen por debajo, esta relación se establece a través de los **interfaces**.
- Sin embargo, los niveles también se relacionan entre los de mismo nivel de extremos distintos con los **protocolos**.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

63

Interfaces y Servicios (I)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- La misión de la capa N es proporcionar un conjunto de servicios a la capa inmediatamente superior, la capa N+1
- Los elementos activos de cada capa se llaman entidades. Pueden ser tanto software (un proceso, por ejemplo) como hardware (el puerto paralelo, por ejemplo).
- Las entidades de la misma capa en máquinas diferentes se llaman entidades pares.
- Las entidades de la capa N implementan servicios para ser usados por la capa N+1. Por lo tanto, la capa N es la proveedora de servicio, en tanto que la capa N+1 es la usuaria del servicio.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

64

Interfaces y Servicios (II)

- Los servicios que la capa N proporciona a la capa N+1 pueden estar basados en los que la capa N-1 le proporciona a la N.
- S.A.P.: Service Access Point - Punto de Acceso al Servicio.
- Los SAP's de la capa N son los lugares por los cuales se proporciona servicio a la capa N+1, y únicamente aquellos puntos por los cuales la capa N+1 puede acceder al servicio.
- Cada SAP tiene una dirección que lo identifica de manera única.
- Analogía con el sistema telefónico:
 - SAP: clavija (enchufe) del teléfono.
 - Dirección del SAP: número de teléfono asignado.

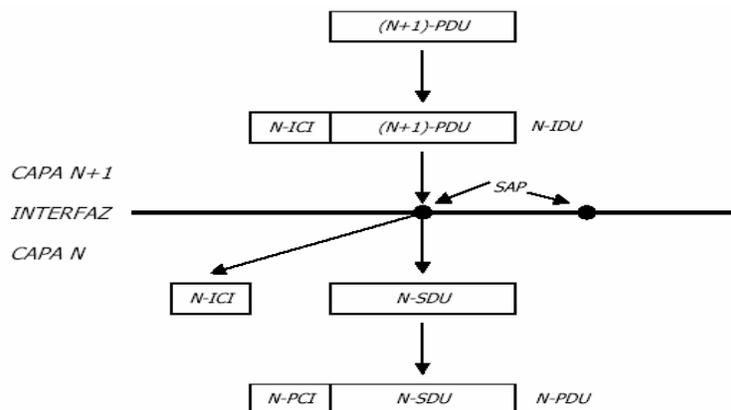
Interfaces y Servicios (III)

- Si dos capas intercambian información, tiene que haber un conjunto de reglas que gobierne dicha interfaz.
- La información que es pasada de la capa N+1 a la capa N a través del SAP recibe el nombre de IDU (Interface Data Unit - Unidad de Datos de la Interfaz).
- La IDU está constituida por una PDU (Protocol Data Unit - Unidad de Datos del Protocolo) y una información de control necesaria únicamente para que el nivel inferior pueda realizar su tarea de modo adecuado, que recibe el nombre de ICI (Interface Control Information - Información de Control de la Interfaz).

Interfaces y Servicios (IV)

- Una vez que ha pasado a través del SAP la IDU (que recordemos que está formada por el ICI+PDU), se le elimina el ICI (sólo era necesario para que pasara por la interfaz), quedándonos con la PDU, que ahora se llama SDU (Service Data Unit - Unidad de Datos del Servicio).
- Para que se transfiera la SDU, la capa N puede que tenga que fragmentarla en varios trozos, dándole el protocolo un encabezado a cada uno de estos trozos (que se llama PCI, Protocol Control, Information -Información de Control del Protocolo), enviándolo como una PDU independiente.
- El PCI contiene información sobre tipo de PDU, número de secuencia, tamaño de paquetes, etc.

Interfaces y Servicios (V)



Niveles OSI

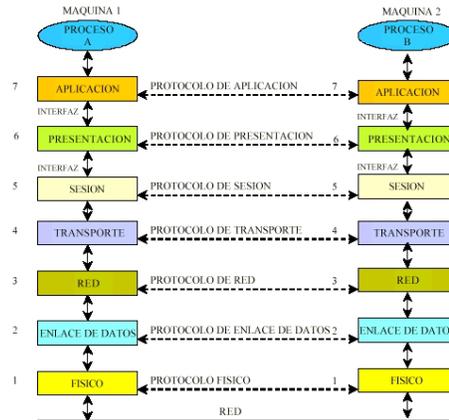
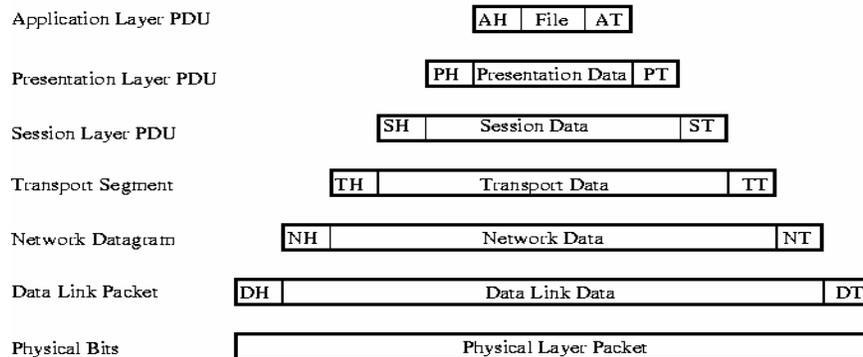


Figura 8.1: Capas, interfaces y protocolos en el modelo OSI.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

Cabeceras y Colas Modelo OSI



Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

Nivel 1 - Físico

- Transmisión física de los bits
 - Tensiones.
 - Duración.
 - Cables.
 - Topología física.

Nivel 2 - Enlace de Datos

- Errores de Transmisión.
- Marcos de Datos
- Retransmisión de Datos (Duplicidad).
- Saturación de Comunicaciones.
- Dirección de la Comunicación.
- Control de Acceso a Canal Compartido –
Subcapa de Acceso al Medio – M.A.C.

Nivel 3 - Red

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Control de Rutas.
- Inicio de Conversaciones.
- Control de Congestión de Paquetes.
- Sistema de Direccionamiento.
- Gestión de Paquetes.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

73

Nivel 4 - Transporte

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- División de la Información.
- Multiplexación de conexiones.
- Primera capa extremo-a-extremo.
- Establecimiento y liberación de conexiones.

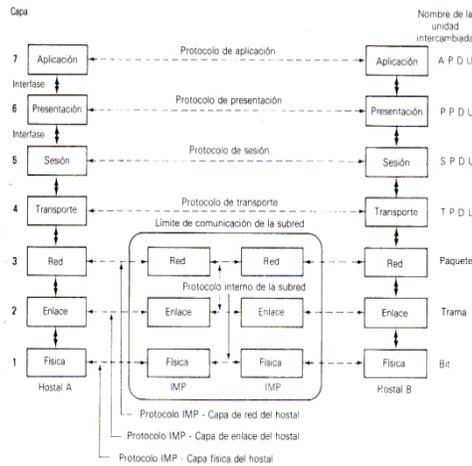
Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

74

Niveles OSI

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com



Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

75

Nivel 5 - Sesión

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Establece sesiones entre máquinas.
- Maneja el control del diálogo.
- Sincronización entre máquinas.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

76

Nivel 6 - Presentación

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Sintaxis de la información que se transmite.
- Semántica de la información que se transmite.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

77

Nivel 7 - Aplicación

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Incompatibilidad de terminales.
- Incompatibilidad de características de ficheros.
- Interconexión entre aplicaciones diferentes.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

78

Conmutación de Circuitos

- Redes de Conmutación de Circuitos.
 - Camino dedicado entre dos estaciones. En cada enlace físico, se dedica un canal lógico para cada conexión.
 - Implican tres fases:
 - **Establecimiento del Circuito:** Antes de transmitir, se debe establecer el circuito extremo a extremo.
 - **Transferencia de datos:** Los datos son transferidos de una estación a otra a través de la red. Datos analógicos y digitales.
 - **Desconexión del circuito:** La desconexión la realiza una de las estaciones involucradas.
 - La conmutación de circuitos puede llegar a ser muy ineficiente para la transferencia de datos, ya que no es constante y hay periodos de tiempo no utilizados.

Conmutación de Circuitos

- Conceptos sobre conmutación:
 - La función de un conmutador es proporcionar un camino entre dos dispositivos conectados de forma transparentes.
 - Para los dispositivos conectados debe parecer que existe una conexión directa entre ellos.
 - La conexión debe permitir transmisión full-duplex.
 - La Unidad de Control realiza tres tareas:
 1. **Establece conexiones:** Bajo demanda de uno de los dispositivos. Gestiona y confirma la petición. Determina si el destino está desocupado y construye el camino.
 2. **Mantiene la conexión:** Control continuo de los elementos de la conmutación.
 3. **Deshace la conexión:** Generada por una de las partes o por razones propias del sistema.

Conmutación de Circuitos

- **Conceptos sobre conmutación.**
 - Una característica importante de los dispositivos para la conmutación de circuitos es sin bloqueadores o no bloqueadores.
 - **Bloqueo:** Se da cuando la red es incapaz de conectar dos estaciones debido a que todos los caminos posibles están siendo utilizados
 - **Red Bloqueante:** Es aquella en la que puede suceder un bloqueo.
 - **Red no bloqueante:** Permite que todas las estaciones se conecten simultáneamente y atiende a todas las posibles solicitudes de conexión, siempre que el destino este libre.

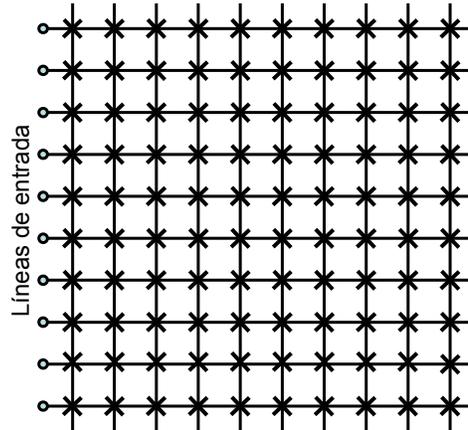
Conmutación de Circuitos

- **Conceptos sobre conmutación**
 - Conmutación por división en el espacio.
 - Las rutas que se establecen son físicamente independientes unas de otras (división en el espacio).
 - El bloqueo básico de un conmutador de este tipo consiste en una matriz de conexiones (puntos de cruce) que se puede habilitar o deshabilitar por una unidad de control.
 - Limitaciones
 - Los puntos de cruce crecen con el cuadrado del número de estaciones conectadas. Muy costoso para grandes centrales de conmutación.
 - La caída de un punto de cruce impide el establecimiento de la conexión entre los dispositivos cuyas líneas intersecten en ese punto.
 - Los puntos de cruce se utilizan de forma ineficiente.

Conmutación de Circuitos – Conmutación por División en el Espacio

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com



Líneas de salida
Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

83

Conceptos sobre conmutación

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Conmutación por división en el espacio.
 - Para superar las limitaciones aparecen los conmutadores de múltiples etapas.
 - Los puntos de cruce se reducen, aumentando la utilización de las líneas de cruce
 - Existe más de un camino posible a través de la red para conectar dos puntos finales. Aumenta la seguridad.
 - Sistema de control de la conmutación más complejo

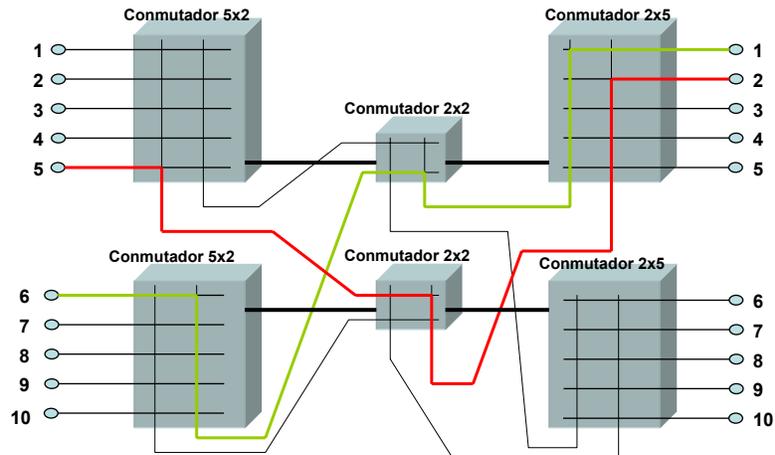
Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

84

Conceptos sobre conmutación

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com



Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

85

Conmutación de Circuitos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- **Concepto de conmutación**
 - Conmutación por división en el tiempo.
 - Utiliza técnica por división en el tiempo para establecer y mantener los circuitos.
 - Implica la participación de la cadena de bits de menor velocidad en fragmentos que compartirán una cadena de mayor velocidad con otras líneas de entrada.
 - Las entradas se muestran por turnos
 - Existe una ranura (slot) por cada estación
 - Todas las ranuras (estaciones) = trama
 - Una ranura puede tener cualquier longitud pre-especificada.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

86

Conmutación de Circuitos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Encaminamiento en redes de conmutación de circuitos.
 - Se encarga de la elección de la ruta del circuito.
 - Dos requisitos fundamentales:
 - Eficiencia:
 - Mínimo equipamiento para aceptar la carga esperada
 - Flexibilidad:
 - Soporte de mayor tráfico que el esperado.
 - Cambios de topología
 - Fallos en los conmutadores y las líneas

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

87

Conmutación de Circuitos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Encaminamiento en redes de conmutación de circuitos
 - Algoritmos de encaminamiento
 - Encaminamiento alternativo
 - Las rutas posibles entre dos centrales finales están predefinidas.
 - El conmutador selecciona la trayectoria apropiada para cada comunicación.
 - Si sólo hay una secuencia de encaminamiento definida para cada pareja origen-destino, el esquema se denomina encaminamiento alternativo fijo.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

88

Conmutación de Circuitos

- Encaminamiento en redes de conmutación de circuitos
 - Algoritmos de encaminamiento
 - Encaminamiento adaptable
 - Permite que los conmutadores reaccionen a las distribuciones cambiantes del tráfico en la red.
 - Gestiona información suplementaria, ya que los conmutadores deben intercambiar información para reconocer la situación de la red.
 - Optimiza de forma más eficiente el uso de los recursos de la red.
 - Existe un controlador central para localizar las mejores rutas dependiendo de la congestión de la red.
 - » Recopila datos referente al estado de cada conmutador cada x segundos.
 - » Todas las comunicaciones se intentan encaminar sobre su ruta directa.
 - » Si la conexión se bloquea, se intenta por un camino alternativo

Conmutación de Mensajes

- Toda la información a transmitir se divide en mensajes.
- Cada mensaje lleva información de quién lo manda y a quién va.
- El mensaje es mandado por el nodo origen al nodo más cercano (siguiendo unas tablas de encaminamiento), quien a su vez, lo mandará a otro, y así sucesivamente hasta llegar al destino.
- No se establece un canal entre origen y destino.
- El uso del canal sólo se hace cuando es necesario.
- Si el nodo destino no está disponible, se almacena en el nodo inmediatamente anterior hasta que esté disponible.
- Problema: no está acotado el tiempo de transmisión.

Conmutación de Paquetes

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Inconvenientes de las redes de conmutación de circuitos
 - Enlaces desocupados cuando se transmiten datos.
 - Velocidad constante de transmisión.
- Ventajas de las redes de conmutación de paquetes
 - Un enlace puede ser compartido dinámicamente por varios paquetes. En la conmutación de circuitos se utiliza la multiplexación y quedan ranuras desocupadas (canal desocupado).
 - Intercambio de paquetes entre estaciones con diferentes velocidades. Cada una de ellas se conecta a su propia velocidad.
 - No existen bloqueos, sólo retardos en la transmisión.
 - Se pueden incluir prioridades en la transmisión de los paquetes.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

91

Conmutación de Paquetes

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Técnicas de conmutación
 - Como trata la red los paquetes para llevar a cabo el envío hacia el destino.
 - Trata de salvar los problemas de la conmutación de mensajes.
 - La información se divide en paquetes (que son menores que los mensajes en lo que a tamaño se refiere).
 - Como los mensajes, nodo origen y nodo destino es información que va contenida en cada uno de los paquetes.
- Dos soluciones:
- **Datagrama:** Cada paquete se trata de forma independiente, sin ninguna referencia a los paquetes precedentes.
 - **Circuito Virtual:** Se fija una ruta al envío de los paquetes.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

92

Conmutación de Paquetes

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Técnicas de conmutación
 - Ventajas de la técnica basada en circuitos virtuales
 - No toma la decisión de la ruta por cada paquete que procesa. El paquete viaja más rápido.
 - La llegada de los paquetes se produce en orden. Control de flujo y control de errores.
 - Ventajas de la técnica basada en datagramas
 - No existe una fase de establecimiento del circuito.
 - Existe flexibilidad
 - Robusto. Si falla un camino, se puede modificar la ruta

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

93

Conmutación de Paquetes

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Existe una relación importante entre el tamaño del paquete y el tiempo de transmisión.
- Supongamos:
 - Paquete de 30 bytes + 3 bytes de cabecera
 - Desde la estación X a la estación Y pasando por nodos a y b.
 - Ejemplos dividiendo en 1, 2, 5 y 10

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

94

Conmutación de Paquetes

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- **Funcionamiento Externo e Interno.**
 - Una de las características más importantes de una red de conmutación de paquetes es el uso de datagramas o circuitos virtuales.
 - Hay dos niveles o dimensiones de sus características.
 - En la interfaz entre estación y nodo de red, una red puede ofrecer tanto un servicio de circuito virtual como uno de datagrama.
 - La conexión lógica se denomina **Circuito Virtual**.
 - El servicio orientado a la conexión se denomina **Circuito Virtual Externo**.
 - La conexión lógica se denomina **Servicio de Datagrama**.
 - El servicio no orientado a la conexión se denomina **Servicio de Datagrama Externo**.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

95

Conmutación de Paquetes

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- **Funcionamiento Externo e Interno**
 - Estas decisiones de diseño interno y externo no necesitan ser coincidentes:
 - **Circuito Virtual Externo, Circuito Virtual Interno:**
 - Cuando un usuario solicita un circuito virtual se crea un camino dedicado a través de la red, siguiendo todos los paquetes la misma ruta.
 - **Circuito Virtual Externo, Datagrama Interno**
 - La red maneja separadamente cada paquete, de manera que los paquetes correspondientes a un mismo circuito virtual siguen caminos diferentes, aunque son enviados de forma secuencial

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

96

Conmutación de Paquetes

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- **Funcionamiento Externo e Interno**
 - **Datagrama Externo, Datagrama Interno**
 - Cada paquete se trata de forma independiente tanto desde el punto de vista del usuario como desde el de la red.
 - **Datagrama Externo, Circuito Virtual Interno**
 - El usuario externo no ve ninguna conexión, limitándose a enviar paquetes a lo largo del tiempo. La red establece una conexión lógica entre estaciones para el envío de paquetes.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

97

Conmutación de Paquetes

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- **Funcionamiento Externo e Interno**
 - El servicio de datagramas, relacionado con la operación de datagrama interno, permite un uso efectivo de la red, no siendo necesario un nuevo establecimiento de la conexión o almacenamiento de los paquetes si se retransmite uno erróneo.
 - Aplicaciones en tiempo real
 - El servicio de circuitos virtuales permite un control de flujo y de errores extremo a extremo.
 - Aplicaciones orientadas a conexión tales como transferencia de ficheros y accesos a terminales remotos.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

98

Conmutación de Paquetes

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Encaminamiento
 - Características
 - La función de una red de conmutación de paquetes es aceptar paquetes de una estación emisora y enviarlos a una receptora.
 - Debe seleccionar el camino o ruta (siendo posible más de una) a través de la red.
 - Requisitos de la función de encaminamiento:
 - Exactitud
 - Sencillez
 - Robustez: Funcionamiento en caso de fallo o sobrecarga.
 - Estabilidad
 - Imparcialidad
 - Optimización
 - Eficiencia

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

99

Conmutación de Paquetes – Elementos de Técnicas de Encaminamiento

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Criterios sobre prestaciones
 - Número de Saltos
 - Coste
 - Retardo
 - Rendimiento
- Instante de decisión
 - Paquete (datagrama)
 - Sesión (C.V.)
- Lugar de decisión
 - Cada nodo - distribuido
 - Nodo central - centralizado
 - Nodo origen - fuente

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

100

Conmutación de Paquetes – Elementos de Técnicas de Encaminamiento

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Fuente de información de red
 - Ninguno
 - Local
 - Nodo adyacente
 - Nodos a lo largo de la ruta
 - Todos los nodos.
- Tiempo de actualización de la información de red
 - Continuo
 - Periódico
 - Cambio importante en la carga
 - Cambio en la topología

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

101

Comparación de Técnicas Transmisión

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

	Conmutación de Circuitos	Conmutación de Mensajes	Conmutación de Paquetes – Datagrama	Conmutación de Paquetes – Circ. Virtual
Respecto a la Vía de Transmisión	Dedicada	No Dedicada	No Dedicada	No Dedicada
Respecto a qué se Transmite	Transmisión Transparente de Datos	Transmisión de Mensajes	Transmisión de Paquetes	Transmisión de Paquetes
Adecuación para Aplic. Interactivas	Adecuada para Aplicaciones Interactivas	No adecuada para Aplicaciones Interactivas	Adecuada para Aplicaciones Interactivas	Adecuada para Aplicaciones Interactivas
Tratamiento de los Mensajes	Los mensajes no se almacenan	Almacén de mensajes para envío diferido	Almacén de paquetes hasta su envío	Almacén de paquetes hasta su envío
Tipo de Ruta	Ruta Establecida para toda la Comunicación	Ruta Establecida para cada Mensaje	Ruta Establecida para cada Paquete	Ruta Establecida para toda la Comunicación

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

102

Tramas o Marcos – Metodos de División

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- La capa de enlace, divide el flujo de bits que obtiene de la capa física en tramas discretas.
- Realiza la suma de comprobación. Si es igual que la realizada por el emisor, valida la trama. Si no, puede descartarla y transmitir un informe de error.
- Métodos de división de los bits para generar tramas.
 - Conteo de Caracteres.
 - Caracteres de Inicio y fin, con relleno de caracteres
 - Indicadores de inicio y fin con relleno de bits
 - Violaciones de la codificación de la capa física.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

103

Tramas o Marcos – Metodos de División

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Conteo de Caracteres
 - Se vale de un campo encabezado para especificar el número de caracteres en el marco
 - Problema:
 - La cuenta puede alterarse por un error de transmisión.
 - Pérdida de sincronía y será incapaz de localizar el inicio del siguiente marco.
 - Aún si la suma de comprobación es incorrecta, de manera que el destino sabe que está mal, no tiene forma de saber donde empieza la siguiente trama.
 - Casi no se usa en la actualidad

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

104

Tramas o Marcos – Metodos de División

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	6	0	1	2	3	4
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Marco 1

5 caracteres

Marco 2

5 caracteres

Marco 3

6 caracteres

5	1	2	3	4	3	6	7	8	9	6	0	1	2	3	4
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Marco 1

Marco 2

erróneo

A partir de aquí todo es
erróneo

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

105

Tramas o Marcos – Metodos de División

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Caracteres de inicio y fin con relleno de caracteres
 - Resuelve el problema de la resincronización
 - Cada marco empieza con una serie de caracteres ASCII
 - Empieza con DLE STX
 - Acaba con DLE ETX
 - DEL (Data Link Escape)
 - STX (Start of TeXt)
 - ETX (End of TeXt)

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

106

Tramas o Marcos – Metodos de División

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Caracteres de inicio y fin, con relleno de caracteres
 - Problema en transmisión de datos binarios de código objeto o números de coma flotante.
 - Pueden aparecer estos caracteres accidentalmente
 - Solución
 - Introducir un DEL delante de los DLE STX o DLE ETX accidentales que deberán de ser suprimidos antes de pasar la información al nivel superior.
 - Se usa muy poco por la dependencia a la representación en 8 bits (ASCII)

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

107

Tramas o Marcos – Metodos de División

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- (a) **DLE** **STX** **A** **DLE** **B** **DLE** **ETX**
- (a) **DLE** **STX** **A** **DLE** **DLE** **B** **DLE** **ETX**
- DLE de relleno** ↑
- (c) **DLE** **STX** **A** **DLE** **B** **DLE** **ETX**

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

108

Tramas o Marcos – Metodos de División

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Indicadores de inicio y fin, con relleno de bits
 - Permite que las tramas de datos tengan un número arbitrario de bits
 - Admite códigos de caracteres con un número arbitrario de bits por carácter
 - Como funciona
 - Cada marco comienza y termina con un patrón especial de bits.
 - 01111110 (Byte indicador)
 - Mismo problema que con relleno de caracteres
 - Cada vez que encuentra cinco bits 1 consecutivos, añade un 0.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

109

Tramas o Marcos – Metodos de División

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

1. 011011111111111111110010
2. 0110111110111111011111010010


Relleno de bits
3. 011011111111111111110010

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

110

Tramas o Marcos – Metodos de División

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Violaciones de la Capa Física
 - Sólo se aplica a las redes en las que la codificación en el medio físico contiene cierta redundancia.
 - Por ejemplo
 - Algunas LAN codifican un bit de datos usando 2 bits físicos
 - Normalmente un bit 1 es un par alto-bajo y un bit 0 es un par bajo-alto
 - Las combinaciones alto-alto y bajo-bajo no se usan para datos
 - Esto implica que cada bit de datos tiene una transición a medio camino, lo que hace más fácil al receptor localizar los límites de los bits.
 - El uso de los códigos físicos no validos es parte del estándar IEEE 802.x

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

111

Control de Errores en el Nivel 2 – Enlace de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- En servicios orientados a la conexión confiables hay que proporcionar al transmisor un sistema que permita saber que está ocurriendo en la recepción.
 - El receptor envía tramas de acuses positivos o negativos.
 - Si el transmisor recibe un acuse positivo, sabe que la trama llegó correctamente
 - Si recibe un acuse negativo, sabe que algo falló y hay que retransmitir otra vez-

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

112

Control de Errores en el Nivel 2 – Enlace de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Control de errores
 - Si se pierde una trama completa (Por ejemplo por el ruido), el receptor no reaccionará en absoluto puesto que no recibe nada.
 - Para que el transmisor no se quede a la espera indefinidamente, se implementan temporizadores en la capa de enlace de datos.
 - Problema: Se pueden duplicar tramas. Asignación de números de secuencia a la salida de las tramas

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

113

Control de Flujo en el Nivel 2 – Enlace de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Problema: Qué hacer con un emisor que sistemáticamente quiere transmitir a mayor velocidad que aquella con la que puede aceptarlos el receptor.
- La solución común es introducir un control de flujo para controlar la velocidad de transmisión. Mecanismo de realimentación que permita al emisor enterarse de que el receptor es capaz de mantener el ritmo o no.
- Mecanismo:
 - El protocolo contiene reglas bien definidas respecto al momento en que un emisor puede enviar el siguiente marco.
 - Se prohíbe el envío de marcos hasta que el receptor lo haya autorizado, implícita o explícitamente.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

114

Control de Flujo en el Nivel 2 – Enlace de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Es una técnica utilizada para asegurar que la entidad receptora con una cantidad excesiva de datos.
- La entidad receptora reserva una zona de memoria temporal para el almacenamiento de datos.
- Cuando se recibe la información el receptor procesa la información antes de pasar los datos a los niveles superiores.
- Si no hubiera procedimientos para el control de flujo, la memoria del receptor se llenaría y podría desbordarse mientras se procesan datos anteriores.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

115

Control de Flujo en el Nivel 2 – Enlace de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Control de Flujo mediante Parada y Espera.
 - Una entidad fuente transmite un trama.
 - Tras la recepción la entidad destino indica su deseo de aceptar otra trama enviando la confirmación de la trama que se acaba de recibir.
 - La fuente antes de enviar la siguiente trama debe esperar hasta que se reciba la confirmación.
 - El destino controla el flujo, simplemente reteniendo las confirmaciones
 - Este procedimiento funciona bien cuando en la transmisión se utiliza un número reducido de tramas de gran tamaño.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

116

Control de Flujo en el Nivel 2 – Enlace de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Control de Flujo mediante Parada y Espera.
 - Lo más normal es que el emisor rompa el bloque de datos en pequeños bloques, transmitiendo los datos usando varias tramas de menor tamaño. Esto es así por las siguientes razones.
 - El tamaño de la memoria temporal del receptor es limitado..
 - Cuanto más larga sea la transmisión, mayor es la probabilidad de que haya errores, necesitando la retransmisión de la trama completa.
 - Es un medio compartido (LAN), es frecuente no permitir que una estación ocupe el medio durante un periodo largo de tiempo, evitando así grandes retardos en las otras estaciones que intenten emitir.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

117

Control de Flujo en el Nivel 2 – Enlace de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Control de flujo mediante parada y espera.
 - Si se usan varias tramas para un solo mensaje, este procedimiento puede ser inadecuado.
 - El problema está en que sólo puede haber una trama en tránsito.
 - En situaciones donde la longitud del enlace sea mayor que la longitud de la trama, aparecen ineficiencias importantes.

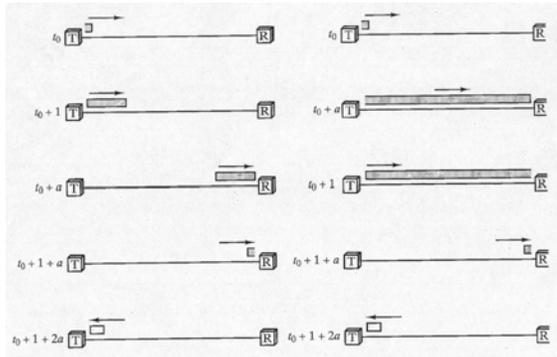
Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

118

Control de Flujo en el Nivel 2 – Enlace de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com



Nota: Utilización del enlace mediante parada-y-espera (tiempo de transmisión = 1; tiempo de propagación = a).

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

119

Control de Flujo en el Nivel 2 – Enlace de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Control de flujo mediante parada y espera.
 - Conclusión
 - Para grandes velocidades de transmisión y/o grandes distancias es aconsejable utilizar grandes valores de a
 - Para $a > 1$ la línea está siempre infrautilizada
 - Para $a > 1$ la línea está utilizada ineficientemente.
 - En definitiva, para grandes distancias donde la razón de datos sea muy elevada, el procedimiento de control de flujo mediante parada y espera da lugar a una utilización ineficiente de la línea.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

120

Control de Flujo en el Nivel 2 – Enlace de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Control de flujo mediante ventana deslizante.
 - Si $a > 1$ donde el uso medio era ineficiente, se permite que varias tramas puedan transitar al mismo tiempo en el enlace, la eficiencia mejora significativamente.
 - A y B conectadas full-dúplex
 - La estación B reserva memoria temporal suficiente para n tramas
 - La estación A se le permite enviar n tramas sin esperar confirmación
 - Para llevar el control de las tramas confirmadas, se implementa un número de secuencia
 - B confirma la llegada de las tramas enviadas, indicando la siguiente trama que espera recibir. (B está preparada para recibir otras n tramas)
 - El campo de números de secuencia puede estar limitado. Por ejemplo con tres bits, los números de secuencia varían entre 0 y 7. (Módulo).
 - Para un campo de k bits, el rango será de 0 a $2^k - 1$

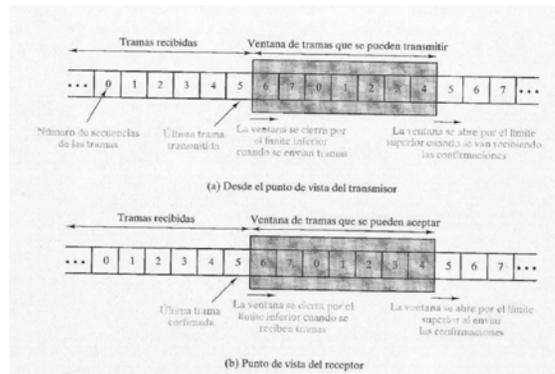
Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

121

Control de Flujo en el Nivel 2 – Enlace de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com



Nota: Descripción de la ventana deslizante.

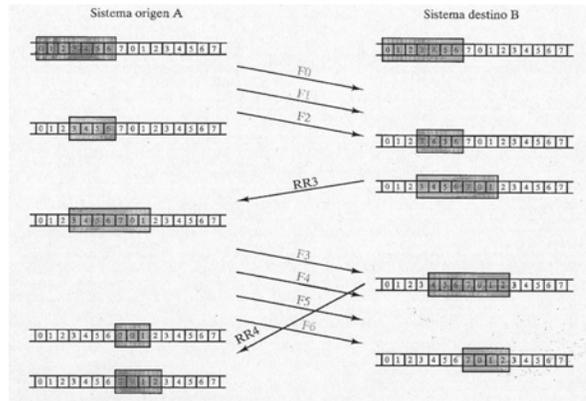
Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

122

Control de Flujo en el Nivel 2 – Enlace de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com



Nota : Ejemplo de un protocolo de ventana deslizante.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

123

Control de Flujo en el Nivel 2 – Enlace de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Control de Flujo mediante Ventana Deslizante
 - RNR. Receptor no Preparada
 - RNR 5. "He recibido todas las tramas hasta la número 4 pero soy incapaz de aceptar más.
 - En algún momento posterior la estación receptora emitirá RR5 para indicar que transmita a partir de la trama 5.
 - Si hay dos estaciones enviando y recibiendo a la vez, cada estación debe mantener 2 ventanas. Una para recibir y otra para enviar.
 - Se suele incorporar en las tramas de datos la confirmación de otra transmisión anterior. Mejora de utilización del canal

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

124

Detección de Errores en el Nivel 2 – Enlace de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Dada una trama de bits, se añaden bits adicionales por parte del transmisor para formar un código que tenga capacidad de detectar errores.
- El código se obtendrá en función de los otros bits que se vayan a transmitir.
- El receptor realizará el mismo cálculo y comparará los dos resultados
- Se detectará un error, si y sólo si los dos resultados no coinciden

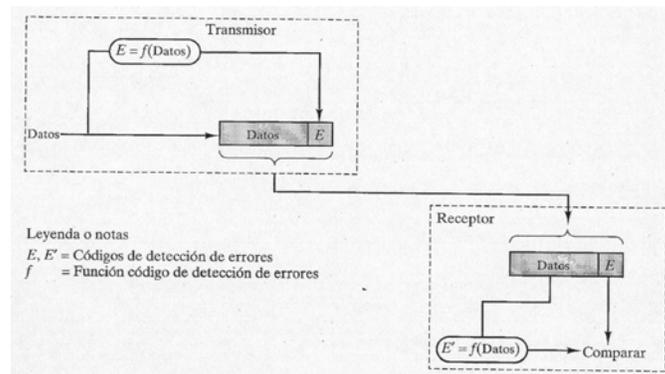
Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

125

Detección de Errores en el Nivel 2 – Enlace de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com



Nota: Detección de errores

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

126

Códigos correctores y detectores de error

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Qué es un error ?
 - Una trama tiene m bits y se agregan r bits de redundancia o de chequeo
 - Los datos a transmitir serán $n = m + r$
- Distancia de Hamming es el número de bits en que difieren dos palabras del código
- La mínima es la **distancia del código**
- En general hay 2^m mensajes válidos pero no todos los 2^n lo son

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

127

Códigos correctores y detectores de error (2)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- La detección y corrección se basa en la distancia de Hamming del código
 - Para *detectar* d errores necesito un código de distancia $d+1$
 - Para *corregir* d errores necesito un código de distancia $2d+1$
- Ej: un bit de paridad agregado a los datos
 - es de distancia 2, un error invalida la palabra
 - sirve para detectar errores simples

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

128

Códigos correctores y detectores de error (3)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Si queremos un código para *corregir errores simples* con $n = m + r$
 - Si invertimos cada uno de los n bits de una palabra de código tenemos n palabras de código ilegales a distancia **1** de la correcta
 - Entonces cada uno de los 2^m mensajes legales, debe tener **$n+1$** palabras dedicadas que puedan ser unívocamente asignadas a él
 - $(n+1) 2^m \leq 2^n \Rightarrow (m + r + 1) \leq 2^r$
 - dado m hay un límite inferior para r

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

129

Códigos de Hamming

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Ejemplo real del límite teórico
- Las posiciones 2^i son ocupadas por los bits de chequeo (1,2,4,8, etc)
- Las restantes se ubican los datos
- Ejemplo:
 - Palabras de 7 bits, se codifican en $7+4=11$ bits ya que $7+4+1 \leq 2^4$ (menos de 4 no cumple)

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

130

Códigos de Hamming (2)

- Palabra **1011001** queda **ab1c011d001**
- hay unos en posición 3,6,7 y 11
 - 11=1011
 - 7=0111
 - 6=0110
 - 3=0011
 - suma=1001=dcba
- transmito **10100111001**
- en recepción sumo el índice de los que tienen 1 y si da 0 está bien, sino tengo la ubicación del error

Códigos de Hamming

Char.	ASCII	Check bits
H	1001 000	00110010000
a	1100001	10111001001
m	1101101	11101010101
m	1101101	11101010101
i	1101001	01101011001
n	1101110	01101010110
g	1100111	11111001111
	0100000	10011000000
c	1100011	11111000011
o	1101111	00101011111
d	1100100	11111001100
e	1100101	00111000101

Order of bit transmission

Fig. 3-6. Use of a Hamming code to correct burst errors.

Ráfagas y Matrices

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Hamming funciona para errores de un bit
- Hay una “pisada” para que sirvan para errores en ráfagas
- Agrupar en forma de matriz y mandar por columnas
- Consideraciones:
 - largo de la ráfaga
 - el mensaje llega retardado

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

133

Códigos detectores de error

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Si la tasa de error es baja conviene detectar y retransmitir a corregir
- En trama de 1000 bits se necesitan 10 bits de test para corregir y alcanza con un bit para detectar
- Si tengo tasa de error de 10^{-6}
 - con corrección: $10 \cdot 1000 = 10000$ bits de mas
 - con detección y retransmisión: $1 \cdot 1000 + 1001 = 2001$ bits de mas

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

134

Detección de Errores en el Nivel 2 – Enlace de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Detección de errores. Comprobación de paridad
 - Consiste en añadir un bit de paridad al final del bloque de datos.
 - Ejemplo: Transmisión de 10110101. (5 unos)
 - Con paridad impar 10110101. Se añade un 1. 101101011
 - Con paridad par 10110101. Se añade un 0. 101101010
 - Si un número impar de bits se invierten durante la transmisión, el receptor detectará el error.
 - Si un número par de bits se invierten durante la transmisión, aparecerá un error no detectado.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

135

Detección de Errores en el Nivel 2 – Enlace de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Detección de errores. Comprobación de Redundancia Cíclica. (CRC)
 - Es uno de los métodos más comunes y más potentes.
 - Dado un mensaje de k bits se genera una secuencia de n bits, denominada secuencia de comprobación. (FCS: "frame check sequence")
 - n+k es la trama redundante que se envía.
 - Se utiliza un patrón P mayor que el FCS. (n+1) al menos.
 - El FCS se obtiene del resto de la división de $2^n M/P$.
 - T = Trama de k+n
 - M = Mensaje. Primeros k bits de T
 - F = n bits del FCS, los últimos n bits de T.
 - P = patrón de n+1 bits. Divisor elegido

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

136

Detección de Errores en el Nivel 2 – Enlace de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Detección de errores. Comprobación de Redundancia Cíclica. (CRC)
 - El objetivo es que la división T/P no de resto alguno.
 - $T=2^nM+F$ (Desplazar a la izquierda n bits) y sumar el FCS.
 - Aritmética módulo 2
 - $M=1010001101$ (10 bits)
 - $P=110101$ (6 bits)
 - FCS de 5 bits
 - El Transmisor:
 - » El mensaje se multiplica por 2^5 . 101000110100000
 - » $101000110100000 \text{ DIV } 110101 = 110010101101$
 - » $101000110100000 \text{ MOD } 110101 = 01110 = \text{FCS}$
 - » $M + \text{FCS} = 101000110101110$ lo que se transmite
 - El receptor si no hay errores
 - » $101000110101110 \text{ MOD } 110101 = 00000$
 - » Si no hay resto, se supone que no hay errores

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

137

Detección de Errores en el Nivel 2 – Enlace de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Detección de errores. Comprobación de Redundancia Cíclica. (CRC)
 - Polinomios
 - Expresar todos los valores como polinomios de una variable muda X con coeficientes binarios.
 - $M = 110011$ $M(X) = x^5+x^4+x+1$
 - $P = 11001$ $P(X) = x^4+x^3+1$
 - Definiciones frecuentes de P(X):
 - » CRC-16 = $x^{16}+x^{15}+x^2+1$
 - » CRC-ITU-T = $x^{16}+x^{12}+x^5+1$
 - » CRC-32 = $x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{22}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^7+x^5+x^4+x^2+1$

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

138

Detección de Errores en el Nivel 2 – Enlace de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Detección de errores. Comprobación de Redundancia Cíclica. (CRC)
 - Errores que se pueden detectar:
 - Todos los errores de un único bit.
 - Todos los errores dobles, si $P(X)$ tiene al menos tres 1.
 - Cualquier número impar de errores, siempre que $P(X)$ contenga el factor $(X+1)$
 - Cualquier error a ráfagas, en el que la longitud de la ráfaga sea menor que la longitud del polinomio divisor
 - La mayoría de las ráfagas de mayor longitud

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

139

Detección de Errores en el Nivel 2 – Enlace de Datos

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Control de errores
 - Mecanismos necesarios para la detección y corrección de errores.
 - Dos tipos de errores
 - Tramas perdidas: No llegan al otro extremo
 - Tramas dañadas: Llegan con algunos bits erróneos
 - Las técnicas más usuales de control de errores se basan en alguna de las siguientes aproximaciones:
 - Detección de errores
 - Confirmaciones positivas.
 - Retransmisión después de un intervalo de tiempo.
 - Confirmaciones negativas o retransmisiones.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

140

Petición de repetición automática Automatic Repeat Request (ARQ)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Existen dos estrategias principales para controlar los errores de transmisión. Se han visto primero las técnicas de corrección de errores (FEC) en donde el error era corregido por el propio receptor por medio de la redundancia que introducía el código; en este capítulo vamos a ver la otra estrategia: el ARQ. Lo que es necesario ahora es un código que detecte el mayor número posible de errores ya que si se detecta un error lo que se hace es pedir una retransmisión por parte del emisor, y si no se detecta error alguno, se supone que la trama ha llegado sin errores. Existen tres tipos principales de ARQ:
 - ARQ de parada y espera
 - ARQ de envío continuo y rechazo simple
 - ARQ de envío continuo y rechazo selectivo

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

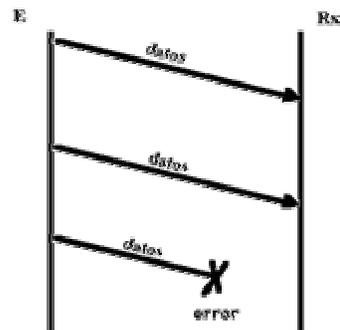
141

Protocolo más sencillo lógicamente Correcto (I)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Veamos ahora cual es la manera más simple de comunicar datos sin pérdida de datos y sin buscar la optimización de la velocidad. Lo más simple es ir enviando los datos trama a trama y que el receptor no juegue ningún papel:
- Como se ve en la figura si no se toma ninguna medida más, si llega algún error el bloque transmitido se pierde.



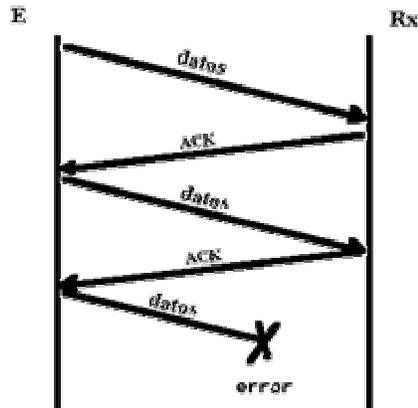
Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

142

Protocolo más sencillo lógicamente Correcto (II)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com



- Para evitar la pérdida de información se pueden introducir los asentimientos del receptor. El emisor espera a que le llegue un asentimiento para enviar la trama siguiente.
- Ahora no se pierde ninguna trama, pero un error hace que el sistema se bloquee ya que el emisor se queda esperando indefinidamente (lo que implica además una memoria en el emisor que sea infinita ya que tiene que almacenar toda la información que le va llegando pero no puede transmitir).
- Evitar este problema es simple: no hay más que introducir un tiempo de espera máximo pasado el cual el emisor retransmite la trama. En este intervalo hay que tener en cuenta el tiempo de transmisión y propagación de la trama y del asentimiento y el tiempo máximo de proceso en el receptor.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

143

Protocolo más sencillo lógicamente Correcto (III)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

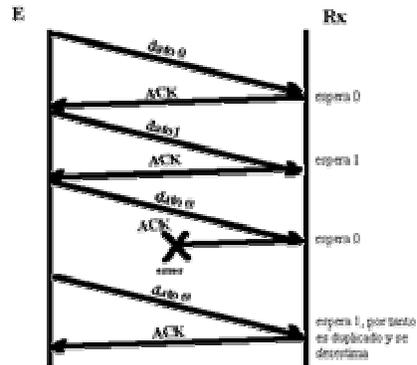
- El problema que se introduce ahora es bastante claro: un retraso del receptor puede provocar la aparición de tramas duplicadas por un reenvío del emisor. Esto es también un problema ya que no olvidemos que el receptor no puede distinguir si una trama es el duplicado de una anterior o no.
- Para resolver este problema, lo que se hace es introducir redundancia en las tramas de tal manera que se distingan la última trama enviada de la que se transmite después. Para ello, se introduce un nuevo bit en la trama de tal manera que las tramas quedan marcadas de dos formas distintas y el receptor espera siempre una de las dos, si llega la otra la descarta pensando que es un duplicado.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

144

Protocolo más sencillo lógicamente Correcto (IV)

- Como se aprecia en la figura volvemos al problema del principio: se pueden perder tramas, bien es cierto que esto bastante más difícil que en el primer caso.
- La solución final y que parece resolver todos los problemas (por fin y al fin) es introducir un bit en los asentimientos que distinga los asentimientos a dos tramas consecutivas (de la misma forma que se distinguían dos tramas consecutivas). Habría que comprobar que esto resuelve verdaderamente todos los problemas pero esto se deja como ejercicio ya que ayuda a comprender el protocolo.



Sistemas ARQ Ideales (I)

- Vamos a ver ahora las técnicas de ARQ propiamente dichas. Como ya se comentó son tres las más importantes:
 - ARQ de parada y espera
 - ARQ de envío continuo y rechazo simple
 - ARQ de envío continuo y rechazo selectivo
- En este apartado solo se quiere entrar en lo que es el funcionamiento de las técnicas en sí, dejando las limitaciones y fallos que su uso conlleva para un apartado posterior. Para facilitarnos la introducción a estas técnicas se van a suponer las siguientes hipótesis simplificadoras:
- Se supone el flujo unidireccional
- Se supone que las tramas de control llegan sin errores
- Se supone que la probabilidad de no detección de error es tan baja que se puede considerar que el código detecta todos los errores. Así la probabilidad de retransmisión es:

$$P_{RTx} = P_{error\ bloque} = 1 - P_{no\ error} - P_{no\ detec} \approx 1 - P_{no\ error}$$

$$\text{Para el caso del BSC: } P_{RTx} \approx 1 - (1 - p)^n \approx p \cdot n$$

Sistemas ARQ Ideales (II)

- Vamos a comparar los distintos sistemas usando el concepto de eficiencia, que es ver que número de bits de información se pueden mandar en media por unidad de tiempo, se define como:

$$C_{ef} = \frac{k}{T_{oc}} \text{ en bps} \text{ donde } T_{oc} \text{ es el tiempo medio de ocupación del canal, y se calcula:}$$

$$T_{oc} = (X_p + \bar{T}_{oz}) * \bar{N}_t \text{ donde}$$

X_p es tiempo de duración de la trama.

\bar{N}_t es el número medio de transmisiones.

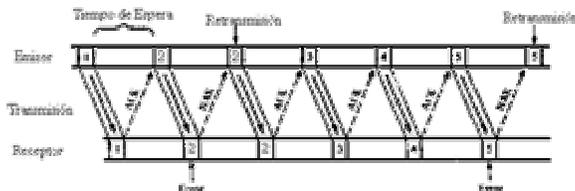
k es el número de bits de información a enviar.

\bar{T}_{oz} es el tiempo medio de duración de la trama, calculado como suma de:

$$\bar{T}_{oz} = t_{prop\ trama} + t_{proceso\ datos} + \text{duración de ACK/NAK} + t_{prop\ ACK/NAK} + t_{proceso\ ACK/NAK}$$

ARQ de Parada y Espera (I)

- En este sistema de transmisión, el emisor envía una trama y espera a que le llegue el asentimiento del receptor para enviar la siguiente (es posible el funcionamiento de este sistema dadas las hipótesis simplificadoras). El receptor puede enviar un asentimiento positivo (ACK): la trama me ha llegado sin errores o bien un asentimiento negativo (NAK): ha ocurrido un error. Si al emisor le llega un NAK, retransmite la última trama, en caso contrario transmite la siguiente. En este sistema el emisor solo tiene que tener en memoria la última trama que ha enviado ya que es la única que tiene pendiente de ser asentida.



ARQ de Parada y Espera (II)

- Calculemos ahora la eficacia de este sistema, para ello nos basta con deducir cual es el número medio de transmisiones por cada trama, pero dado que para n transmisiones tenemos:

$$P_n = P_{\text{error bloque}}^{n-1} * (1 - P_{\text{error bloque}}) \text{ lo que supone un número de transmisiones}$$

$$\bar{N}_t = \sum_{i=1}^{\infty} P_{\text{error bloque}}^{i-1} * (1 - P_{\text{error bloque}}) = \frac{1}{1 - P_{\text{error bloque}}}$$

- Si reemplazamos lo obtenido en este caso, en la fórmula de eficiencia, teniendo en cuenta que k es el número de bits de información y que m el número de bits de redundancia por trama, así como que R es la velocidad binaria:

$$C_{ef} = (1 - P_{\text{error bloque}}) * \frac{k}{k + m + T_{as} * R} * R$$

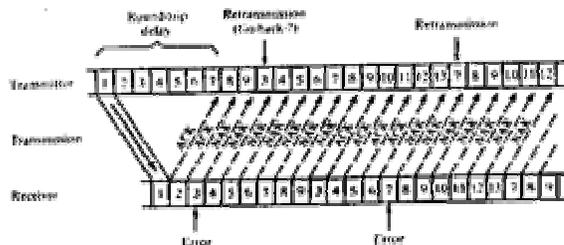
ARQ de Parada y Espera (III)

- Vemos que si la probabilidad de error es pequeña se pueden usar k altos, se puede hallar el k óptimo si se deriva la expresión anterior respecto de k y se iguala a 0, esto da un k óptimo de:

$$K_{opt} \approx \sqrt{\frac{m + (R * T_{as})}{p}}$$

ARQ de Rechazo Simple (I)

- En este caso, se supone que el emisor no espera a recibir un asentimiento del receptor sino que continua transmitiendo tramas que a su vez almacena en buffer hasta que sean asentidas, es una ventana deslizante en el emisor. Para diferenciar una trama de las demás les añade un número de secuencia supuestamente infinito, pero que no aumenta el número de bits de redundancia (es uno de los problemas en la práctica). El receptor asiente cada trama con su número correspondiente lo que libera la trama correspondiente en el buffer del emisor. Si una trama es errónea, el emisor vuelve atrás y retransmite a partir de esa trama (lo que hace inviable este sistema para probabilidades de error elevadas). El receptor solo tiene que almacenar una trama en su registro pues al final siempre le llegan en orden.



Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

151

ARQ de Rechazo Simple (II)

- Si calculamos el tiempo de ocupación y luego la eficacia, por medio en este caso del número de retransmisiones (calculado viendo la probabilidad de N retransmisiones) ya que si la trama llega bien no se espera al asentimiento de la misma, es decir que el retardo de asentimiento es nulo:

$$\bar{T}_{oc} = (T_p + T_{rtt}) * \bar{N}_{retr} + T_p \text{ donde } \bar{N}_{retr} \text{ es el número de retransmisiones medio menos 1.}$$

$$\text{por tanto: } C_p = (1 - P_b) \frac{k}{k + m + T_{rtt} * T_{oc}} = R$$

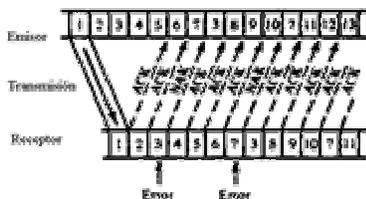
- P_b es la probabilidad de error de bloque. Es claro que este sistema tiene en general mayor eficacia que el anterior. Si la probabilidad de error de bloque es baja, el efecto del tiempo de asentimiento se ve fuertemente reducido

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

152

ARQ de Rechazo Selectivo (I)

- Para evitar perder tiempo en transmisión, se busca repetir solo las tramas con error y no el resto. Para eso se usa el emisor del ARQ anterior: transmisión continua salvo que solo retransmite la trama defectuosa (lo sabe por el número de secuencia del asentimiento). El receptor se complica ya ha de guardar en un registro todas las tramas posteriores a un error hasta que le llegue la retransmisión de la trama para poder entregarlas el orden. Esto complica el sistema bastante: son necesarias ventanas deslizantes tanto en receptor como en emisor y para probabilidades de error bajas no da una gran diferencia en eficacia respecto del sistema ARQ anterior.



Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

153

ARQ de Rechazo Selectivo (II)

- En este caso, el tiempo de asentimiento es nulo siempre (nunca se espera a recibir la trama de asentimiento). El tiempo de ocupación será el de transmisión (X_p con retardos por procesos incluidos) por el número medio de transmisiones que es el mismo que se calculó para el primer caso (dado que la probabilidad de error tiene la misma forma). Si sustituimos en la fórmula general:

$$\bar{T}_{oc} = X_p * \bar{N}_t = X_p * \frac{1}{P_{eb}} \text{ y la eficiencia es:}$$

$$C_{ef} = (1 - P_{eb}) \frac{k}{k + m} R$$

- Este ARQ da las mejores prestaciones, sin embargo, si la probabilidad de error de bloque es baja la diferencia de rendimiento con el ARQ de rechazo simple es según se obtiene del estudio de las fórmulas muy baja.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

154

HDLC (I)

- Control de enlace de datos a alto nivel (HDLC, “High-Level Data Link Control”)
 - Es el protocolo más importante para el enlace de datos.
 - Es el más utilizado y es base para otros protocolos de este nivel.
 - Características básicas:
 - Tres Tipos de estaciones
 - Estación Primaria
 - Estación Secundaria
 - Estación Combinada

HDLC (II)

- Características básicas:
 - Dos configuraciones de enlace:
 - **Configuración no balanceada:** está formada por una estación primaria y una o más estaciones secundarias permitiendo tanto transmisión full-dúplex como half-dúplex.
 - **Configuración balanceada:** consiste en dos estaciones combinadas y permite full-dúplex y half-dúplex

HDLC (III)

- **Características básicas:**
 - Tres modos de transferencia de datos:
 - **Modo de respuesta normal** (NRM, “normal response mode”)
 - **Modo balanceado asíncrono** (ABM, “asynchronous balanced mode”)
 - **Modo de respuesta asíncrono** (ARM “asynchronous response mode”)

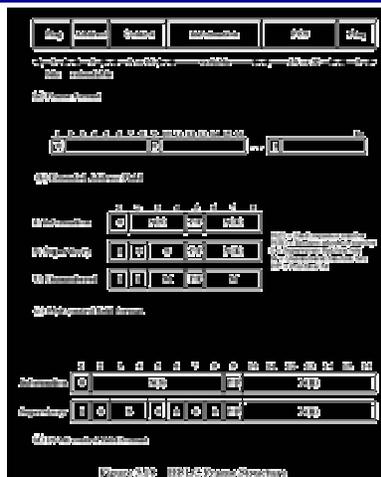
HDLC (IV)

- **Características Básicas**
 - El NRM es usado en líneas que tienen múltiples conexiones, en las que varios terminales se conectan a un ordenador central. El ordenador sondea cada una de las entradas correspondientes a los distintos terminales.
 - El NRM se usa a veces en enlaces punto a punto, principalmente si el enlace conecta un terminal u otros periféricos al ordenador.
 - El ABM es el más utilizado de los tres modos. Debido a que no necesita hacer sondeos, la utilización de los enlaces punto a punto con full-dúplex es más eficiente con este modo.
 - ARM no se utiliza tan frecuentemente. Es utilizable en algunas situaciones particulares en las que la estación secundaria necesite iniciar la transmisión.

HDLC (V)

- Estructura de la trama:
 - HDLC usa transmisión síncrona.
 - Todos los intercambios se realizan a través de tramas con datos e información de control:
 - Cabecera
 - Delimitador
 - Dirección
 - Control
 - Cola
 - FCS
 - Delimitador

HDLC (VI)



HDLC (VII)

- Los campos de delimitación
 - Están localizados en los dos extremos de la trama y ambos corresponden a la siguiente combinación de bits 0111110.
 - Se puede usar un mismo delimitador como fin y siguiente comienzo de trama.
 - Para evitar que exista este patrón dentro de la trama se utiliza el método de inserción de bits.
 - Al usar el procedimiento de inserción de bits, el campo de datos puede contener cualquier combinación arbitraria de bits. Esta propiedad se denomina **transparencia de bits**.

HDLC (VIII)

- Campo de dirección
 - Identifica a la estación secundaria que ha transmitido o que va a recibir la trama.
 - Este campo no es necesario en transmisiones punto a punto, aunque se incluye siempre por razones de uniformidad
 - El campo tienen normalmente 8 bits, si bien, con una negociación previa, se puede utilizar un formato ampliado en el que la dirección sea un múltiplo de 7 bits.
 - El bit menos significativo de cada octeto será 1 ó 0 de acuerdo si es o no el último octeto del campo de dirección. Los siete bits restantes en cada octeto formarán la dirección propiamente dicha.
 - Un Octeto 11111111, se interpretará como una dirección que corresponde a todas las direcciones, tanto en formato básico como ampliado (Multidifusión)

HDLC (IX)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- **Campo de Control**
 - HDLC define tres tipos de tramas, cada una de ellas con un formato diferente en el campo de control.:
 - Tramas-I o tramas de información.
 - Tramas-S o tramas de Supervisión.
 - Tramas-U o tramas no numeradas.
 - El primer o los dos primeros bits del campo de control identifica el tipo de trama.
 - En las tramas-I y tramas-S, los números de secuencia son de tres bits, pero pueden ampliarse, por ejemplo a 7 bits.
 - Las tramas-U siempre el campo de control de 8 bits.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

163

HDLC (X)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- **Campo de información**
 - Sólo está presente en las tramas-I y en algunas tramas-N.
 - Puede contener cualquier secuencia de bits, con la única restricción de que el número de bits sea múltiplo entero de 8.
 - La longitud es variable y su máximo valor depende de cómo se defina en el sistema en particular.
- **Campo para la secuencia de comprobación de la trama**
 - Se obtiene de los bits de la trama excluyendo los delimitadores.
 - El código que se utiliza normalmente es el CRC-CCITT de 16bits
 - Opcionalmente se puede utilizar una FCS opcional de 32 bits CRC-32, si así lo aconseja la longitud de la trama o las características de la línea.

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

164

HDLC (XI)

- **Funcionamiento**
 - Consiste en un intercambio de tramas-I, tramas-S y tramas-U entre dos estaciones.
 - El funcionamiento implica tres fases:
 - Uno de los dos extremos inicia el enlace de datos, de tal forma que las tramas se puedan intercambiar de forma ordenada.
 - En la fase se acuerdan las opciones que se utilizarán en el intercambio posterior
 - Los dos extremos intercambian los datos generados por los usuarios y la información de control (control de flujo y errores)
 - Uno de los extremos indica la finalización de la transmisión

HDLC (XII)

- **Funcionamiento**
 - **Iniciación**
 - Cualquiera de los dos extremos puede iniciar la transmisión generando una de entre las seis posibles ordenes previstas para fijar el modo:
 - Se avisa al otro extremo que se ha solicitado la iniciación
 - Se especifica cual de los tres modos (NRM, ABM, ARM) se está solicitando
 - Se especifica números de secuencia de 3 ó 7 bits
 - Si el otro extremo acepta la solicitud, se confirmará con una trama UA “unnumbered acknowledge” al extremo que inició la comunicación.
 - Si se rechaza, se envía DM “disconnected mode”.

HDLC (XIII)

- **Funcionamiento**

- **Transferencia de datos**

- La transferencia se realiza mediante tramas-I comenzando con número de secuencia igual a 0.
 - Los campos N(S) y N(R) son los números de secuencia con los que se lleva a cabo el control de flujo y el control de errores.
 - Los números de secuencia en módulo 8 (3 bits) ó 128 (7 bits)
 - Las tramas-S también se utilizan para control de flujo y errores.
 - RR, para confirmar tramas-I.
 - RNR
 - REJ par iniciar procedimiento ARQ adelante-atrás-N. Solicitud de retransmisión a partir de N(R).
 - SREJ para iniciar ARQ rechazo selectivo. Para una trama solamente.

HDLC (XIV)

- **Funcionamiento**

- **Desconexión**

- Cualquiera de las dos entidades puede iniciar la desconexión.
 - Por iniciativa propia de la capa de enlace.
 - Por iniciativa de las capas superiores.
 - Lleva a cabo la desconexión con DISC “disconnect”
 - El otro extremo podrá aceptar dicha desconexión respondiendo con una trama UA.

SNMP (I)

- SNMP → Simple Network Management Protocol
- SNMP Proporciona una forma de monitorizar y gestionar una red.
- SNMP está diseñado para trabajar en:
 - Diferentes tipos de redes
 - Diferentes tipos de pilas de protocolos
 - Diferentes tipos de dispositivos
 - Es abierto (multivendor)

SNMP (II)

- Podemos definir una red como un conjunto de **nodos** o **dispositivos** interconectados por **líneas**.
- **Gestión de Red** significa utilizar hardware y software para monitorizar y controlar el estado de los nodos y las líneas
- Un “**Network Management Station**” es un nodo que está ejecutando una **aplicación de gestión** o **proceso gestor**, que controla y monitoriza otros dispositivos llamados **dispositivos gestionados**.
- Cada dispositivo gestionado ejecuta un software llamado **agente**.

SNMP (III)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- El conjunto de todos los objetos de la red se llama **MIB (Management Information Base)** de esa red.
- La MIB es una “base de datos” que define la información de gestión del conjunto de objetos gestionados.
- El identificador de cada objeto que contiene la MIB se llama **OID (Object Identity)**

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

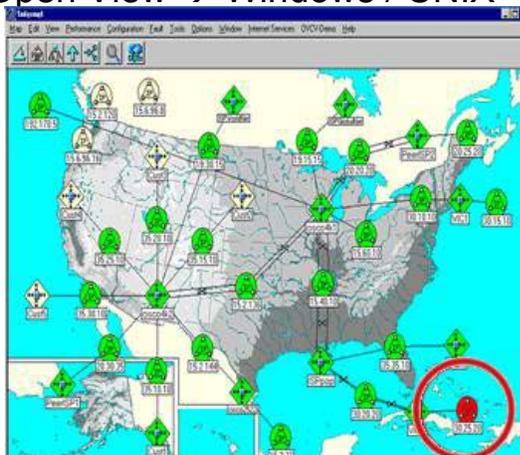
171

Distintos Softwares de Gestión de Red (I)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- HP-Open View → Windows / UNIX



172

Distintos Softwares de Gestión de Red (II)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- Micromuse NetCool → UNIX



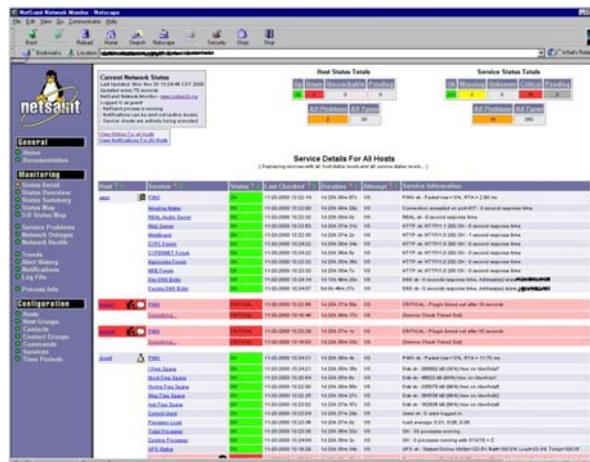
173

Distintos Softwares de Gestión de Red (III)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- NetSaint → UNIX, Linux



174

Distintos Softwares de Gestión de Red (IV)

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- MRTG → Windows, UNIX, Linux



175

Bibliografía

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS DE REDES LOCALES

eduangi.com

- *Comunicaciones y Redes de Computadoras 6ª Ed* – William Stallings – Editorial Prentice Hall 2000
- *Redes de Computadoras 3ª Ed* – Andrew S. Tanenbaum – Editorial Prentice Hall 1997
- *Introducción a las redes locales* – José Félix Rábago – Editorial Anaya 1994
- *Redes y Servicios de Telecomunicaciones* – José Manuel Huidobro Moya – Editorial Paraninfo 2000
- *Cisco CCNA Exam #640-507 Certification Guide* – Wendell Odom – Editorial Cisco Press 2001
- *Redes Iniciación y Referencia* – Jesús Sánchez y Joaquín López – Editorial Mc-Graw Hill 2000

Angi Díaz / Eduardo Collado
<http://www.eduangi.com>

176