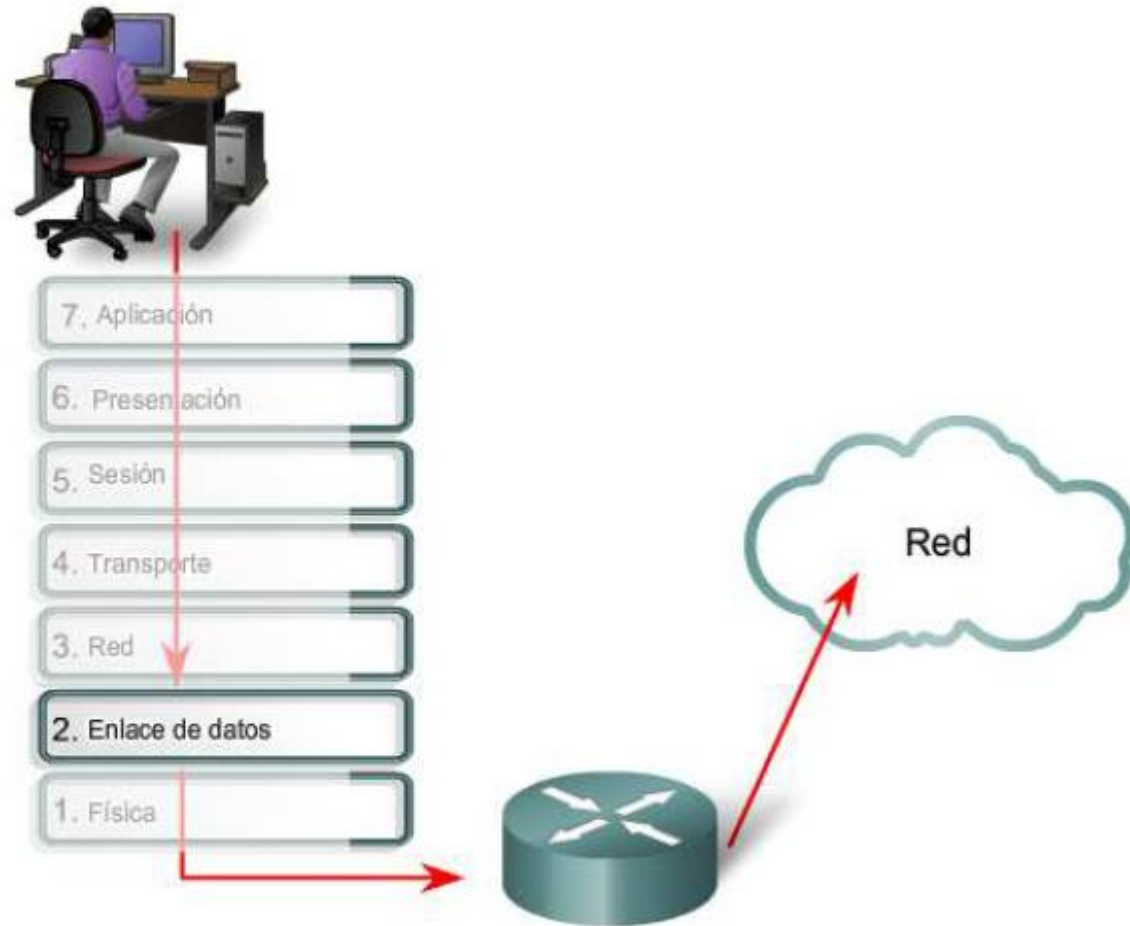




Unidad 2 - Nivel de enlace de datos

Juan M. Hurtado A. MSc
Ingeniero Electrónico y Comunicaciones

Nivel de Enlace de Datos



La capa de enlace de datos prepara datos de red para la red física.

Nivel de Enlace de Datos

- Es la responsable de realizar una transferencia fiable, a través de un circuito de transmisión de datos.
- En esta capa se reciben peticiones del nivel de red y se utilizan los servicios del nivel físico.
- La capa de enlace de datos realiza dos servicios básicos:
 - Permite a las capas superiores acceder a los medios usando técnicas, como tramas.
 - Controla cómo los datos se ubican en los medios y son recibidos desde los medios usando técnicas como control de acceso a los medios y detección de errores.

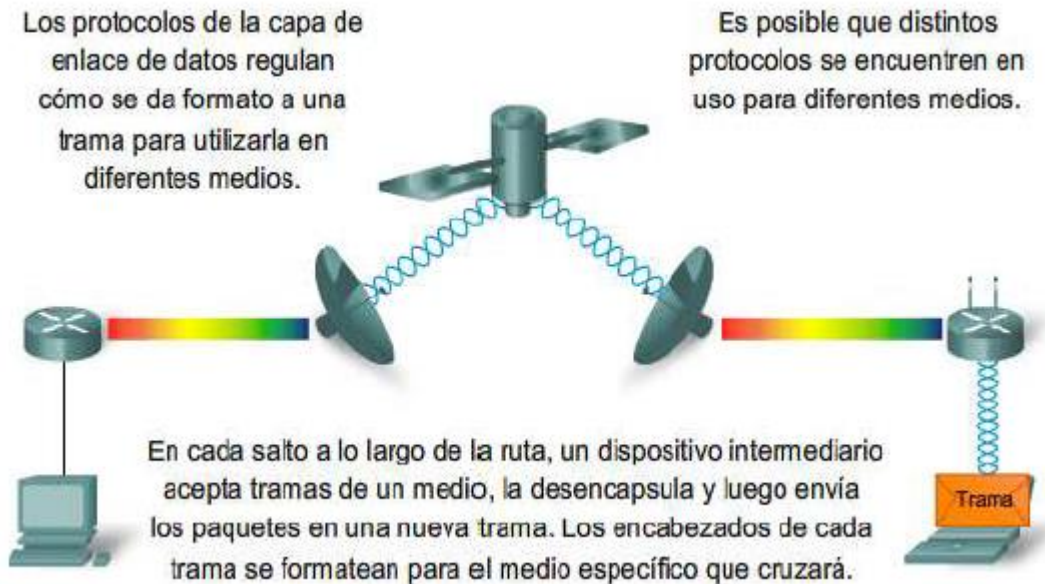
Nivel de Enlace de Datos

Un modelo de red permite que cada capa funcione con un mínimo interés por los papeles de las otras capas.

La capa de enlace de datos releva a las capas superiores de la responsabilidad de colocar datos en la red y de recibir datos de la red. Esta capa proporciona servicios para soportar los procesos de comunicación para cada medio por el cual se transmitirán los datos.

Nivel de Enlace de Datos

Incluye todos los tipos de medios actualmente utilizados
Y los métodos para acceder a ellos



ISO7498–http://www.sigcomm.org/standards/iso_std/ISO_MODEL/ISO_IEC_7498r1.TXT

InternetworkingBasics–

http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/introint.htm#wp1020777

MTU–http://www.tcpipguide.com/free/t_IPDatagramSizeMaximumTransmissionUnitMTUFragmentat.htm

Objetivos

El objetivo de la capa de enlace es conseguir que la información fluya, libre de errores, entre dos máquinas que estén conectadas directamente (servicio orientado a la conexión).

Para lograr este objetivo tiene que montar bloques de información (Tramas), dotarles de una dirección de capa de enlace (Dirección MAC), gestionar la detección o corrección de errores, y ocuparse del "control de flujo" entre equipos (para evitar que un equipo más rápido desborde a uno más lento).

Estandares

Las organizaciones de ingeniería que definen estándares y protocolos abiertos que se aplican a la capa de enlace de datos incluyen:

- Organización Internacional para la Estandarización (ISO)
- Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE)
- Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI)
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU)

Estandares

ISO:	HDLC (Control de enlace de datos de alto nivel)
IEEE:	802.2 (LLC), 802.3 (Ethernet) 802.5 (Token Ring) 802.11(Wireless LAN [LAN inalámbrico])
ITU:	Q.922 (Estándar de Frame Relay) Q.921 (Estándar de enlace de datos ISDN) HDLC (Control de enlace de datos de alto nivel)
ANSI:	3T9.5 ADCCP (Protocolo de control de comunicación avanzada de datos)

Protocolos

- En esta capa se ubican los bridges y Switches.
- A continuación se presenta una lista de protocolos que ocupan este nivel:
 - Control de enlace de datos de alto nivel (High-level Data Link Control HDLC).
 - Manejadores y métodos de acceso de LAN, como Ethernet o Token Ring.
 - ATM para redes de área extensa WAN de transmisión rápida.
 - Network Driver Interface Specification (NDIS) de Microsoft.
 - Open Datalink Interface (NODI) de Novell

Definiciones



Trama

PDU

Una PDU en la capa de enlace de datos se denomina trama.

Nodo



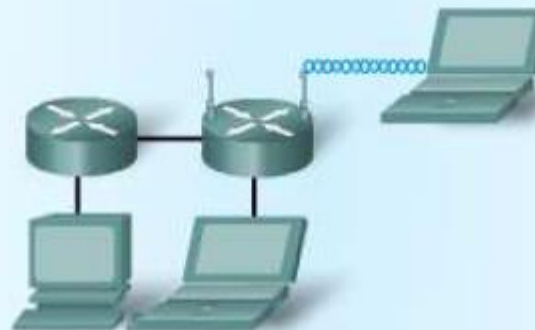
Un nodo es un dispositivo en una red.

Medios



Los medios son las formas físicas utilizadas para transportar señales de datos.

Red



Una red se compone de dos o más dispositivos conectados a un medio común.

Definiciones

- Mensaje: Secuencia de caracteres o bits que representa la información a enviar de un origen a un destino.
- Bloque: conjunto de caracteres o bits que se agrupan por razones técnicas para ser transmitidos como una unidad.

Funciones

- Objetivo: Resolver los problemas derivados de la falta de fiabilidad de los circuitos físicos.
 - Transferencia fiable de bloques de información (tramas) entre equipos directamente conectados.
- Funciones Principales:
 1. Delimitación de trama
 2. Transparencia
 3. Detección/ Corrección de errores
 4. Control de acceso al medio
 5. Direccionamiento del control de acceso

1. Delimitación de Tramas

- Nivel Físico: Delimitación (sincronismo) de bit y de carácter (a veces)
- Delimitación de trama:
 - ¿Donde empieza/acaba una secuencia de datos?
- Soluciones:
 - a) Utilización de tramas de tamaño fijo
 - b) Delimitación por carácter de longitud
 - c) Delimitación por carácter de principio y fin
 - d) Delimitación por guiones

1. Delimitación de Tramas

a. Tramas de tamaño fijo

- Intrínsecamente transparente
- Poco flexible. Rellenar tramas cortas (desperdicio del canal)

b. Delimitación por longitud

- Intrínsecamente transparente

Datos a enviar abcde

Trama: 5abcde

¿Qué pasa si se produce un error en la información de longitud?

Se pierde el sincronismo de todas las tramas hasta que se recupere ese error

1. Delimitación de Tramas

c. Delimitación por carácter de principio y fin

➤ Problemas de transparencia

Carácter de principio/fin: \$

Datos a enviar: abcdefghijk

Trama: \$abcdefghijk\$

Datos a enviar: abc\$efg

Trama: \$abc\$efg... ?????=> ver luego

d. Delimitación con guiones en protocolos orientados a bit (HDLC)

01111110 110101110110100111010 01111110

2. Transparencia

Se dice que un protocolo es transparente si es capaz de enviar cualquier dato.

- Delimitación por carácter de principio y fin
 - Los caracteres de control van precedidos por carácter especial (de escape)
 - El carácter de escape se duplica cuando aparece en los datos.
 - Carácter de principio./fin: \$
 - Carácter de escape: %
 - Datos a enviar ab%\$de\$g
 - Trama: %\$ab%%\$de\$g%\$
 - U otra forma: trama \$ab%%%\$d%%e%\$g\$
- Eficiencia caso peor 50%.

2. Transparencia

- Delimitación con guiones en protocolos orientados a bit.
 - Se inserta un 0 por cada cinco 1 consecutivos en el campo de datos, independientemente del símbolo siguiente
- Datos a enviar: 00111111100111110
- Trama: 0111111000**11111**01100**11111**0001111110
- En recepción se elimina siempre el **0** que sigue a cinco **1**
 - Eficiencia en el caso peor: 5/6.

3. Detección / Corrección de Errores

Conjunto de Técnicas que permiten resolver los problemas introducidos por los canales ruidosos con probabilidades de error inaceptables para las aplicaciones finales

➤ Fases

➤ 1.- Detección de errores

➤ Información redundante en cada trama

➤ 2.- Recuperación

➤ Corrección de errores en el destino (FEC)

➤ Información redundante en cada trama

➤ Petición de retransmisión (ARQ)

3. Detección / Corrección de Errores

Método: añadir información redundante a los datos para detectar y, tal vez, corregir errores

- Se toma un bloque de k bits de datos.
- Ese bloque se pasa por un codificador y sale un bloque de n bits con $n > k$
- $\Rightarrow$ Códigos de bloque
- Si la salida del codificador contiene la entrada $\Rightarrow$ Códigos lineales
- Veremos sólo códigos de bloque lineales

4. Control de acceso al medio

La Capa2 especifica la encapsulación de un paquete en una trama y las técnicas para colocar y sacar el paquete encapsulado de cada medio.

La técnica utilizada para colocar y sacar la trama de los medios se llama método de control de acceso al medio.

Para que los datos se transfieran a lo largo de una cantidad de medios diferentes, puede que se requieran diferentes métodos de control de acceso al medio durante el curso de una única comunicación.

4. Control de acceso al medio

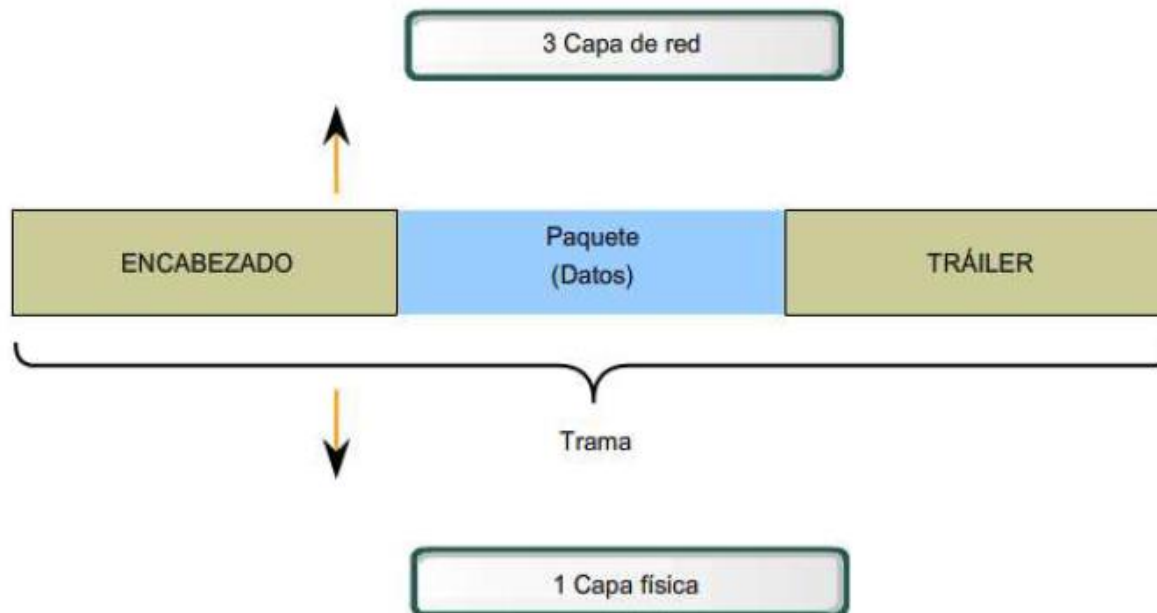
Creación de Tramas

La trama de la capa de enlace de datos incluye:

Datos: El paquete desde la Capa de red

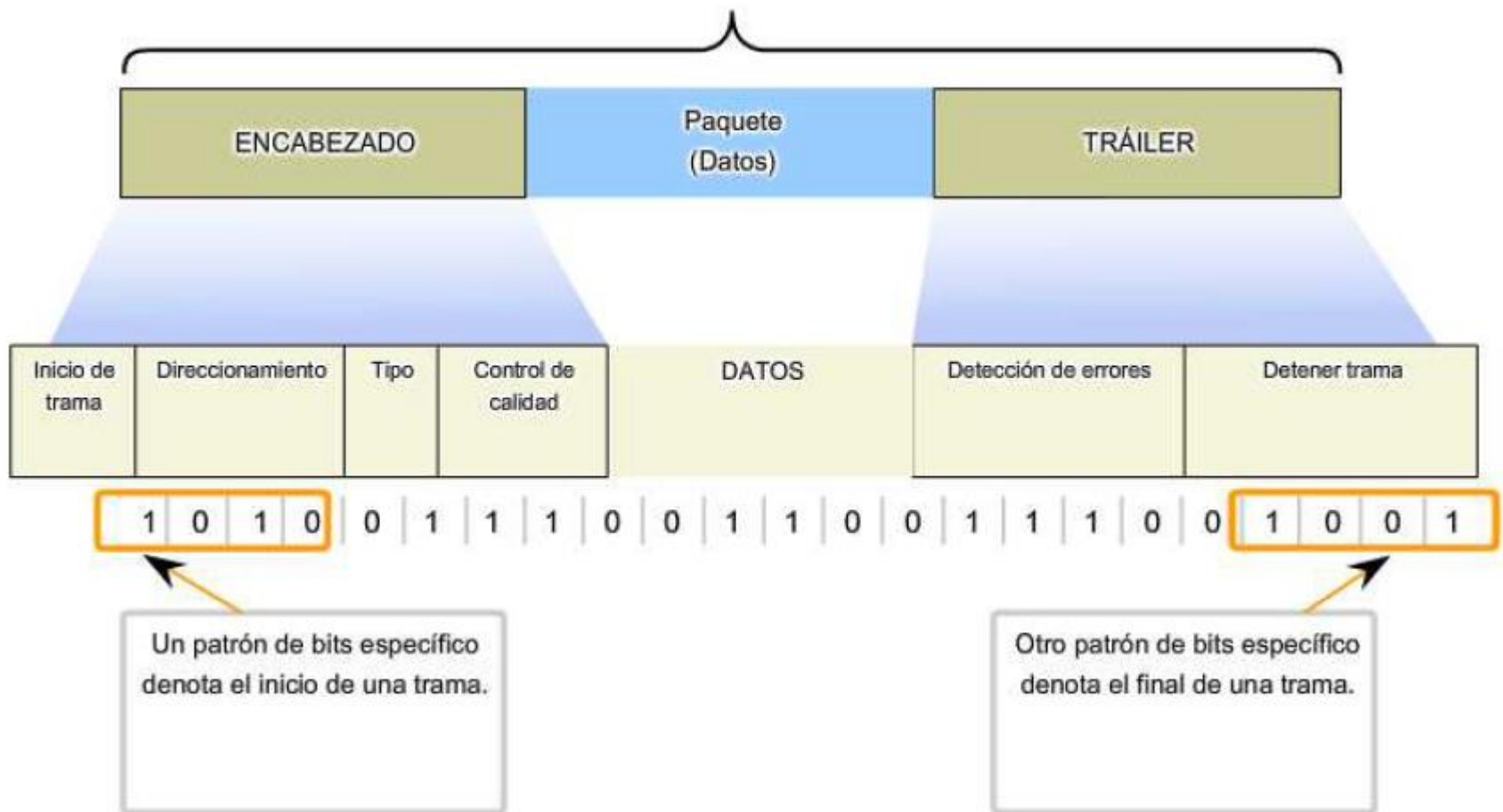
Encabezado: contiene información de control como direccionamiento y está ubicado al comienzo del PDU

Tráiler: contiene información de control agregada al final del PDU



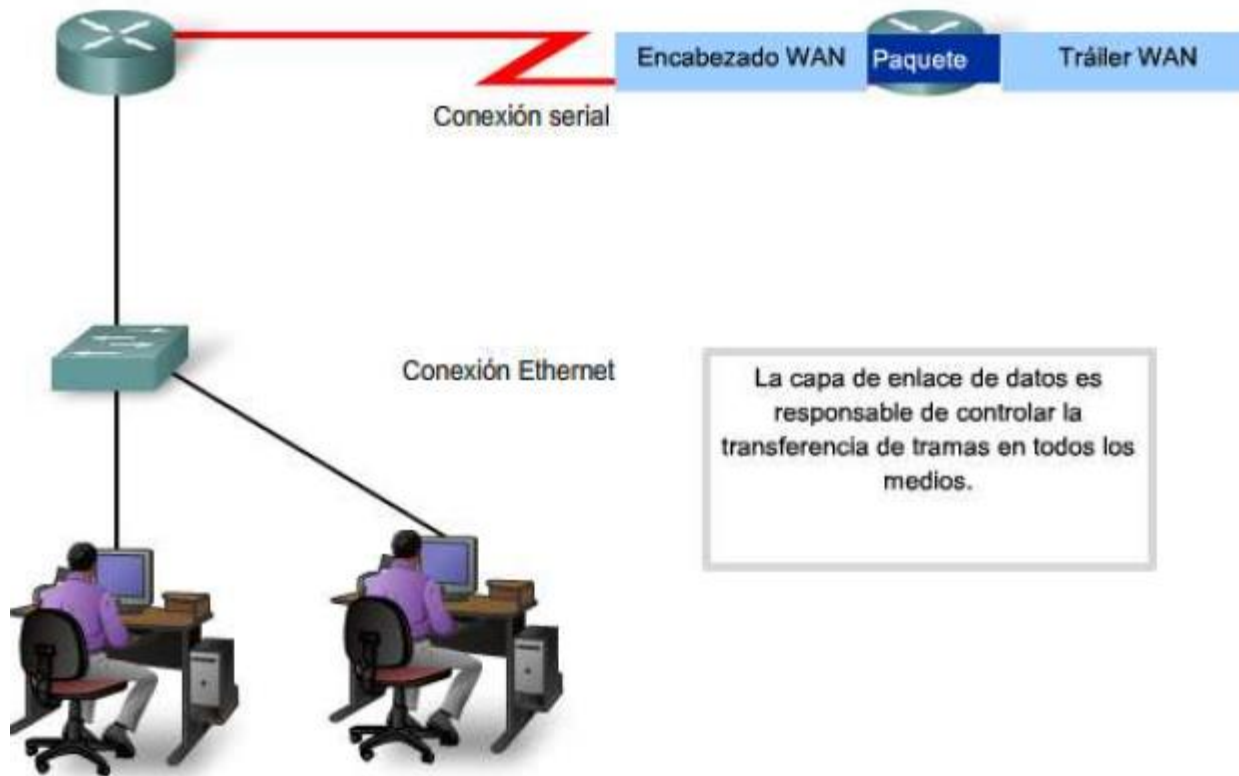
4. Control de acceso al medio

Formateo de datos para la transmisión



4. Control de acceso al medio

Transferencia de Tramas

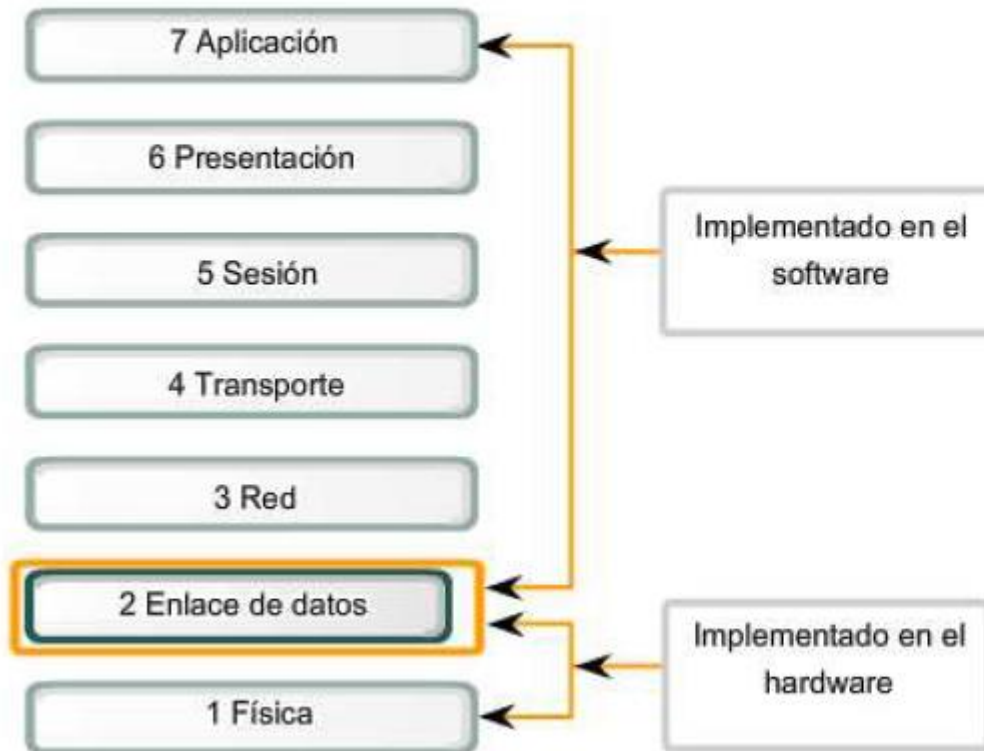


4. Control de acceso al medio

Conexión de los servicios de la capa superior con los medios

La capa de enlace de datos conecta las capas del software y del hardware.

Los dispositivos físicos dedicados a la capa de enlace de datos tienen los componentes de hardware y software.



NIC PC

4. Control de acceso al medio

Colocar tramas en los medios

El método de control de acceso al medio utilizado depende de:

Compartir medios: si y cómo los nodos comparten los medios.

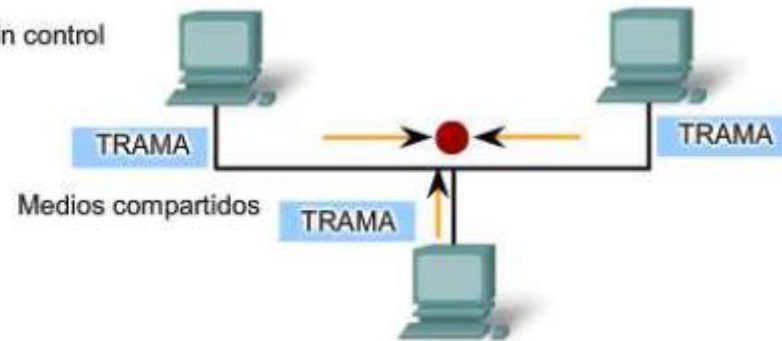
Topología: cómo la conexión entre los nodos se muestra a la capa de enlace de datos.

4. Control de acceso al medio

Colocar tramas en los medios

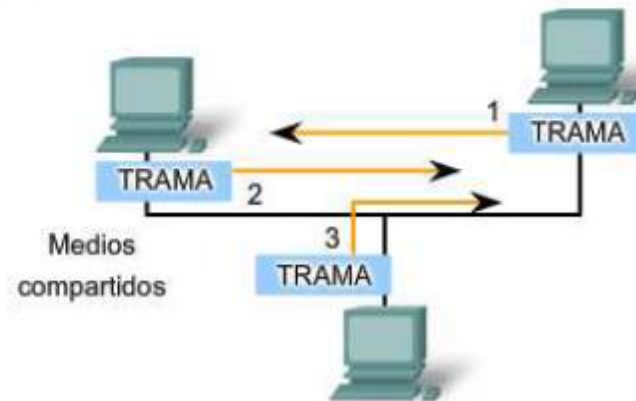
Si no se realiza ningún control, se producirían muchas colisiones. Las colisiones producen tramas corruptas que deben volver a enviarse.

Sin control



Los métodos que cumplen con un alto grado de control impiden las colisiones, pero el proceso tiene muchas sobrecargas.

Por turnos



Los métodos que cumplen con un bajo nivel de control tienen pocas sobrecargas, pero hay colisiones con mayor frecuencia.

4. Control de acceso al medio

Control de acceso para medios compartidos

Hay dos métodos básicos de control de acceso al medio para medios compartidos:

1. **Controlado:** Cada nodo tiene su propio tiempo para utilizar el medio
2. **Basado en la contención:** Todos los nodos compiten por el uso del medio

CSMA es generalmente implementado junto con un método para resolver la **contención** del medio.

Los dos métodos comúnmente utilizados son:

CSMA/Detección de colisión (CD)

CSMA/Prevención de colisiones (CSMA/CA)

Método de acceso **controlado**, los dispositivos de red toman turnos, en secuencia, para acceder al medio. A éste método se lo conoce como **acceso programado o determinístico**.

4.Control de acceso al medio

Control de acceso para medios compartidos



Método	Características	Ejemplo
Acceso controlado	• Sólo transmite una estación a la vez • Los dispositivos que desean transmitir deben esperar su turno • No hay colisiones • Algunas redes deterministas utilizan el paso de tokens	• Token Ring • FDDI

REESTABLECER

CONTROLADO

POR CONTENCIÓN

4. Control de acceso al medio

Control de acceso para medios compartidos



Método	Características	Ejemplo
Acceso por contención	- Las estaciones pueden transmitir en cualquier momento - Existen colisiones - Existen mecanismos para resolver las contenciones: - CSMA/CD para redes Ethernet - CSMA/CA para 802.11 redes inalámbricas 802.11	- Ethernet - inalámbrica

REESTABLECER

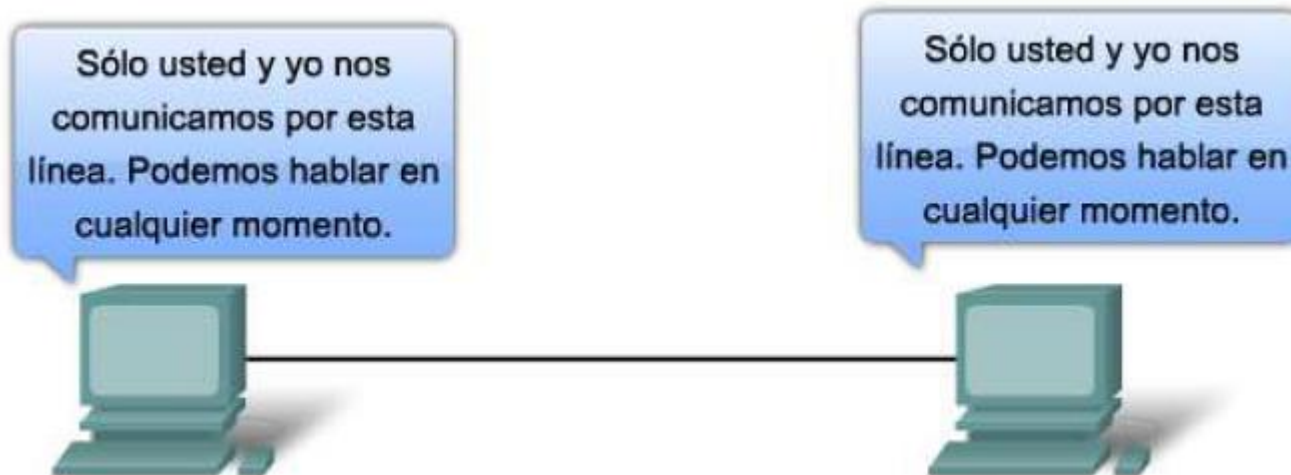
CONTROLADO

POR CONTENCIÓN

4. Control de acceso al medio

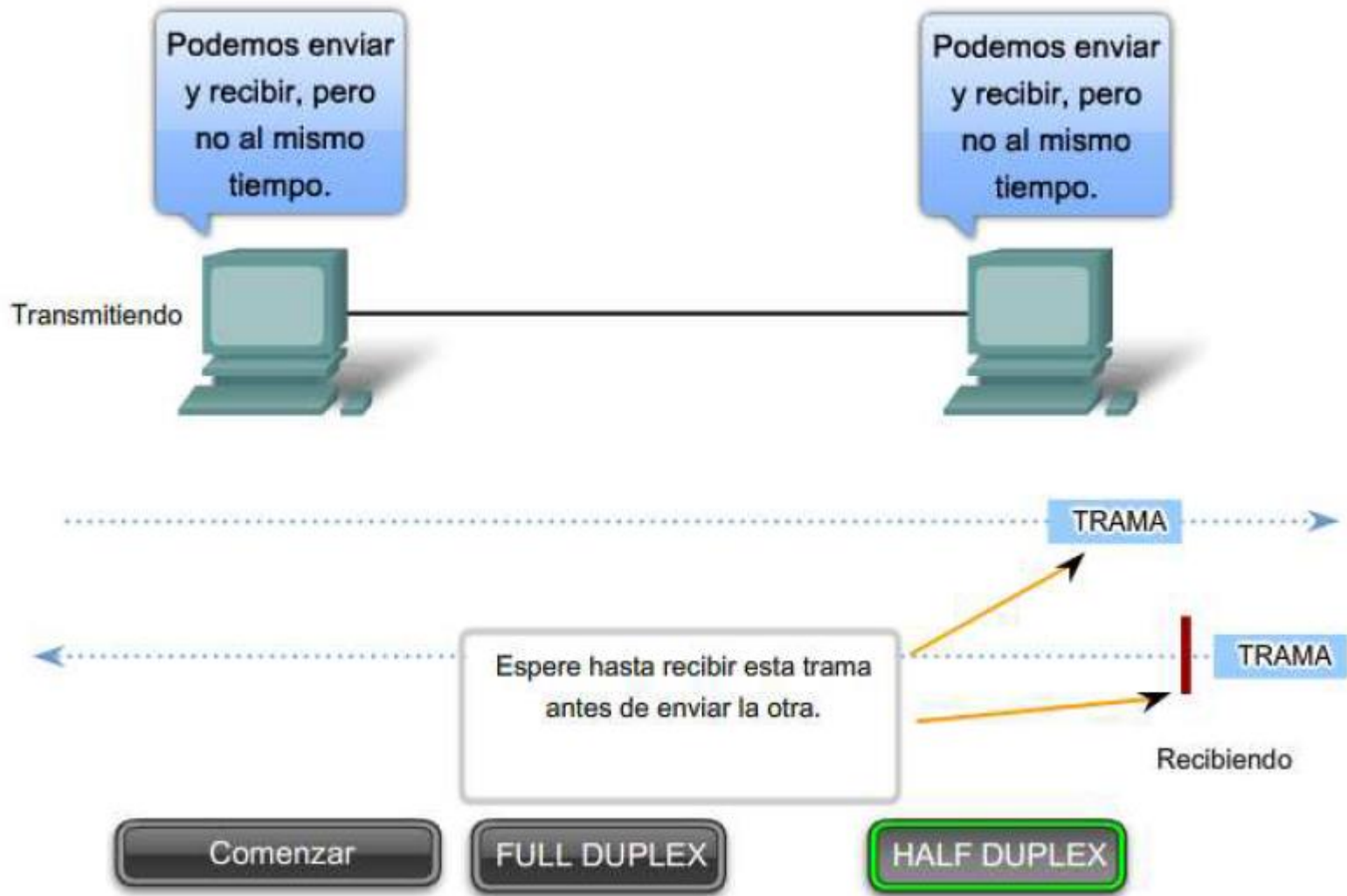
Control de acceso para medios NO compartidos

Para medios no compartidos se requiere poco o ningún control antes de colocar tramas en los medios. Estos protocolos tienen reglas y procedimientos más simples para el control de acceso al medio. (Topología Punto Punto).



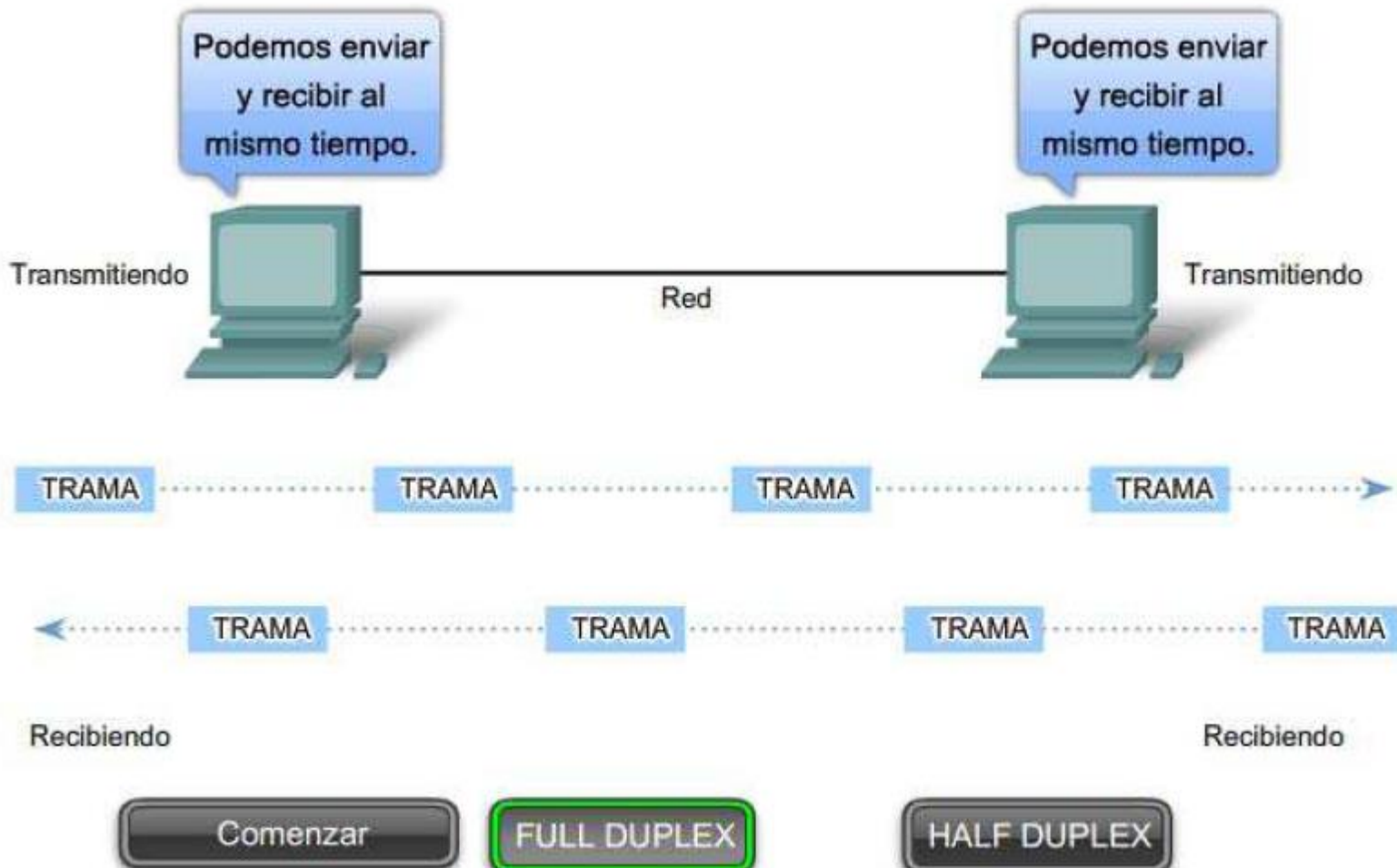
4. Control de acceso al medio

Control de acceso para medios NO compartidos



4. Control de acceso al medio

Control de acceso para medios NO compartidos



4. Control de acceso al medio

Topología Lógica vs Topología Física

La topología de una red es la configuración o relación de los dispositivos de red y las interconexiones entre ellos.

Las topologías de red pueden verse en el nivel físico y el nivel lógico.

La topología física: es una configuración de nodos y las conexiones físicas entre ellos.

La representación de cómo se usan los medios para inter conectar los dispositivos es la topología física

La topología lógica: es la forma en que una red transfiere tramas de un nodo al siguiente. Esta configuración consiste

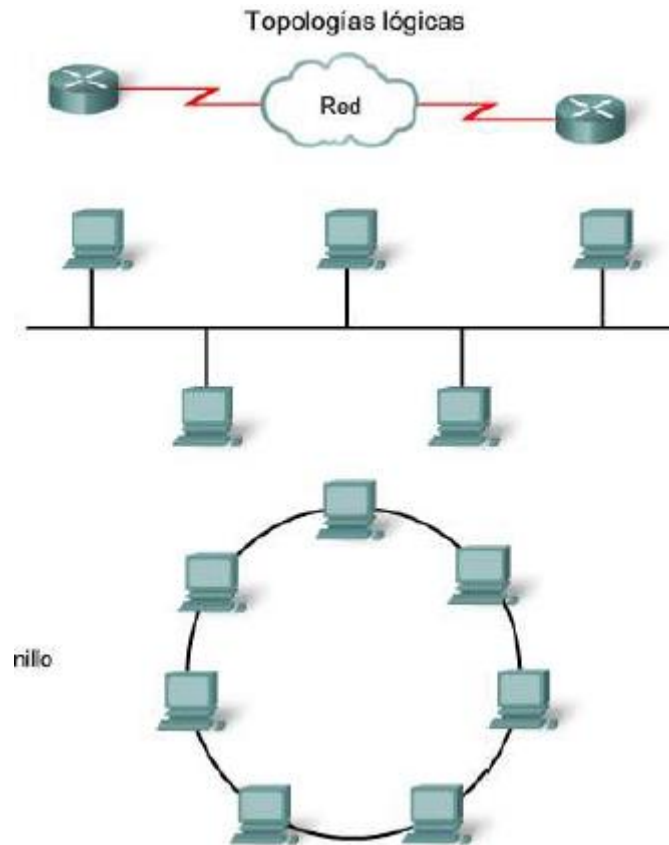
En conexiones virtuales entre los nodos de una red independiente de su distribución física

4. Control de acceso al medio

Topología Lógica y Topología Física de una Red

Las topologías lógica y física generalmente utilizadas en redes son:

- Punto a Punto
- Multi-Acceso
- Anillo

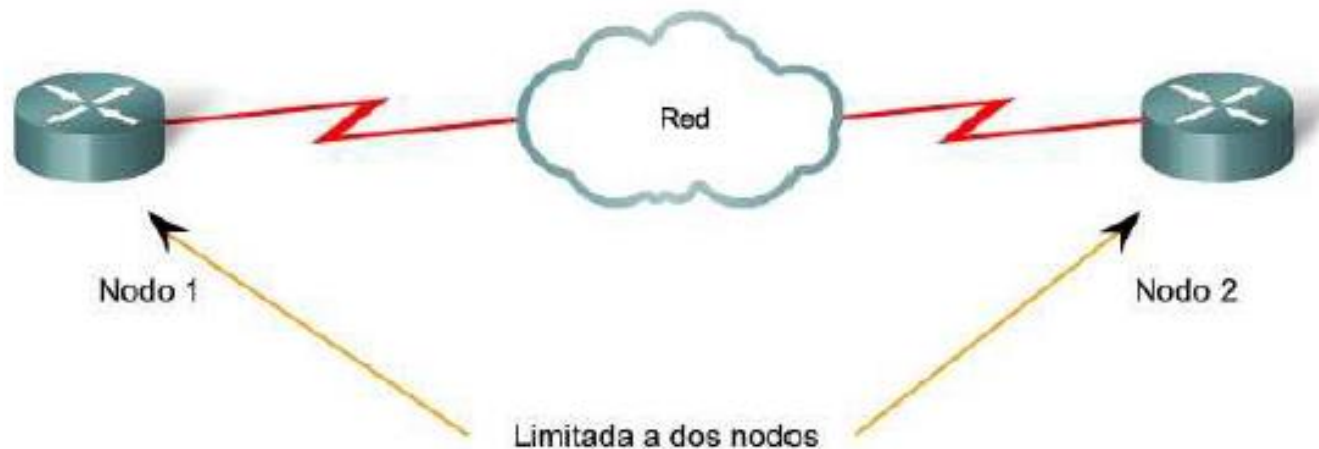


4. Control de acceso al medio

Topología Punto a Punto

En redes de datos con topologías punto a punto, el protocolo de control de acceso al medio puede ser muy simple. Todas las tramas en los medios sólo pueden viajar a los dos nodos o desde éstos.

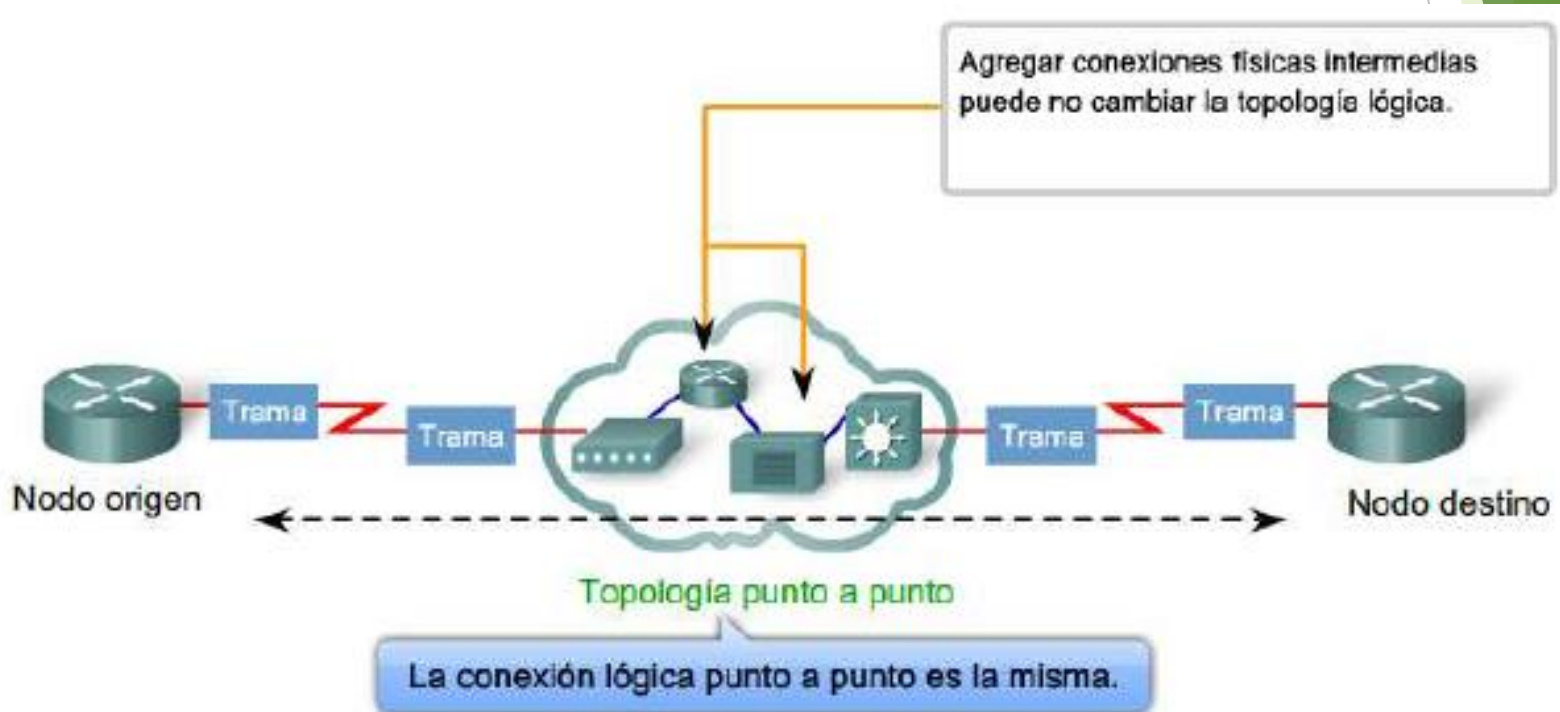
El nodo en un extremo coloca las tramas en los medios y el nodo en el otro extremo las saca de los medios del circuito punto a punto.



4. Control de acceso al medio

Redes Punto a Punto (Lógicas)

Los nodos de los extremos que se comunican en una red punto a punto pueden estar conectados físicamente a través de una cantidad de dispositivos intermedios. Sin embargo, el uso de dispositivos físicos en la red no afecta la topología lógica

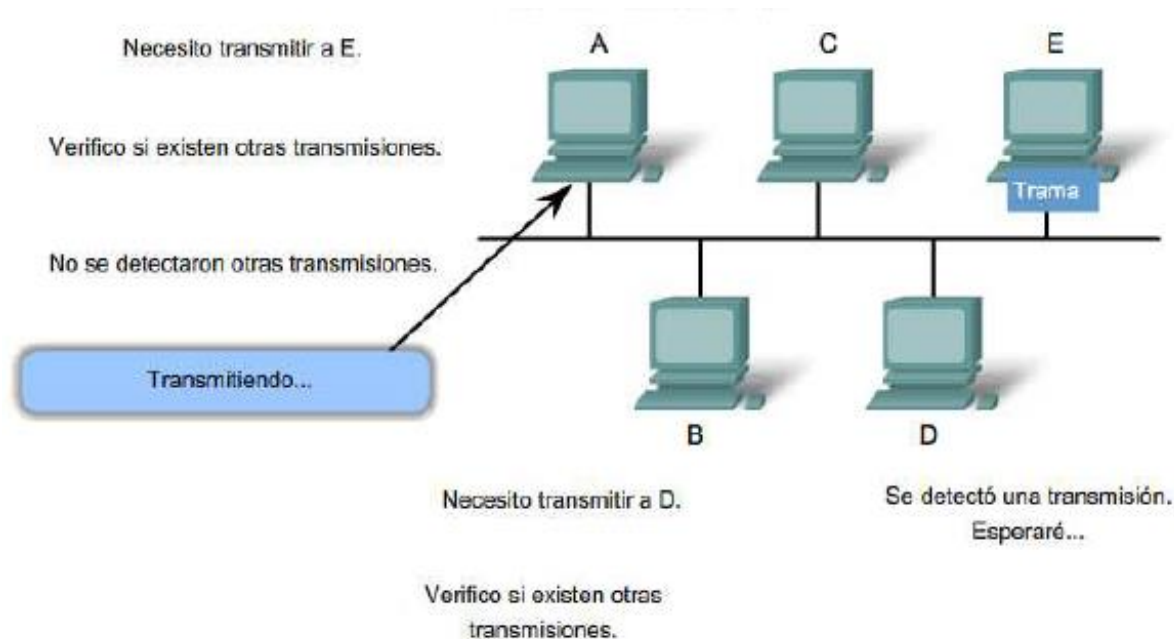


4. Control de acceso al medio

Topología Multi-acceso

Permite a una cantidad de nodos comunicarse utilizando los mismos medios compartidos. Los datos desde un solo nodo pueden colocarse en el medio en cualquier momento.

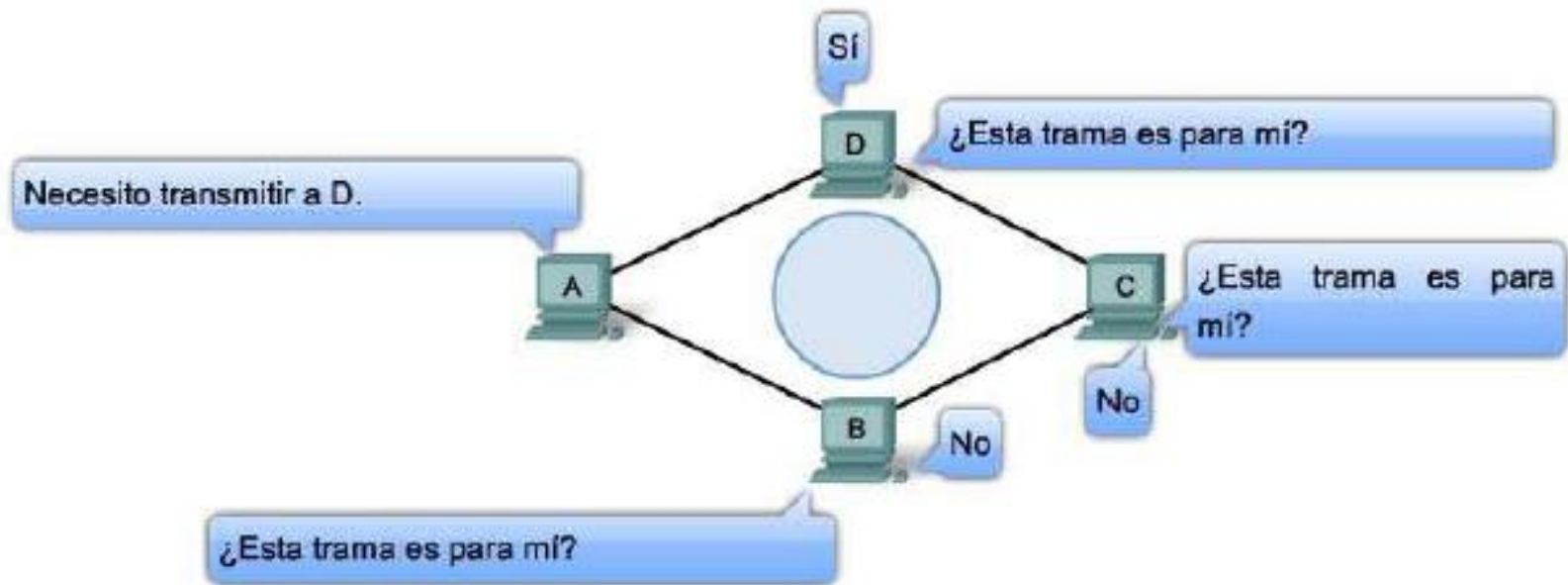
Todos los nodos ven todas las tramas que están en el medio, pero sólo el nodo al cual la trama está direccionada procesa los contenidos de la trama.



4. Control de acceso al medio

Topología de Anillo

Cada nodo recibe una trama por turno. Si la trama no está direccionada al nodo, el nodo pasa la trama al nodo siguiente. Esto permite que un anillo utilice una técnica de control de acceso al medio llamada paso de tokens.



5. Direcccionamiento del control de acceso

Protocolos de la capa de enlace de datos: Trama

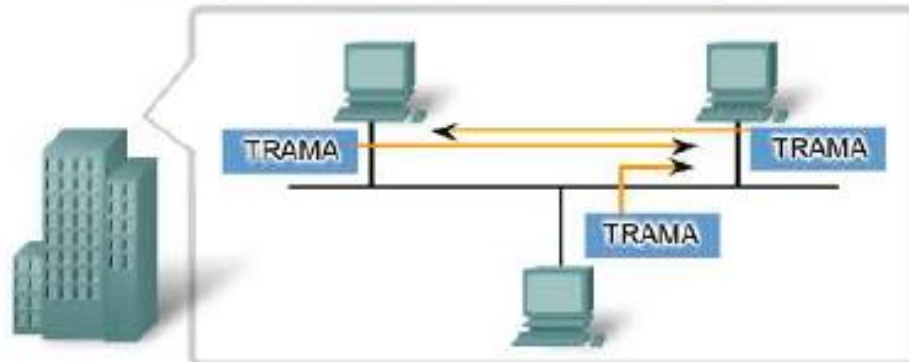
En un ambiente frágil, se necesita mayor control para asegurar la entrega. Los campos del encabezado y del tráiler son más grandes porque se necesita más información de control.

Es necesario un mayor esfuerzo para asegurar la entrega = mayor sobrecarga
= velocidades de transmisión más lentas



En un ambiente protegido, podemos confiar en que la trama llegue a su destino. Se necesitan menores controles, lo que produce campos y tramas más pequeños.

Es necesario un menor esfuerzo para asegurar la entrega = menor sobrecarga
= velocidades de transmisión más rápidas



5. Direccionamiento del control de acceso

Tramado: función del encabezado

La información de control de trama es única para cada tipo de protocolo. Es utilizada por el protocolo de la Capa 2 para proporcionar las características demandadas por el entorno de comunicación.

Los campos típicos del encabezado de trama incluyen:

- Campo inicio de trama: indica el comienzo de la trama
- Campos de dirección de origen y destino: indica los nodos de origen y destino en los medios
- Prioridad/Calidad del Campo de servicio: indica un tipo particular de servicio de comunicación para el procesamiento
- Campo tipo: indica el servicio de la capa superior contenida en la trama
- Campo de control de conexión lógica: utilizada para establecer la conexión lógica entre nodos
- Campo de control de enlace físico: utilizado para establecer el enlace a los medios
- Campo de control de flujo: utilizado para iniciar y detener el tráfico a través de los medios
- Campo de control de congestión: indica la congestión en los medios



5. Direcccionamiento del control de acceso

Hacia donde se dirige la trama

Las direcciones de dispositivo en esta capa se llaman direcciones físicas. El Direcccionamiento de la capa de enlace de datos está contenido en el encabezado de la trama y especifica el nodo de destino de la trama en la red local. El encabezado de la trama también puede contener la dirección de origen de la trama.

Debido a que la trama sólo se utiliza para transportar datos entre nodos a través del medio local, la dirección de la capa de enlace de datos sólo se utiliza para entregas locales. Las direcciones en esta capa no tienen significado más allá de la red local

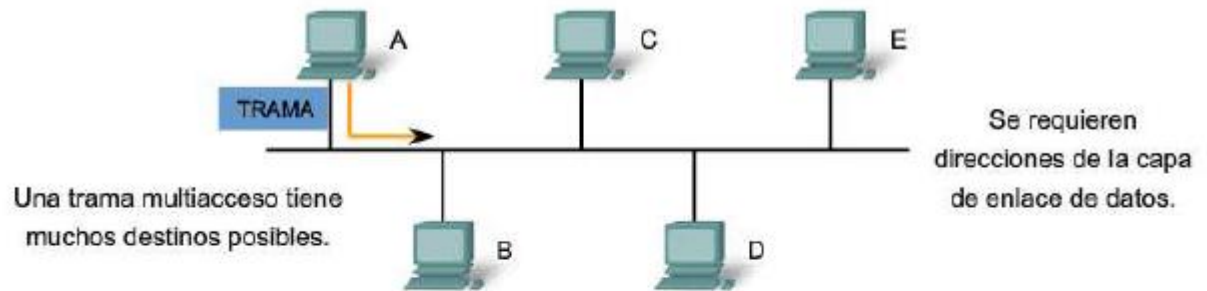
5. Direcccionamiento del control de acceso

Requisitos de direccionamiento

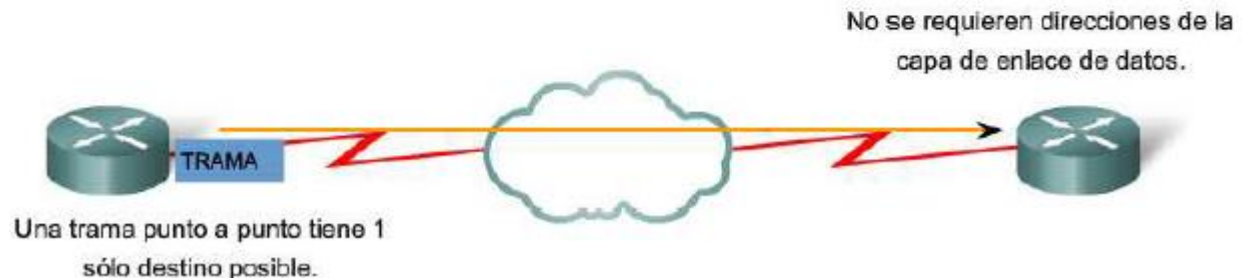
Las topologías punto a punto, con sólo dos nodos interconectados, no requieren direccionamiento

Debido a que las topologías de anillo y multiacceso pueden conectar muchos nodos en un medio común, se requiere direccionamiento para esas topologías.

En esta capa depende de la topología lógica



Topología lógica punto a punto



5. Direcccionamiento del control de acceso

Tramado: función del Trailer

El tráiler se utiliza para determinar si la trama llegó sin errores. Este proceso se denomina detección de errores.

Secuencia de verificación de trama

El campo secuencia de verificación de trama (FCS) se utiliza para determinar si ocurrieron errores de transmisión y recepción de la trama. La detección de errores se agrega a la capa de enlace de datos porque es ahí donde se transfieren los datos a través de los medios. Los medios son un entorno potencialmente inseguro para los datos. Las señales en los medios pueden estar sujetas a interferencia, distorsión o pérdida que podría cambiar sustancialmente los valores de los bits que dichas señales representan. El mecanismo de detección de errores provisto por el uso del campo FCS descubre la mayoría de los errores causados en los medios.

Para asegurarse de que el contenido de la trama recibida en el destino combine con la trama que salió del nodo origen, un nodo de transmisión crea un resumen lógico del contenido de la trama. A esto se lo conoce como valor de comprobación de redundancia cíclica (CRC). Este valor se coloca en el campo secuencia de verificación de la trama (FCS) para representar el contenido de la trama.

5. Direcccionamiento del control de acceso

Protocolos de capa de enlace de datos: Trama

Algunos de los protocolos de la capa de enlace de datos a nivel LAN y WAN:

- Ethernet
- Wi-Fi
- Protocolo Punto a Punto (PPP)
- Control de enlace de datos de alto nivel (HDLC)
- Frame Relay
- Modo de transferencia asincrónico (ATM)
- Conmutación de etiquetas de protocolo múltiple (MPLS)
- Docsis
- xDSL