

## 6.0 Introducción

Desplázate para empezar

### 6.0.1 ¿Por qué debería tomar este módulo?

¡Bienvenido a la capa de enlace de datos!

Cada red tiene componentes físicos y medios que conectan los componentes. Los diferentes tipos de medios necesitan información diferente sobre los datos para aceptarlos y moverlos a través de la red física. Piénsalo de esta manera: una pelota de golf bien golpeada se mueve por el aire rápido y lejos. También puede moverse a través del agua, pero no tan rápido o tan lejos a menos que sea ayudado por un golpe más contundente. Esto se debe a que la pelota de golf está viajando a través de un medio diferente; agua en lugar de aire.

Los datos deben tener ayuda para moverlos a través de diferentes medios. La capa de vínculo de datos proporciona esta ayuda. Como habrás adivinado, esta ayuda difiere en función de una serie de factores. Este módulo le ofrece una visión general de estos factores, cómo afectan a los datos y los protocolos diseñados para garantizar una entrega exitosa. Comencemos ya mismo.

### 6.0.2 ¿Qué aprenderá en este módulo?

**Título del módulo:** Capa de enlace de datos

**Objetivos del módulo:** Explique cómo el control de acceso a medios en la capa de enlace de datos admite la comunicación entre redes.

Título del tema	Objetivo del tema
Propósito de la capa de enlace de datos	Describe el propósito y la función de la capa de enlace de datos al preparar comunicación para su transmisión en medios específicos.
Topologías	Compare las características de los métodos de control de acceso a medios en WAN y LAN. Topologías LAN
Trama de enlace de datos	Describe las características y las funciones de la trama de enlace de datos.

# 6.1 Propósito de la capa de enlace de datos

Desplázate para empezar

## 6.1.1 La capa de enlace de datos

La capa de enlace de datos del modelo OSI (Capa 2), como se muestra en la figura, prepara los datos de red para la red física. La capa de enlace de datos es responsable de las comunicaciones de tarjeta de interfaz de red (NIC) a tarjeta de interfaz de red. La capa de vínculo de datos realiza lo siguiente:

- Permite que las capas superiores accedan a los medios. El protocolo de capa superior no conoce completamente el tipo de medio que se utiliza para reenviar los datos.
- Acepta datos, generalmente paquetes de Capa 3 (es decir, IPv4 o IPv6) y los encapsula en tramas de Capa 2.
- Controla cómo los datos se colocan y reciben en los medios.
- Intercambia tramas entre puntos finales a través de los medios de red.
- Recibe datos encapsulados, generalmente paquetes de Capa 3, y los dirige al protocolo de capa superior adecuado.
- Realiza la detección de errores y rechaza cualquier trama dañada.

La imagen muestra las siete capas del modelo OSI en orden de arriba hacia abajo, Capa 7 Aplicación, Capa 6 Presentación, Capa 5 Sesión, Capa 4 Transporte, Capa 3 Red, Capa 2 Enlace de Datos, Capa 1 Física. La capa de vínculo de datos se resalta y junto a la capa de vínculo de datos aparece el texto que indica La capa de vínculo de datos prepara los datos de red para la red física. Una flecha que representa el flujo de tráfico de un usuario sentado encima de la capa de aplicación se dibuja sobre el modelo OSI hasta un router y termina en una nube de red.

7654321

Aplicación  
Presentación  
Sesión  
Transporte  
Red  
Enlace de datos  
Física  
Red

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

En redes de equipos, un nodo es un dispositivo que puede recibir, crear, almacenar o reenviar datos a lo largo de una ruta de comunicaciones. Un nodo puede ser un dispositivo final como un portátil o un teléfono móvil, o un dispositivo intermediario como un Ethernet switch.

Sin la capa de enlace de datos, un protocolo de capa de red, tal como IP, tendría que tomar medidas para conectarse con todos los tipos de medios que pudieran existir a lo largo de la

ruta de envío. Además, cada vez que se desarrolla una nueva tecnología de red o medio IP, tendría que adaptarse.

La figura muestra un ejemplo de cómo la capa de enlace de datos agrega información de destino Ethernet de Capa 2 y NIC de origen a un paquete de Capa 3. A continuación, convertiría esta información a un formato compatible con la capa física (es decir, Capa 1).

La imagen muestra a un usuario en un equipo de escritorio con una dirección IP 192.168.1.110 que envía tráfico desde su NIC a la NIC de un servidor Web con la dirección IP 192.168.1.5. El usuario muestra un cuadro con la etiqueta L2, que representa el encabezado de la capa 2 y un cuadro con la etiqueta L3 que representa el encabezado de la capa 3. Una flecha del cuadro L2 apunta a un cuadro rectangular más grande con la NIC de destino de texto y la NIC de origen para representar la dirección de Capa 2 de destino y la dirección de Capa 3 de destino. A la derecha del encabezado L2 hay un cuadro rectangular llamado L3 IP Packet que tiene texto que indica la dirección IP de origen 192.168.1.110 y la dirección IP de destino 192.168.1.5.

Encabezado L2  
Paquete IP L3  
NIC de destino  
NIC de origen  
IP de origen  
192.168.1.110  
IP de destino  
192.168.1.5  
PC1  
192.168.1.110  
Servidor web  
192.168.1.5  
NIC  
NIC  
L2  
L3  
L2 = Capa 2  
L3 = Capa 3

## 6.1.2 Subcapas de enlace de datos IEEE 802 LAN/MAN

Los estándares IEEE 802 LAN/MAN son específicos para LAN Ethernet, LAN inalámbricas (WLAN), redes de área personal inalámbrica (WPAN) y otros tipos de redes locales y metropolitanas. La capa de enlace de datos IEEE 802 LAN/MAN consta de las dos subcapas siguientes:

- **Control de enlace lógico (LLC)** - Esta subcapa IEEE 802.2 se comunica entre el software de red en las capas superiores y el hardware del dispositivo en las capas inferiores. Coloca en la trama información que identifica qué protocolo de capa de red se utiliza para la trama. Esta información permite que múltiples protocolos de Capa 3, como IPv4 e IPv6, utilicen la misma interfaz de red y medios.
- **Control de acceso a medios (MAC)** - implementa esta subcapa (IEEE 802.3, 802.11 o 802.15) en hardware. Es responsable de la encapsulación de datos y el

control de acceso a los medios. Proporciona direccionamiento de capa de enlace de datos y está integrado con varias tecnologías de capa física.

La figura muestra las dos subcapas (LLC y MAC) de la capa de enlace de datos.

La imagen es de una tabla con tres filas para la red, el enlace de datos y las capas físicas. La fila superior de la tabla tiene red y Protocolo de capa de red. La segunda fila tiene enlace de datos y se divide furthur en dos filas, una para LLC Sublayer y otra para MAC Sublayer. La subcapa LLC tiene una columna que indica LLC Sublayer - IEEE 802.2. La subcapa MAC tiene tres columnas que indican Ethernet IEEE 802.3, WLAN 802.11 y WPAN IEEE 802.15. Bajo la columna Ethernet 802.3, entre la subcapa MAC y la capa física indica varios estándares Ethernet para Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, etc. Bajo la columna WLAN IEEE 802.11, entre la subcapa MAC y la capa física establece varios estándares WLAN para diferentes tipos de redes inalámbricas comunicaciones. Debajo de la columna WPAN entre la subcapa MAC y la capa física, indica varios estándares WPAN para Bluetooth, RFID, etc.

Protocolo de capa de red
Red
Enlace de datos
Subcapa LLC-IEEE 802.2
Subcapa LLC
Subcapa MAC
Ethernet
IEEE 802.3 adaptador de cable
WLAN
IEEE 802.11
WPAN
IEEE 802.15
Varios estándares Ethernet para Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, etc.
Varios estándares WLAN para diferentes tipos de comunicaciones inalámbricas
Varios estándares WPAN para Bluetooth, RFID, etc.
Física

La subcapa LLC toma los datos del protocolo de red, que generalmente es un paquete IPv4 o IPv6, y agrega información de control de Capa 2 para ayudar a entregar el paquete al nodo de destino.

La subcapa MAC controla la NIC y otro hardware que es responsable de enviar y recibir datos en el medio LAN/MAN con cable o inalámbrico.

La subcapa MAC proporciona encapsulación de datos:

- **Delimitación de tramas** - El proceso de entramado proporciona delimitadores importantes que se utilizan para identificar un grupo de bits que componen una trama. Estos bits delimitadores proporcionan sincronización entre los nodos de transmisión y de recepción.
- **Direccionamiento** - proporciona direccionamiento de origen y destino para transportar la trama de capa 2 entre dispositivos en el mismo medio compartido.
- **Detección de errores** - Cada trama contiene un tráiler utilizado para detectar errores de transmisión.

La subcapa MAC también proporciona control de acceso a medios, lo que permite que varios dispositivos se comuniquen a través de un medio compartido (semidúplex). Las comunicaciones dúplex completo no requieren control de acceso.

## 6.1.3 Provisión de acceso a los medios

Cada entorno de red que los paquetes encuentran cuando viajan desde un host local hasta un host remoto puede tener características diferentes. Por ejemplo, una LAN Ethernet generalmente consta de muchos hosts que compiten por el acceso en el medio de red. La subcapa MAC resuelve esto. Con los enlaces serie, el método de acceso sólo puede consistir en una conexión directa entre solo dos dispositivos, generalmente dos routers. Por lo tanto, no requieren las técnicas empleadas por la subcapa MAC IEEE 802.

Las interfaces del router encapsulan el paquete en la trama apropiada. Se utiliza un método adecuado de control de acceso a los medios para acceder a cada enlace. En cualquier intercambio de paquetes de capas de red, puede haber muchas transiciones de medios y capa de enlace de datos.

En cada salto a lo largo de la ruta, un router realiza las siguientes funciones de Capa 2:

1. Aceptan una trama proveniente de un medio.
2. Desencapsulan la trama.
3. Vuelven a encapsular el paquete en una trama nueva.
4. Reenvían la nueva trama adecuada al medio de ese segmento de la red física.

Pulse Reproducir para ver la animación. El router de la figura tiene una interfaz Ethernet para conectarse a la LAN y una interfaz serial para conectarse a la WAN. A medida que el router procesa tramas, utilizará los servicios de la capa de enlace de datos para recibir la trama desde un medio, desencapsularlo en la PDU de la Capa 3, volver a encapsular la PDU en una trama nueva y colocar la trama en el medio del siguiente enlace de la red.

Esta animación ilustra cómo una trama de capa 2 se encapsula y se desencapsula a medida que viaja en una red. Un usuario envía una trama Ethernet al router de puerta de enlace predeterminado. Cuando el router recibe la trama, desencapsulará la trama Ethernet para leer su contenido. Luego procesa el paquete de Capa 3 y toma una decisión de enrutamiento para elegir una interfaz serie como interfaz de salida a la dirección IP de salto siguiente. A continuación, el router vuelve a encapsular el paquete en una nueva trama de capa 2 y lo envía al siguiente router a través del enlace serie.

Encabezado LAN  
Paquete  
Trailer LAN  
Trailer WAN  
Encabezado WAN  
Conexión serial

La capa de enlace de datos es responsable de controlar la transferencia de tramas en todos los medios.

Conexión Ethernet

play\_circle\_filled

## 6.1.4 Estándares de la capa de enlace de datos

Los protocolos de capa de enlace de datos generalmente no están definidos por la Solicitud de comentarios (RFC), a diferencia de los protocolos de las capas superiores del conjunto TCP / IP. El Grupo de trabajo de ingeniería de Internet (IETF) mantiene los protocolos y servicios funcionales para el conjunto de protocolos TCP / IP en las capas superiores, pero no definen las funciones y el funcionamiento de la capa de acceso a la red TCP / IP.

Las organizaciones de ingeniería que definen estándares abiertos y protocolos que se aplican a la capa de acceso a la red (es decir, las capas físicas y de enlace de datos OSI) incluyen lo siguiente:

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

Los logotipos de estas organizaciones se muestran en la figura.

### Logotipos de la organización de ingeniería





## 6.2 Topologías

Desplázate para empezar

### 6.2.1 Topologías física y lógica

Como aprendió en el tema anterior, la capa de enlace de datos prepara los datos de red para la red física. Debe conocer la topología lógica de una red para poder determinar lo que se necesita para transferir tramas de un dispositivo a otro. En este tema se explican las formas en que la capa de vínculo de datos funciona con diferentes topologías de red lógicas.

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

Existen dos tipos de topologías utilizadas al describir redes LAN y WAN:

- **Topología física** - Identifica las conexiones físicas y cómo se interconectan los dispositivos finales y los dispositivos intermedios (es decir, routers, switches y puntos de acceso inalámbrico). La topología también puede incluir la ubicación específica del dispositivo, como el número de habitación y la ubicación en el rack del equipo. Las topologías físicas generalmente son punto a punto o en estrella.
- **Topología lógica** - Se refiere a la forma en que una red transfiere tramas de un nodo al siguiente. Esta topología identifica las conexiones virtuales mediante interfaces de dispositivo y esquemas de direccionamiento IP de capa 3.

La capa de enlace de datos “ve” la topología lógica de una red al controlar el acceso de datos a los medios. Es la topología lógica la que influye en el tipo de trama de red y control de acceso a los medios que se utilizan.

La figura muestra una topología **física** de ejemplo para una red de ejemplo pequeña.

## Topología física

La topología de red física muestra seis salas, cada una resaltada en una caja de color amarillo claro, con varios dispositivos de red y cableado. En el lado izquierdo está la sala de servidores etiquetada habitación 2158. Contiene un router etiquetado R1 montado en rack 1 estante 1 con seis conexiones de cable. Un cable en la parte superior se conecta a una nube etiquetada como Internet. Un cable a la izquierda se conecta a un switch etiquetado S1 montado en el estante 1 2. S1 está conectado a tres servidores: un servidor web montado en el rack 2 estante 1, un servidor de correo electrónico montado en el rack 2 estante 2 y un servidor de archivos montado en el rack 2 estante 3. Un cable conectado a la parte inferior de R1 se conecta a un switch etiquetado S2 montado en el rack 1 estante 3. S2 tiene dos conexiones que conducen a una impresora y un PC en la oficina de TI etiquetada habitación 2159. R1 tiene tres cables a la derecha conectados a tres switches ubicados en la sala 2124. El switch superior está etiquetado S3 y montado en el rack 1 estante 1. El switch central está etiquetado S4 y montado en el rack 1 estante 2. El switch inferior está etiquetado S5 y montado en el rack 1 estante 3. S3 tiene un cable a la izquierda conectado a un ordenador portátil en una habitación etiquetada clase 1 habitación 2125. S4 tiene un cable a la izquierda conectado a un ordenador portátil en una habitación etiquetada clase 2 habitación 2126. S5 tiene un cable a la izquierda conectado a un ordenador portátil en una habitación etiquetada clase 3 habitación 2127.

R1S1S2S3S4S5

Internet

Servidor de correo electrónico  
Rack 2  
Estante 2  
Servidor Web  
Rack 2  
Estante 1



Servidor de archivos  
Rack 2  
Estante 3  
Rack 1  
Estante 2  
Rack 1  
Estante 1

Rack 1  
Estante 2  
Rack 1  
Estante 1

Rack 1  
Estante 3

Rack 1  
Estante 3

**Sala de servidores: hab 2158**  
**Oficina de TI: hab 2159**  
**Clase 1: hab 2125**  
**Clase 2: hab 2126**  
**Clase 3: hab 2127**  
**Hab 2124**

La siguiente figura muestra una **logical** topología de ejemplo para la misma red.

## Topología lógica

La topología de red lógica muestra los dispositivos, las etiquetas de puerto y el esquema de direccionamiento de red. En el medio de la imagen hay un router etiquetado R1. Un puerto etiquetado G0/0/0 se conecta a una nube en la parte superior de Internet. Un puerto etiquetado G0/2/0 se conecta a la izquierda con un switch etiquetado S1 en el puerto G0/1. S1 está conectado a tres servidores. S1 y los servidores se resaltan en un círculo amarillo claro con la red 192.168.10.0/24 escrita en la parte superior. El puerto F0/1 en S1 se conecta a un servidor web. El puerto F0/2 en S1 se conecta a un servidor de correo electrónico. El puerto F0/3 en S1 se conecta a un servidor de archivos. El puerto G0/0/1 en R1 se conecta en la parte inferior a un switch etiquetado S2. S2 se conecta a una impresora y una PC, todos los cuales se resaltan en un círculo amarillo claro con la red 192.168.11.0/24 escrita en la parte inferior. A la derecha de R1 hay tres conexiones adicionales, cada una de las cuales se conecta a un switch en el puerto G0/1 que luego se conecta a un portátil en el puerto F0/1. Cada switch y portátil se resaltan en amarillo y se muestra la dirección de red. El puerto G0/0/1 de R1 se conecta en la parte superior a un switch etiquetado S3 en la red 192.168.100.0. El puerto G0/1/0 de R1 se conecta en el medio a un switch etiquetado S4 en la red 192.169.101.0. El puerto G0/1/1 en R1 se conecta en la parte inferior a un switch etiquetado S5 en la red 192.168.102.0. R1 se conecta a Internet en la interfaz G0/0/0.

R1F0/1F0/2F0/3G0/0/0G0/1G0/0/1G0/1G0/1/0G0/1/1G0/1S1S2S3S4S5G0/2/0G0/2/1G0/1G0/1

Internet

Servidor de correo electrónico  
Servidor web  
Servidor de archivos

**Red**  
**192.168.10.0/24**  
**Red**  
**192.168.11.0/24**  
**Red 192.168.100.0/24**  
**Red 192.168.101.0/24**

## 6.2.2 Topologías de WAN

Las figuras ilustran cómo las WAN se interconectan comúnmente mediante tres topologías físicas comunes de WAN.

Haga clic en cada botón para obtener más información.

Punto a punto

Hub and Spoke (en estrella)

Malla

Esta es la topología WAN más simple y común. Es un enlace permanente entre dos terminales.

Un híbrido es una variación o combinación de cualquier topología. Por ejemplo, una malla parcial es una topología híbrida en la que algunos, pero no todos, los dispositivos finales están interconectados.

## 6.2.3 Topología WAN de punto a punto

Las topologías físicas punto a punto conectan dos nodos directamente, como se muestra en la figura. En esta disposición, los dos nodos no tienen que compartir los medios con otros hosts. Además, cuando se utiliza un protocolo de comunicaciones en serie, como el Protocolo punto a punto (PPP), un nodo no tiene que hacer ninguna determinación sobre si una trama entrante está destinada para él u otro nodo. Por lo tanto, los protocolos de enlace de datos lógicos pueden ser muy simples, dado que todas las tramas en los medios solo pueden transferirse entre los dos nodos. El nodo coloca las tramas en los medios en un extremo y esas tramas son tomadas de los medios por el nodo en el otro extremo del circuito punto a punto.

La imagen muestra un ejemplo de red punto a punto que consta de dos routers, etiquetados como Nodo 1 y Nodo 2, cada uno conectado a una nube de red a través de vínculos WAN.

Nodo 1  
Nodo 2  
Red

*Las topologías punto a punto están limitadas a dos nodos.*

**Nota:** Una conexión punto a punto a través de Ethernet requiere que el dispositivo determine si la trama entrante está destinada a este nodo.

Un nodo de origen y destino puede estar conectado indirectamente entre sí a través de cierta distancia geográfica utilizando múltiples dispositivos intermedios. Sin embargo, el uso de dispositivos físicos en la red no afecta la topología lógica, como se ilustra en la figura. En la figura, agregar conexiones físicas intermedias puede no cambiar la topología lógica. La conexión lógica punto a punto es la misma.

La imagen muestra un ejemplo de red punto a punto que consta de dos routers, denominados Nodo de origen y Nodo de destino, cada uno conectado a una nube de red a través de vínculos WAN. Los dos routers se muestran enviando tramas a la nube de red.



## 6.2.4 Topologías de LAN

En las LAN multiacceso, los dispositivos finales (es decir, nodos) están interconectados utilizando topologías estrella o estrella extendida, como se muestra en la figura. En este tipo de topología, los dispositivos finales están conectados a un dispositivo intermediario central, en este caso, un switch Ethernet. A **extended star** extiende esta topología interconectando varios switches Ethernet. La topología en estrella es fácil de instalar, muy escalable (es fácil agregar y quitar dispositivos finales) y de fácil para la resolución de problemas. Las primeras topologías en estrella interconectaban terminales mediante Ethernet hubs.

A veces, es posible que solo haya dos dispositivos conectados en la LAN Ethernet. Un ejemplo son dos routers interconectados. Este sería un ejemplo de Ethernet utilizado en una topología punto a punto.

### Topologías LAN heredadas

Las tecnologías antiguas Ethernet y Token Ring LAN heredadas incluían otros dos tipos de topologías:

- **Bus** - Todos los sistemas finales se encadenan entre sí y terminan de algún modo en cada extremo. No se requieren dispositivos de infraestructura, como switches, para interconectar los dispositivos finales. Las redes Ethernet heredadas a menudo eran topologías de bus que usaban cables coaxiales porque era económico y fácil de configurar.
- **Anillo** - Los sistemas finales se conectan a su respectivo vecino y forman un anillo. El anillo no necesita ser terminado, a diferencia de la topología del bus. La interfaz de datos distribuidos de fibra heredada (FDDI) y las redes Token Ring usaban topologías de anillo.

Las figuras ilustran cómo los dispositivos finales están interconectados en las LAN. Es común que una línea recta en un gráfico de redes represente una red LAN Ethernet que incluye una estrella simple y una estrella extendida.

## Topologías físicas

comparación de cuatro topologías físicas: estrella, estrella extendida, bus y anillo

Topología en estrella  
Topología de estrella extendida  
Topología de bus  
Topología de anillo

## 6.2.5 Comunicación Dúplex completo y semidúplex

Comprender la comunicación dúplex es importante cuando se habla de las topologías LAN, ya que se refiere a la dirección de la transmisión de datos entre dos dispositivos. Hay dos modos comunes de dúplex.

### Comunicación semidúplex

Los dos dispositivos pueden transmitir y recibir en los medios pero no pueden hacerlo simultáneamente. Las WLAN y las topologías de bus heredadas con switches Ethernet utilizan el modo semidúplex. Semidúplex permite que solo un dispositivo envíe o reciba a la vez en el medio compartido. Haga clic en Reproducir en la figura para ver la animación que muestra la comunicación semidúplex.

comunicación semidúplex entre un servidor y un hub

Servidor  
Hub

play\_circle\_filled

### Comunicación dúplex completa

Ambos dispositivos pueden transmitir y recibir simultáneamente en los medios compartidos. La capa de enlace de datos supone que los medios están disponibles para transmitir para ambos nodos en cualquier momento. Los switches Ethernet operan en el modo de dúplex completo de forma predeterminada, pero pueden funcionar en semidúplex si se conectan a un dispositivo como un dispositivo externo. Haga clic en Reproducir en la figura para ver la animación que muestra la comunicación dúplex completo.

comunicación dúplex completa entre un servidor y un hub

Servidor  
Switch

play\_circle\_filled

En resumen, las comunicaciones semidúplex restringen el intercambio de datos a una dirección a la vez. El dúplex completo permite el envío y la recepción de datos simultáneamente.

Es importante que dos interfaces interconectadas, como la NIC de un host y una interfaz en un switch Ethernet, operen con el mismo modo dúplex. De lo contrario, habrá incompatibilidad de dúplex y se generará ineficiencia y latencia en el enlace.

## 6.2.6 Métodos de control de acceso

Las LAN Ethernet y WLAN son un ejemplo de una red de accesos múltiples. Una red multiacceso es una red que puede tener dos o más dispositivos finales que intentan acceder a la red simultáneamente.

Algunas redes de acceso múltiple requieren reglas que rijan la forma de compartir los medios físicos. Hay dos métodos básicos de control de acceso al medio para medios compartidos:

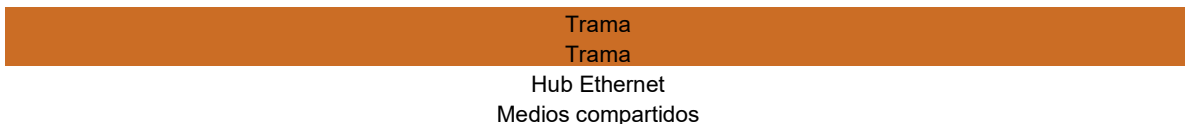
- Acceso por contienda
- Acceso controlado

### Acceso basado en la contención

En las redes multiacceso basadas en contención, todos los nodos operan en semidúplex, compitiendo por el uso del medio. Sin embargo, solo un dispositivo puede enviar a la vez. Por lo tanto, hay un proceso si más de un dispositivo transmite al mismo tiempo. Algunos ejemplos de métodos de acceso basados en contención son los siguientes:

- Acceso múltiple con detección de colisiones (CSMA/CD) utilizado en LAN Ethernet de topología de bus heredada
- El operador detecta el acceso múltiple con prevención de colisiones (CSMA / CA) utilizado en LAN inalámbricas

La imagen muestra tres PC conectados a un hub Ethernet. Dos de los PCs están enviando tramas simultáneamente.



### Acceso controlado

En una red de acceso múltiple basada en control, cada nodo tiene su propio tiempo para usar el medio. Estos tipos deterministas de redes no son eficientes porque un dispositivo debe aguardar su turno para acceder al medio. Algunos ejemplos de redes multiacceso que utilizan acceso controlado son los siguientes:

- Anillo de TokenLegacy
- ARCNET heredado

La imagen muestra cuatro PCs conectados a una red de Token Ring.

#### Red de Token Ring

*Cada nodo debe esperar su turno para acceder al medio de red.*

**Nota:** Hoy en día, las redes Ethernet funcionan en dúplex completo y no requieren un método de acceso.

## 6.2.7 Acceso por contención - CSMA/CD

Entre los ejemplos de redes de acceso basadas en controversias se incluyen los siguientes:

- LAN inalámbrica (utiliza CSMA/CA)
- LAN Ethernet de topología de bus heredada (utiliza CSMA/CD)
- LAN Ethernet heredada con un hub (utiliza CSMA/CD)

Estas redes funcionan en modo semidúplex, lo que significa que solo un dispositivo puede enviar o recibir a la vez. Esto requiere un proceso para gestionar cuándo puede enviar un dispositivo y qué sucede cuando múltiples dispositivos envían al mismo tiempo.

Si dos dispositivos transmiten al mismo tiempo, se produce una colisión. Para las LAN Ethernet heredadas, ambos dispositivos detectarán la colisión en la red. Esta es la parte de detección de colisiones (CD) de CSMA/CD. La NIC compara los datos transmitidos con los datos recibidos, o al reconocer que la amplitud de la señal es más alta de lo normal en los medios. Los datos enviados por ambos dispositivos se dañarán y deberán enviarse nuevamente.

Haga clic en cada botón para obtener una imagen y una descripción del proceso CSMA/CD en LAN Ethernet heredadas que utilizan un hub.

PC1 envía una trama

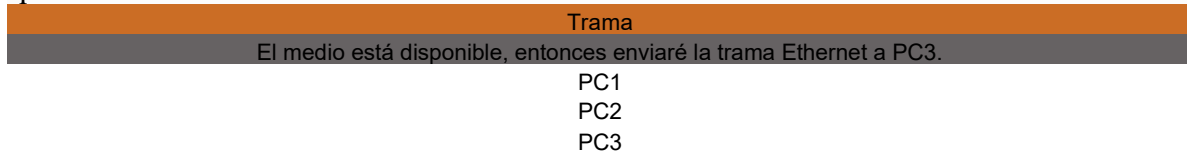
El hub recibe la trama

El Hub envía la trama

La PC1 tiene una trama que se debe enviar a la PC3. La NIC de PC1 necesita determinar si algún dispositivo está transmitiendo en el medio. Si no detecta un proveedor de señal, en otras palabras, si no recibe transmisiones de otro dispositivo, asumirá que la red está disponible para enviar.

La NIC PC1 envía la trama Ethernet cuando el medio está disponible, como se muestra en la figura.

La imagen muestra tres PC (PC1, PC2 y PC3) conectados a un Ethernet hub. PC1 está enviando una trama. Un cuadro de texto sobre la PC1 dice: El medio está disponible, así que enviaré la trama de Ethernet a la PC3.



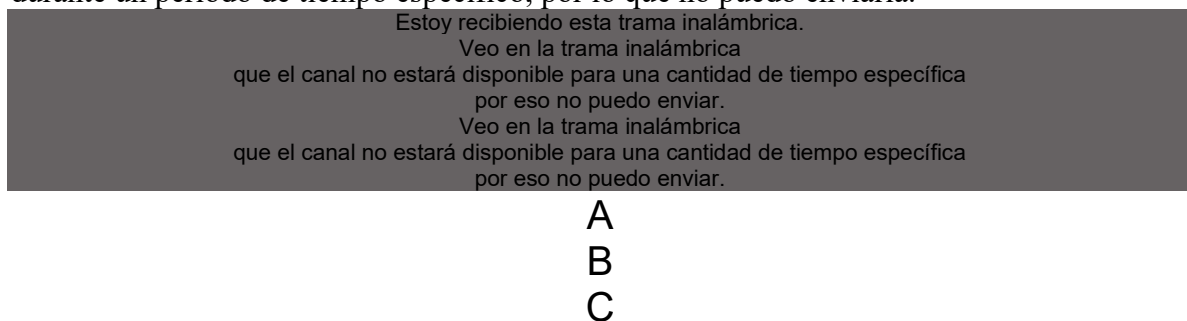
## 6.2.8 Acceso por contención - CSMA/CA

Otra forma de CSMA utilizada por las WLAN IEEE 802.11 es el acceso múltiple / detección de colisión de detección de portadora (CSMA / CA).

CSMA/CA utiliza un método similar a CSMA/CD para detectar si el medio está libre. CSMA/CA usa técnicas adicionales. En entornos inalámbricos, es posible que un dispositivo no detecte una colisión. CSMA/CA no detecta colisiones pero intenta evitarlas ya que aguarda antes de transmitir. Cada dispositivo que transmite incluye la duración que necesita para la transmisión. Todos los demás dispositivos inalámbricos reciben esta información y saben durante cuánto tiempo el medio no estará disponible.

En la figura, si el host A recibe una trama inalámbrica desde el punto de acceso, los hosts B y C también verán la trama y cuánto tiempo el medio no estará disponible.

La imagen muestra una red inalámbrica que consta de un punto de acceso y tres computadoras portátiles, un portátil A, B y C. El portátil A tiene un cuadro de texto que dice: estoy recibiendo esta trama inalámbrica. La computadora portátil B tiene un cuadro de texto que dice: veo en la trama inalámbrica que el canal no está disponible durante un período de tiempo específico, por lo que no puedo enviarla. La computadora portátil C tiene un cuadro de texto que dice: veo en la trama inalámbrica que el canal no está disponible durante un período de tiempo específico, por lo que no puedo enviarla.



Luego de que un dispositivos inalámbricos envía una trama 802.11, el receptor devuelve un acuso de recibo para que el emisor sepa que se recibió la trama.

Ya sea que es una red LAN Ethernet con concentradores o una red WLAN, los sistemas por contención no escalan bien bajo un uso intensivo de los medios.

**Nota:** Las redes LAN Ethernet con switches no utilizan sistemas por contención porque el switch y la NIC de host operan en el modo de dúplex completo.

## 6.3 Trama de enlace de datos

Desplázate para empezar

### 6.3.1 La trama

En este tema se describe en detalle lo que sucede con la trama de vínculo de datos a medida que se mueve a través de una red. La información anexada a una trama está determinada por el protocolo que se está utilizando.

La capa de enlace de datos prepara los datos encapsulados (generalmente un paquete IPv4 o IPv6) para el transporte a través de los medios locales encapsulándolos con un encabezado y un trailer para crear una trama.

El protocolo de enlace de datos es responsable de las comunicaciones de NIC a NIC dentro de la misma red. Si bien existen muchos protocolos de capa de enlace de datos diferentes que describen las tramas de la capa de enlace de datos, cada tipo de trama tiene tres partes básicas:

- Encabezado
- Datos
- Tráiler

A diferencia de otros protocolos de encapsulación, la capa de enlace de datos agrega información en forma de trailer al final de la trama.

Todos los protocolos de capa de enlace de datos encapsulan los datos dentro del campo de datos de la trama. Sin embargo, la estructura de la trama y los campos contenidos en el encabezado y tráiler varían de acuerdo con el protocolo.

No hay una estructura de trama que cumpla con las necesidades de todos los transportes de datos a través de todos los tipos de medios. Según el entorno, la cantidad de información de control que se necesita en la trama varía para cumplir con los requisitos de control de acceso al medio de la topología lógica y de los medios. Por ejemplo, una trama WLAN debe incluir procedimientos para evitar colisiones y, por lo tanto, requiere información de control adicional en comparación con una trama Ethernet.

Como se muestra en la figura, en un entorno frágil, se necesitan más controles para garantizar la entrega. Los campos del encabezado y del tráiler son más grandes porque se necesita más información de control.



Dos routers que se comunican a través de una WAN inalámbrica a través de una conexión satelital

Trama  
Trama

*Se necesitan mayores esfuerzos para garantizar la entrega. Esto significa una sobrecarga más alta y velocidades de transmisión más lentas.*

## 6.3.2 Campos de trama

El tramado rompe la transmisión en agrupaciones descifrables, con la información de control insertada en el encabezado y tráiler como valores en campos diferentes. Este formato proporciona a las señales físicas una estructura reconocida por los nodos y decodificada en paquetes en el destino.

Los campos de trama genéricos se muestran en la figura. No todos los protocolos incluyen todos estos campos. Los estándares para un protocolo específico de enlace de datos definen el formato real de la trama.

La imagen muestra un paquete de datos encapsulado por un encabezado de enlace de datos y un tráiler de enlace de datos. El encabezado del vínculo de datos se desglosa en para campos: Inicio de tramas, direccionamiento, tipo y control. El tráiler del enlace de datos se desglosa en dos campos: Detección de errores y parada de trama.

Paquete  
(Datos)  
Encabezado  
Tráiler  
Datos  
Inicio de trama  
Direccionamiento  
Tipo  
Control  
Detección de errores  
Detención de trama

*Los campos de trama incluyen los siguientes:*

- **Indicadores de arranque y detención de trama** - Se utilizan para identificar los límites de comienzo y finalización de la trama.
- **Direccionamiento** - Indica los nodos de origen y destino en los medios.
- **Tipo** - Identifica el protocolo de capa 3 en el campo de datos.
- **Control** - Identifica los servicios especiales de control de flujo, como calidad de servicio (QoS). QoS otorga prioridad de reenvío a ciertos tipos de mensajes. Por ejemplo, las tramas de voz sobre IP (VoIP) normalmente reciben prioridad porque son sensibles al retraso.
- **Datos** - Incluye el contenido de la trama (es decir, el encabezado del paquete, el encabezado del segmento y los datos).

- **Detección de Errores** - se incluye después de los datos para formar el trailer.

Los protocolos de capa de enlace de datos agregan un tráiler al final de cada trama. En un proceso llamado detección de errores, el avance determina si la trama llegó sin error. Coloca un resumen lógico o matemático de los bits que componen la trama en el avance. La capa de enlace de datos agrega detección de errores porque las señales en los medios podrían estar sujetas a interferencia, distorsión o pérdida que cambiaría sustancialmente los valores de bits que representan esas señales.

Un nodo de transmisión crea un resumen lógico del contenido de la trama, conocido como el 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. En el tráiler Ethernet, el FCS proporciona un método para que el nodo receptor determine si la trama experimentó errores de transmisión.

## 6.3.3 Direcciones de Capa 2

La capa de enlace de datos proporciona el direccionamiento utilizado en el transporte de una trama a través de un medio local compartido. Las direcciones de dispositivo en esta capa se llaman direcciones físicas. El direccionamiento 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. Normalmente se encuentra al principio de la trama, por lo que la NIC puede determinar rápidamente si coincide con su propia dirección de Capa 2 antes de aceptar el resto de la trama. El encabezado de la trama también puede contener la dirección de origen de la trama.

A diferencia de las direcciones lógicas de la Capa 3, que son jerárquicas, las direcciones físicas no indican en qué red está ubicado el dispositivo. En cambio, la dirección física es única para un dispositivo en particular. Un dispositivo seguirá funcionando con la misma dirección física de capa 2, incluso si el dispositivo se mueve a otra red o subred. Por lo tanto, las direcciones de capa 2 sólo se utilizan para conectar dispositivos dentro del mismo medio compartido, en la misma red IP.

Las figuras ilustran la función de las direcciones de Capa 2 y Capa 3. A medida que el paquete IP se mueve de host a router, de router a router y, finalmente, de router a host, es encapsulado en una nueva trama de enlace de datos, en cada punto del recorrido. Cada trama de enlace de datos contiene la dirección de origen de enlace de datos de la tarjeta NIC que envía la trama y la dirección de destino de enlace de datos de la tarjeta NIC que recibe la trama.

Haga clic en cada botón para obtener más información.

Host a router

Router a router

Router a host

El host de origen encapsula el paquete IP de capa 3 en una trama de capa 2. En el encabezado de trama, el host agrega su dirección de Capa 2 como origen y la dirección de Capa 2 para R1 como destino.

La imagen muestra una red que consiste en un PC de origen, un router R1, un router R2 y un servidor web de destino final. Se muestra un cuadro de texto que representa la NIC de cada interfaz de dispositivo. PC1 tiene la dirección IP 192.168.1.100. El servidor tiene la dirección IP 172.16.1.99. PC1 está enviando una trama L2 con una dirección NIC de destino de R1 y una dirección NIC de origen de su propia NIC. La trama está encapsulando un paquete IP L3 con una dirección IP de origen 192.168.1.110 y una dirección IP de destino 172.16.1.99.

R1R2

Servidor web 172.16.1.99  
L2 = Capa 2  
L3 = Capa 3

Origen primario  
Destino final  
PC1 192.168.1.110

NIC  
NIC  
NIC  
NIC  
NIC  
NIC  
L2  
L3  
L2  
L3  
L2  
L3

IP de origen 192.168.1.110  
IP de destino 172.16.1.99  
Encabezado L2  
Paquete IP L3  
NIC de destino  
NIC de origen  
IP de origen 192.168.1.110  
IP de destino 172.16.1.99



La dirección de la capa de enlace de datos solo se usa para la entrega local. Las direcciones en esta capa no tienen significado más allá de la red local. Compare esto con la Capa 3, en donde las direcciones en el encabezado del paquete pasan del host de origen al host de destino, sin tener en cuenta la cantidad de saltos de redes a lo largo de la ruta.

Si los datos deben pasar a otro segmento de red, se necesita un dispositivo intermediario, como un router. El router debe aceptar la trama según la dirección física y desencapsularla para examinar la dirección jerárquica, o dirección IP. Usando la dirección IP, el router puede determinar la ubicación de red del dispositivo de destino y la mejor ruta para llegar a

él. Una vez que sabe adónde reenviar el paquete, el router crea una nueva trama para el paquete, y la nueva trama se envía al segmento de red siguiente hacia el destino final.

## 6.3.4 Tramas LAN y WAN

Los protocolos Ethernet son utilizados por LAN cableadas. Las comunicaciones inalámbricas caen bajo los protocolos WLAN (IEEE 802.11). Estos protocolos fueron diseñados para redes multiacceso.

Tradicionalmente, los WAN utilizaban otros tipos de protocolos para varios tipos de topologías punto a punto, hub-spoke y de malla completa. Algunos de los protocolos WAN comunes a lo largo de los años han incluido:

- Protocolo punto a punto (PPP)
- Control de enlace de datos de alto nivel (HDLC, High-Level Data Link Control)
- Frame Relay
- Modo de transferencia asíncrona (ATM)
- X.25

Estos protocolos de capa 2 ahora están siendo reemplazados en la WAN por Ethernet.

En una red TCP/IP, todos los protocolos de capa 2 del modelo OSI funcionan con la dirección IP en la capa 3. Sin embargo, el protocolo de capa 2 específico que se utilice depende de la topología lógica y de los medios físicos.

Cada protocolo realiza el control de acceso a los medios para las topologías lógicas de Capa 2 que se especifican. Esto significa que una cantidad de diferentes dispositivos de red puede actuar como nodos que operan en la capa de enlace de datos al implementar estos protocolos. Estos dispositivos incluyen las tarjetas de interfaz de red en PC, así como las interfaces en routers y en switches de la Capa 2.

El protocolo de la Capa 2 que se utiliza para una topología de red particular está determinado por la tecnología utilizada para implementar esa topología. La tecnología está, a su vez, determinada por el tamaño de la red, en términos de cantidad de hosts y alcance geográfico y los servicios que se proveerán a través de la red.

Una LAN generalmente usa una tecnología de alto ancho de banda capaz de soportar grandes cantidades de hosts. El área geográfica relativamente pequeña de una LAN (un solo edificio o un campus de varios edificios) y su alta densidad de usuarios hacen que esta tecnología sea rentable.

Sin embargo, utilizar una tecnología de ancho de banda alto no es generalmente rentable para redes de área extensa que cubren grandes áreas geográficas (varias ciudades, por ejemplo). El costo de los enlaces físicos de larga distancia y la tecnología utilizada para

transportar las señales a través de esas distancias, generalmente, ocasiona una menor capacidad de ancho de banda.

La diferencia de ancho de banda normalmente produce el uso de diferentes protocolos para las LAN y las WAN.

Los protocolos de la capa de enlace de datos incluyen:

- Ethernet
- 802.11 inalámbrico
- Protocolo punto a punto (PPP)
- Control de enlace de datos de alto nivel (HDLC, High-Level Data Link Control)
- Frame Relay

Haga clic en el botón Reproducir para ver ejemplos de protocolos de capa 2.

## 6.4 Módulo de Práctica y Prueba

Desplázate para empezar

### 6.4.1 ¿Qué aprenderé en este módulo?

#### Propósito de la capa de enlace de datos

La capa de enlace de datos del modelo OSI (Capa 2) prepara los datos de la red para la red física. La capa de enlace de datos es responsable de las comunicaciones de tarjeta de interfaz de red (NIC) a tarjeta de interfaz de red. Sin la capa de enlace de datos, un protocolo de capa de red, tal como IP, tendría que tomar medidas para conectarse con todos los tipos de medios que pudieran existir a lo largo de la ruta de envío. La capa de enlace de datos IEEE 802 LAN/MAN consta de las dos subcapas siguientes: LLC y MAC. La subcapa MAC proporciona encapsulación de datos a través de la delimitación de tramas, direccionamiento y detección de errores. Las interfaces del router encapsulan el paquete en la trama apropiada. Se utiliza un método adecuado de control de acceso a los medios para acceder a cada enlace. Las organizaciones de ingeniería que definen estándares abiertos y protocolos que se aplican a la capa de acceso a la red incluyen: IEEE, ITU, ISO y ANSI.

#### Topologías

Los dos tipos de topologías utilizadas en redes LAN y WAN son físicas y lógicas. La capa de enlace de datos “ve” la topología lógica de una red al controlar el acceso de datos a los medios. La topología lógica influye en el tipo de trama de red y el control de acceso a medios utilizado. Tres tipos comunes de topologías WAN físicas son: punto a punto, hub-

spoke, y malla. Las topologías físicas punto a punto conectan directamente dos dispositivos finales (nodos). Agregar conexiones físicas intermedias puede no cambiar la topología lógica. En las LAN de acceso múltiple, los nodos están interconectados mediante topologías estrella o estrella extendida. En este tipo de topología, los nodos están conectados a un dispositivo intermediario central. Las topologías de LAN físicas incluyen: estrella, estrella extendida, bus y anillo. Las comunicaciones semidúplex intercambian datos en una dirección a la vez. Full-duplex envía y recibe datos simultáneamente. Dos interfaces interconectadas deben utilizar el mismo modo dúplex o habrá una falta de coincidencia dúplex que creará ineficiencia y latencia en el enlace. Las LAN Ethernet y WLAN son un ejemplo de una red de accesos múltiples. Una red de acceso múltiple es una red que puede tener varios nodos que acceden a la red simultáneamente. Algunas redes de acceso múltiple requieren reglas que rijan la forma de compartir los medios físicos. Existen dos métodos básicos de control de acceso para medios compartidos: el acceso basado en contención y el acceso controlado. En redes multiacceso basadas en contención, todos los nodos funcionan en semidúplex. Hay un proceso si más de un dispositivo transmite al mismo tiempo. Ejemplos de métodos de acceso basados en contención incluyen: CSMA/CD para LAN Ethernet de topología de bus y CSMA/CA para WLAN.

### **Marco de enlace de datos**

La capa de enlace de datos prepara los datos encapsulados (generalmente un paquete IPv4 o IPv6) para el transporte a través de los medios locales encapsulándolos con un encabezado y un trailer para crear una trama. El protocolo de enlace de datos es responsable de las comunicaciones de NIC a NIC dentro de la misma red. Existen muchos protocolos diferentes de capa de enlace de datos que describen marcos de capa de enlace de datos, cada tipo de marco tiene tres partes básicas: encabezado, datos y trailer. A diferencia de otros protocolos de encapsulación, la capa de enlace de datos anexa información en el tráiler. No hay una estructura de trama que cumpla con las necesidades de todos los transportes de datos a través de todos los tipos de medios. Según el entorno, la cantidad de información de control que se necesita en la trama varía para cumplir con los requisitos de control de acceso al medio de la topología lógica y de los medios. Los campos de trama incluyen: indicadores de inicio y parada de trama, direccionamiento, tipo, control, datos y detección de errores. La capa de enlace de datos proporciona direccionamiento utilizado para transportar un marco a través de medios locales compartidos. Las direcciones de dispositivo en esta capa son direcciones físicas. El direccionamiento 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. La dirección de la capa de enlace de datos solo se usa para la entrega local. En una red TCP/IP, todos los protocolos de capa 2 del modelo OSI funcionan con la dirección IP en la capa 3. Sin embargo, el protocolo de capa 2 específico que se utilice depende de la topología lógica y de los medios físicos. Cada protocolo realiza el control de acceso a los medios para las topologías lógicas de Capa 2 que se especifican. El protocolo de la Capa 2 que se utiliza para una topología de red particular está determinado por la tecnología utilizada para implementar esa topología. Los protocolos de capa de enlace de datos incluyen: Ethernet, 802.11 Wireless, PPP, HDLC y Frame Relay.