

# 2

## CAPÍTULO

# El modelo OSI y los protocolos de red

- OSI, la pila teórica de protocolos de red.
- Las capas OSI.
- Las subcapas del enlace de datos.
- Protocolos de red del mundo real.

## OSI, la pila teórica de protocolos de red

Los modelos conceptuales no versan sobre ninguna cuestión en particular, se trate de la disciplina que se trate. El arte incluye las teorías del color y el diseño; la física abarca prácticamente todos los modelos teóricos que Einstein garabateó en una servilleta. Las redes informáticas no son distintas, y se sirven de un modelo conceptual o marco de trabajo que da cabida a una compleja cadena de eventos: el movimiento de datos en una red. A finales de la década de los setenta, la Organización Internacional para la Normalización (ISO) empezó a desarrollar un modelo conceptual para la conexión en red al que bautizó con el nombre de *Open Systems Interconnection Reference Model* o Modelo de Referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos. En los entornos de trabajo con redes se le conoce más comúnmente como el modelo OSI (y, con toda probabilidad, sin ni siquiera saber el significado exacto de esta sigla). En 1984, este modelo pasó a ser el estándar internacional para las comunicaciones en red al ofrecer un marco de trabajo conceptual que permitía explicar el modo en que los datos se desplazaban dentro de una red.

### ISO ABARCA MUCHOS CAMPOS

La Organización Internacional para la Normalización (ISO) se encarga de desarrollar conjuntos de normas y modelos para cuestiones que van desde los estándares técnicos para las conexiones en red hasta la forma en que las compañías deben hacer negocios en el mercado internacional. Seguramente habrá visto alguna vez productos con etiquetas anunciando que cuentan con el certificado ISO 9002. Esto significa que cumplen con el conjunto de normas y protocolos que ha desarrollado la ISO para regular la actividad comercial en el mercado mundial. Otro certificado ISO que suele verse con frecuencia es el ISO 9660, que define los sistemas de archivo para CD-ROM.

El modelo OSI divide en siete capas el proceso de transmisión de la información entre equipos informáticos, donde

cada capa se encarga de ejecutar una determinada parte del proceso global. Este marco de trabajo estructurado en capas, aun siendo puramente conceptual, puede utilizarse para describir y explicar el conjunto de protocolos reales que, como veremos, se utilizan para la conexión de sistemas. Por ejemplo, TCP/IP y AppleTalk son dos de las pilas de protocolos que se utilizan en el mundo real para transmitir datos; los protocolos que, de hecho, sirven como capas o niveles dentro de un conjunto de protocolos como TCP/IP pueden, por tanto, explicarse de acuerdo con su correlación con el modelo teórico de capas o niveles de red que conforma OSI.

VÉASE TAMBIÉN ➤ Para más información acerca de las suite de protocolos de red que actualmente se utilizan, consulte el apartado “Protocolos de red del mundo real” incluido en este mismo capítulo.

### **PERO, ¿QUÉ ES EXACTAMENTE UNA PILA DE PROTOCOLOS?**

Las pilas o *suite* (o capas) de protocolos no son más que una jerarquía de pequeños protocolos que trabajan juntos para llevar a cabo la transmisión de los datos <sup>31</sup>

## **32 2 El modelo OSI y los protocolos de red**

de un nodo a otro de la red. Las pilas de protocolos se asemejan mucho a las carreras de relevos, pero, en vez de pasarse un testigo, se transmiten paquetes de datos de un protocolo a otro hasta que éstos revisten la forma adecuada (una secuencia única de bits) para transmitirse por el entorno físico de la red.

### **TAMBIÉN EXISTE LA PILA DE PROTOCOLOS ISO/OSI**

Aunque los administradores de red están familiarizados con pilas de protocolos de red como IPX/SPX de NetWare o TCP/IP, muchos desconocen la existencia de la suite de protocolos basada en el modelo OSI, denominada pila de protocolos OSI. Por desgracia, los sistemas operativos de red más utilizados (como Novell NetWare o Windows NT) no la soportan.

El modelo OSI abarca una serie de eventos importantes que se producen durante la comunicación entre sistemas. Proporciona las normas básicas empíricas para una serie de procesos distintos de conexión en red:

- El modo en que los datos se traducen a un formato apropiado para la arquitectura de red que se está utilizando. Cuando se envía un mensaje de correo electrónico o un archivo a otra computadora, se está trabajando, en realidad, con una determinada aplicación, como un cliente de correo electrónico o un cliente FTP. Los datos que se transmiten utilizando dicha aplicación tienen que convertirse a un formato más genérico si van a viajar por la red hasta llegar a su destino.
- El modo en que los PC u otro tipo de dispositivos de la red se comunican. Cuando se envían datos desde un PC, tiene que existir algún tipo de mecanismo que proporcione un canal de comunicación entre el remitente y el destinatario. Lo mismo que cuando se desea hablar por teléfono, para lo cual hay que descolgar el teléfono y marcar el número.
- El modo en que los datos se transmiten entre los distintos dispositivos y la forma en que se resuelve la secuenciación y comprobación de errores. Una vez establecida la sesión de comunicación entre dos computadoras, tiene que existir un conjunto de reglas que controlen la forma en que los datos van de una a otra.
- El modo en que el direccionamiento lógico de los paquetes pasa a convertirse en el direccionamiento físico que proporciona la red. Las redes informáticas utilizan esquemas de direccionamiento lógico, como direcciones IP. Por tanto, dichas direcciones lógicas tienen que convertirse en las direcciones reales de hardware que determinan las NIC instaladas en las distintas computadoras.

El modelo OSI ofrece los mecanismos y reglas que permiten resolver todas las cuestiones que acabamos de referir. Comprender las distintas capas del modelo OSI no sólo permite internarse en los conjuntos de protocolos de red que

actualmente se utilizan, sino que también proporciona un marco de trabajo conceptual del que puede servirse cualquiera para comprender el funcionamiento de dispositivos de red complejos, como conmutadores, puentes y *routers*. (Buena parte de este libro versa sobre los *routers* y el encajamiento de datos en general.)

33

## Las capas OSI

Las capas del modelo OSI describen el proceso de transmisión de los datos dentro de una red. Las dos únicas capas del modelo con las que, de hecho, interactúa el usuario son la primera capa, la capa Física, y la última capa, la capa de Aplicación.

- La **capa física** abarca los aspectos físicos de la red (es decir, los cables, *hubs* y el resto de dispositivos que conforman el entorno físico de la red). Seguramente ya habrá interactuado más de una vez con la capa Física, por ejemplo al ajustar un cable mal conectado.
- La **capa de aplicación** proporciona la interfaz que utiliza el usuario en su computadora para enviar mensajes de correo electrónico o ubicar un archivo en la red.

Obviamente, el capítulo resultaría demasiado corto si limitáramos nuestra explicación a estas dos capas, además de ser incompleto, ya que cada capa del modelo OSI desempeña un papel decisivo en la transmisión por red de la información.

La Figura 2.1 presenta la estructura de capas que conforman el modelo OSI de arriba abajo. La pirámide invertida es uno de los modos que mejor ilustran la estructura de este modelo, en el que los datos con un formato bastante complejo pasan a convertirse en una secuencia simple de bits cuando alcanzan el cable de la red. Como verá, las capas vienen numeradas de abajo arriba, cuando lo lógico sería que vinieran numeradas de arriba abajo. Éste es el sistema adoptado y, de hecho, muchas veces se alude al mismo para referirse a una de las capas de la red. Pero, tanto si se usa el nombre como el número, lo importante es que recuerde siempre el papel que desarrollan cada una de las capas en el proceso global de transmisión de los datos.

Aplicación 7 Presentación 6 Sesión 5

Transporte 4 Red 3 Enlace de datos 2 Física 1

**FIGURA 2.1** El modelo OSI ofrece un modelo teórico que explica el modo en que se desplazan los datos desde una computadora emisora a otra computadora receptora.

### 34 2 El modelo OSI y los protocolos de red

Una buena forma de recordar el orden ascendente que siguen las capas de este modelo es utilizar una expresión mnemónica como la siguiente: **Fernando Está Recordando Todos Sus Primeros Años**. Y de hecho es imprescindible que tenga siempre presente este modelo, ya que cualquier cuestión referente a la tecnología de conexión entre sistemas, desde la más nimia hasta la más compleja, alude al mismo. Todos los libros y artículos que hablan de la conexión en red hacen referencia a este modelo.

Antes de explicar cada una de las capas que componen la pila, conviene hacerse una idea general de lo que ocurre cuando los datos se mueven por el modelo OSI. Supongamos que un usuario decide enviar un mensaje de correo

electrónico a otro usuario de la red. El usuario que envía el mensaje utilizará un cliente o programa de correo (como Outlook o Eudora) como herramienta de interfaz para escribir y enviar el mensaje. Esta actividad del usuario se produce en la capa de aplicación.

Cuando los datos abandonan la capa de aplicación (la capa insertará un encabezado de capa de aplicación en el paquete de datos), éstos pasan por las restantes capas del modelo OSI. Cada capa proporcionará servicios específicos relacionados con el enlace de comunicación que debe establecerse, o bien formateará los datos de una determinada forma.

Al margen de la función específica que tenga asignada cada capa, todas adjuntan un encabezado (los encabezados vienen representados por cuadritos en la Figura 2.2) a los datos. Puesto que la capa física está integrada por dispositivos de hardware (un cable, por ejemplo) nunca añade un encabezado a los datos.

Los datos llegan así a la capa física (el entorno tangible de la red, como los cables de par trenzado y *hubs* que conectan las computadoras entre sí) de la computadora del destinatario, desplazándose por el entorno físico de la red hasta alcanzar su destino final, el usuario al que iba dirigido el mensaje de correo electrónico.

Los datos se reciben en la capa física de la computadora del destinatario y pasan a subir por la pila OSI. A medida que los datos van pasando por cada una de las capas, el encabezado pertinente se va suprimiendo de los datos. Cuando los datos finalmente alcanzan la capa de aplicación, el destinatario puede utilizar su cliente de correo electrónico para leer el mensaje que ha recibido.

A continuación pasamos a explicar cada una de las capas que componen el modelo OSI, de arriba abajo (es decir, desde la capa de aplicación hasta la capa física).

## La capa de aplicación

La capa de aplicación proporciona la interfaz y servicios que soportan las aplicaciones de usuario. También se encarga de ofrecer acceso general a la red.

Esta capa suministra las herramientas que el usuario, de hecho, ve. También ofrece los servicios de red relacionados con estas aplicaciones de usuario, como la gestión de mensajes, la transferencia de archivos y las consultas a bases de datos. La capa de aplicación suministra cada uno de estos servicios a los distintos programas de aplicación con los que cuenta el usuario en su computadora. Entre los servicios de intercambio de información

### 35

que gestiona la capa de aplicación se encuentran la Web, los servicios de correo electrónico (como el Protocolo Simple de Transferencia de Correo, comúnmente conocido como SMTP —*Simple Mail Transfer Protocol*— incluido en TCP/IP), así como aplicaciones especiales de bases de datos cliente/servidor.

Data  
Data  
Data  
Data  
Data  
Data  
Data

1. Encabezado de la capa de aplicación. 2. Encabezado de la capa de presentación. 3. Paquete con todos los encabezados de las capas OSI. 4. Los encabezados se van suprimiendo a medida que los datos suben por la capa OSI.

**FIGURA 2.2** Los datos bajan por la pila OSI de la computadora emisora y suben por la pila OSI de la computadora receptora.

# La capa de presentación

La capa de presentación puede considerarse el traductor del modelo OSI. Esta capa toma los paquetes (la creación del paquete para la transmisión de los datos por la red empieza en realidad en la capa de aplicación) de la capa de aplicación y los convierte a un formato genérico que pueden leer todas las computadoras. Por ejemplo, los datos escritos en caracteres ASCII se traducirán a un formato más básico y genérico.

La capa de presentación también se encarga de cifrar los datos (si así lo requiere la aplicación utilizada en la capa de aplicación) así como de comprimirlos para reducir su tamaño. El paquete que crea la capa de presentación contiene los datos prácticamente con el formato con el que viajarán por las restantes capas de la pila OSI (aunque las capas siguientes irán añadiendo elementos al paquete, lo cual puede dividir los datos en paquetes más pequeños).

②

① ④

Computadora emisora Computadora receptora

Aplicación

Presentación

Sesión

Transporte

Red

Enlace de datos

Física

Entorno físico de la red ③ Data Data

Data

Data

Data

Data

Data

Aplicación

AA Presentación

P<sub>A</sub>P<sub>A</sub> Sesión

S<sub>PA</sub>S<sub>PA</sub> Transporte

T<sub>SPA</sub>T<sub>SPA</sub> Red N<sub>TSPA</sub>N<sub>TSPA</sub> Enlace de datos

SD

T

S

P

A

SD

T

S

P

A

Física

## 36 2 El modelo OSI y los protocolos de red

### LA COMUNICACIÓN SE PRODUCE DIRECTAMENTE ENTRE CAPAS

A medida que los datos bajan por la pila de protocolos de la computadora emisora (por ejemplo, un mensaje de correo electrónico) hasta llegar al cable físico y de ahí pasan a subir por la pila de protocolos de la computadora

receptora, la comunicación entre ambas máquinas se está produciendo en realidad entre capas complementarias. Por ejemplo, cuando se envía un mensaje entre dos computadoras existe entre ellas una comunicación virtual en la capa de sesión. Lo cual es del todo lógico, ya que ésta es la capa que controla la comunicación entre ambas computadoras por el entorno físico de la red (ya sean cables coaxiales, de par trenzado o de fibra óptica).

## La capa de sesión

La capa de sesión es la encargada de establecer el enlace de comunicación o sesión entre las computadoras emisora y receptora. Esta capa también gestiona la sesión que se establece entre ambos nodos (véase la Figura 2.3).

**FIGURA 2.3** La capa de sesión proporciona el enlace de comunicación entre dos computadoras que se están comunicando.

Una vez establecida la sesión entre los nodos participantes, la capa de sesión pasa a encargarse de ubicar puntos de control en la secuencia de datos. De esta forma, se proporciona cierta tolerancia a fallos dentro de la sesión de comunicación. Si una sesión falla y se pierde la comunicación entre los nodos, cuando después se restablezca la sesión sólo tendrán que volver a enviarse los datos situados detrás del último punto de control recibido. Así se evita el tener que enviar de nuevo todos los paquetes que incluía la sesión.

Los protocolos que operan en la capa de sesión pueden proporcionar dos tipos distintos de enfoques para que los datos vayan del emisor al receptor: la comunicación orientada a la conexión y la comunicación sin conexión.

La estación de trabajo envía una petición de servicio al servidor

El servidor accede a la petición

Estación de trabajo

Servidor

Comunicaciones en

la capa de sesión

**PARA COMUNICARSE, LOS USUARIOS TIENE QUE EJECUTAR EL MISMO CONJUNTO DE PROTOCOLOS**

En el ejemplo anterior del envío y recepción de un mensaje de correo electrónico, dimos por sentado que tanto el remitente como el destinatario estaban ejecutando la misma pila de protocolos (la pila teórica OSI) en sus computadoras clientes. De hecho, las computadoras que ejecuten sistemas operativos distintos pueden comunicarse entre sí si utilizan el mismo conjunto de protocolos de red. Esto es lo que explica que una máquina UNIX, un Macintosh o un PC que esté ejecutando Windows utilicen el TCP/IP para comunicarse en Internet. Un ejemplo en el que dos computadoras no podrían comunicarse sería aquél en que una computadora ejecutara TCP/IP y la otra IPX/SPX. Estos dos protocolos de red del mundo real utilizan reglas distintas y formatos de datos diferentes que hacen que la comunicación resulte imposible.

Los protocolos orientados a la conexión que operan en la capa de sesión proporcionan un entorno donde las computadoras conectadas se ponen de acuerdo sobre los parámetros relativos a la creación de los puntos de control en los datos, mantienen un diálogo durante la transferencia de los mismos, y después terminan de forma simultánea la sesión de transferencia.

Los protocolos orientados a la conexión operan de forma parecida a una llamada telefónica: en este caso, la sesión se establece llamando a la persona con la que se desea hablar. La persona que llama y la que se encuentra al otro lado del teléfono mantienen una conexión directa. Y, cuando la conversación termina, ambos se ponen de acuerdo para dar por terminada la sesión y cuelgan el teléfono a la par.

El funcionamiento de los protocolos sin conexión se parece más bien a un sistema de correo regular. Proporciona las direcciones pertinentes para el envío de los paquetes y éstos pasan a enviarse como si se echaran a un buzón de correos. Se supone que la dirección que incluyen permitirá que los paquetes lleguen a su destino, sin necesidad de un permiso previo de la computadora que va a recibirlos.

## La capa de transporte

La capa de transporte es la encargada de controlar el flujo de datos entre los nodos que establecen una comunicación; los datos no sólo deben entregarse sin errores, sino además en la secuencia que proceda. La capa de transporte se ocupa también de evaluar el tamaño de los paquetes con el fin de que éstos tengan el tamaño requerido por las capas inferiores del conjunto de protocolos. El tamaño de los paquetes lo dicta la arquitectura de red que se utilice.

VÉASE TAMBIÉN

➤ Para más información sobre arquitecturas de red, como Ethernet y Token Ring, consulte el Capítulo 1.

### **38 2 El modelo OSI y los protocolos de red**

#### **LOS SERVICIOS DE LA CAPA DE APLICACIÓN PERMITEN QUE LAS APLICACIONES DE USUARIO PUEDAN TRABAJAR EN RED**

Cuando un usuario que está trabajando en una determinada aplicación (por ejemplo, en Excel) decide guardar un archivo de hoja de cálculo en el directorio que tiene asignado dentro del servidor de archivos de red, la capa de aplicación del modelo OSI proporciona el servicio que permite mover dicho archivo desde la computadora cliente hasta el volumen de red pertinente. Esta transmisión es totalmente transparente para el usuario.

La comunicación también se establece entre computadoras del mismo nivel (el emisor y el receptor); la aceptación

por parte del nodo receptor se recibe cuando el nodo emisor ha enviado el número acordado de paquetes. Por ejemplo, el nodo emisor puede enviar de un solo golpe tres paquetes al nodo receptor y después recibir la aceptación por parte del nodo receptor. El emisor puede entonces volver a enviar otros tres paquetes de datos de una sola vez.

Esta comunicación en la capa de transporte resulta muy útil cuando la computadora emisora manda demasiados datos a la computadora receptora. En este caso, el nodo receptor tomará todos los datos que pueda aceptar de una sola vez y pasará a enviar una señal de “ocupado” si se envían más datos. Una vez que la computadora receptora haya procesado los datos y esté lista para recibir más paquetes, enviará a la computadora emisora un mensaje de “luz verde” para que envíe los restantes.

### **CADA CAPA EJECUTA FUNCIONES DE ENTRADA Y SALIDA DE DATOS**

No debe olvidarse que cada capa del modelo OSI (o de un conjunto real de protocolos de red, como IPX/SPX o TCP/IP) ejecutan funciones relativas a la entrada y salida de información. Cuando los datos bajan por la pila de protocolos en una computadora emisora, la capa de presentación convierte la información procedente de una determinada aplicación a un formato más genérico. En la computadora receptora, la capa de presentación se ocupará de tomar dicha información genérica y de convertirla al formato que utilice el programa que se esté ejecutando en la capa de aplicación de la computadora receptora.

## **La capa de red**

La capa de red encamina los paquetes además de ocuparse de entregarlos. La determinación de la ruta que deben seguir los datos se produce en esta capa, lo mismo que el intercambio efectivo de los mismos dentro de dicha ruta. La Capa 3 es donde las direcciones lógicas (como las direcciones IP de una computadora de red) pasan a convertirse en direcciones físicas (las direcciones de hardware de la NIC, la Tarjeta de Interfaz para Red, para esa computadora específica).

Los *routers* operan precisamente en la capa de red y utilizan los protocolos de encamiento de la Capa 3 para determinar la ruta que deben seguir los paquetes de datos.

El modo en que se determinan los *routers* y la forma en que éstos convierten las direcciones lógicas en direcciones físicas son temas sobre los que profundizaremos a lo largo de este libro.

VÉASE TAMBIÉN

➤ Encontrará una explicación más pormenorizada de la capa de red en los siguientes capítulos. Para obtener una rápida introducción sobre el modo en que operan los routers en la capa de red, consulte el Capítulo 5.

## **La capa de enlace de datos**

Cuando los paquetes de datos llegan a la capa de enlace de datos, éstos pasan a ubicarse en tramas (unidades de datos), que vienen definidas por la arquitectura de red que se está utilizando (como Ethernet, Token Ring, etc.). La capa de enlace de datos se encarga de desplazar los datos por el enlace físico de comunicación hasta el nodo receptor, e identifica cada computadora incluida en la red de acuerdo con su dirección de hardware, que viene codificada en la NIC. La Figura 2.4 muestra la dirección de hardware asignada a la tarjeta de interfaz para red en una computadora que ejecuta Windows 98.

**FIGURA 2.4** Cada nodo de la red sólo tiene asignada una única dirección física.

### **LOS PROTOCOLOS REALES UTILIZAN AMBOS MÉTODOS DE COMUNICACIÓN: SIN CONEXIÓN Y ORIENTADOS A LA CONEXIÓN**

En los conjuntos de protocolos de red, como TCP/IP e IPX/SPX, se utilizan ambas estrategias de comunicación, la que precisa de una conexión y la que no, para des-



40 2 El modelo OSI y los protocolos de red

plazar los datos por la red. Por lo general, en la capa de sesión opera más de un protocolo para gestionar estas estrategias distintas de comunicación.

La información de encabezamiento se añade a cada trama que contenga las direcciones de envío y recepción. La capa de enlace de datos también se asegura de que las tramas enviadas por el enlace físico se reciben sin error alguno. Por ello, los protocolos que operan en esta capa adjuntarán un Chequeo de Redundancia Cíclica (*Cyclical Redundancy Check* o CRC) al final de cada trama. El CRC es básicamente un valor que se calcula tanto en la computadora emisora como en la receptora. Si los dos valores CRC coinciden, significa que la trama se recibió correcta e íntegramente, y no sufrió error alguno durante su transferencia.

Una vez más, y tal y como dijimos anteriormente, el tipo de trama que genera la capa de enlace de datos dependerá de la arquitectura de red que se esté utilizando, como Ethernet, Token Ring de IBM o FDDI. La Figura 2.5 muestra una trama Ethernet 802.2 y la Tabla 2.1 describe cada uno de sus componentes. Aunque es posible que ahora no comprenda todas las partes que integra la trama representada, ésta se compone básicamente de un encabezado que la describe, de los datos que incluye, y de la información referente a la capa de enlace de datos (como los Puntos de Acceso al Servicio de Destino, *Destination Service Access Points*, y Puntos de Acceso al Servicio, *Service Access Points*), que no sólo definen el tipo de trama de que se trata (en este caso, Ethernet), sino que también contribuyen a que la trama llegue a la computadora receptora. (Para más información acerca de las especificaciones IEEE 802, consulte la nota titulada “Tramas Ethernet”).

Preámbulo

FIGURA 2.5 La trama Ethernet se crea en la capa de enlace de datos del modelo OSI.

Tabla 2.1

Segmentos de la trama Ethernet.

Segmento Función

Preámbulo Bits de alternación (1 y 0) que indican que se ha enviado una trama.

Destino La dirección de destino.

Fuente La dirección de origen.

CAMPOS LLC

Tabla 2.1 (continuación)

## Segmentos de la trama Ethernet. **Segmento Función**

Longitud Especifica el número de bytes de datos incluidos en la trama. DSAP *Destination Service Access Point* o Punto de Acceso al Servicio de Destino: indica a la tarjeta de red de la computadora receptora dónde tiene que ubicar la trama dentro de la memoria intermedia. SSAP Proporciona la información de Punto de Acceso al Servicio (*Service Access Point*) para la trama (los Puntos de Acceso al Servicio se tratan en más detalle en el apartado “Las subcapas del enlace de datos” incluido en este mismo capítulo). CTRL Un campo del Control Lógico del Enlace. (El enlace lógico se explica en más detalle en el apartado “Las subcapas del enlace de datos” incluido en este mismo capítulo.) Datos Este segmento de la trama mantiene los datos que se han enviado. FCS El campo de Secuencia de Comprobación de la Trama (*Frame Check Sequence*) contiene el valor CRC para la trama.

La capa de enlace de datos también controla la forma en que las computadoras acceden a las conexiones físicas de la red. Nos detendremos en este aspecto de la Capa 2 en el apartado “Las subcapas del enlace de datos” incluido en este mismo capítulo.

## La capa física

En la capa física las tramas procedentes de la capa de enlace de datos se convierten en una secuencia única de bits que puede transmitirse por el entorno físico de la red. La capa física también determina los aspectos físicos sobre la forma en que el cableado está enganchado a la NIC de la computadora. En la computadora receptora de datos, la capa física es la encargada de recibir la secuencia única de bits (es decir, información formada por 1 y 0).

### LOCALIZAR DIRECCIONES MAC EN COMPUTADORAS WINDOWS

Para encontrar la dirección de una tarjeta de red que se ejecute en Windows 95/98, haga clic en el menú Inicio y después en Ejecutar. En el cuadro de diálogo Ejecutar, escriba winipcfg y después haga clic en Aceptar. Aparecerá el cuadro de diálogo Configuración IP donde se encuentra la dirección de la tarjeta de red. En una computadora Windows NT, haga clic con el botón derecho del ratón en el icono Entorno de red y después seleccione la ficha Adaptadores en el cuadro de diálogo Red. Seleccione el adaptador de red que utilice y después haga clic en el botón Propiedades. Debería aparecer la dirección MAC de la NIC.

### VÉASE TAMBIÉN

- Para más información acerca del entorno físico que actualmente se utiliza para conectar sistemas, consulte el apartado “Cableado de la red” del Capítulo 1.

### 42 2 El modelo OSI y los protocolos de red

## Las subcapas del enlace de datos

Antes de dar por finalizada nuestra explicación del modelo de red OSI, es preciso que volvamos atrás y comentemos con más detalle algunas especificaciones desarrolladas por el IEEE para la capa de enlace de datos del modelo OSI. La especificación IEEE 802 dividía la capa de enlace de datos en dos subcapas, el Control Lógico del Enlace (*Logical Link Control* o LLC) y el Control de Acceso al Medio (*Media Access Control* o MAC).

La subcapa de Control Lógico del Enlace establece y mantiene el enlace entre las computadoras emisora y receptora cuando los datos se desplazan por el entorno físico de la red. La subcapa LLC también proporciona Puntos de Acceso al

Servicio (*Service Access Points* o SAP), que no son más que puntos de referencia a los que otras computadoras que envíen información pueden referirse y utilizar para comunicarse con las capas superiores del conjunto de protocolos OSI dentro de un determinado nodo receptor. La especificación IEEE que define la capa LLC es la 802.2 (consulte la nota sobre las especificaciones IEEE 802.2 para más información acerca de otras categorías).

La subcapa de Control de Acceso al Medio determina la forma en que las computadoras se comunican dentro de la red, y cómo y dónde una computadora puede acceder, de hecho, al entorno físico de la red y enviar datos. La especificación 802 divide a su vez la subcapa MAC en una serie de categorías (que no son más que formas de acceder al entorno físico de la red), directamente relacionadas con la arquitectura específica de la red, como Ethernet y Token Ring (véase la Figura 2.6).

VÉASE TAMBIÉN

- Para más información acerca de las arquitecturas de red más utilizadas hoy en día, consulte el apartado “Comprender las arquitecturas de red” del Capítulo 1.

#### Capa de enlace de datos

**FIGURA 2.6** La capa de enlace de datos está compuesta por dos subcapas: la subcapa LLC y la subcapa MAC.

Subcapa LLC

IEEE 802.2

Subcapa MAC

IEEE 802.3 IEEE 802.3 IEEE 802.5 IEEE 802.12

## Protocolos de red del mundo real

Después de repasar el modelo teórico que determina la forma en que los datos van de una computadora a otra dentro de una red, pasando por las distintas capas que conforman el modelo OSI, podemos pasar a explicar algunos de los conjuntos de protocolos de red más utilizados hoy en día y cotejar las capas que los integran con las del modelo OSI. De esta forma, lograremos una visión clara y sencilla del modo en que operan estas pilas de protocolos reales y de la forma en que transportan los datos por la red.

También veremos qué protocolos de un determinado conjunto participan en la capa de red del modelo OSI. Estos protocolos son de suma importancia ya que contribuyen a encaminar los paquetes en una conexión entre redes (algo sobre lo que versa gran parte de este libro).

## NetBEUI

NetBEUI (*NetBIOS Extended User Interface* o Interfaz Ampliada de Usuario para NetBIOS) es un protocolo de red rápido y sencillo que fue diseñado para ser utilizado junto con el protocolo NetBIOS (*Network Basic Input Output System* o Sistema Básico de Entrada/Salida para Red) desarrollado por Microsoft e IBM para redes pequeñas. NetBEUI opera en las capas de transporte y red del modelo OSI.

Puesto que NetBEUI sólo proporciona los servicios que se requieren en las capas de transporte y red de OSI, necesita funcionar con NetBIOS, que opera en la capa de sesión del modelo OSI, y se encarga de establecer la sesión de comunicación entre las dos computadoras conectadas a la red. Las redes Microsoft incluyen además otros dos componentes: el redirector y el Bloque de Mensajes del Servidor (*Server Message Block*). El redirector opera en la capa de aplicación y hace que una computadora cliente perciba todos los recursos de la red como si fueran locales. El Bloque de Mensajes del Servidor (*Server Message Block* o SMB), por su parte, proporciona comunicación de mismo nivel entre los redirectores incluidos en las máquinas cliente y servidor de la red. El Bloque de Mensajes del Servidor opera en la capa de presentación del modelo OSI.

### UN APUNTE SOBRE DIRECCIONES DE HARDWARE

Las direcciones NIC de hardware también se denominan **direcciones MAC**. Esta sigla procede de la expresión inglesa *Media Access Control* o Control de Acceso al Medio, y es una de las subcapas de la capa de enlace de datos. Las direcciones de hardware están grabadas en los chips de la memoria ROM en las tarjetas de interfaz para red y cada una de ellas proporciona una dirección única. El esquema de direccionamiento lo desarrolló en su día el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). De acuerdo con este esquema, cada dirección reviste la forma de una cadena de 48 bits escrita en formato hexadecimal. Un ejemplo de dirección MAC sería 00-00-B3-83-B3-3F.

#### 44 2 El modelo OSI y los protocolos de red

Aunque resulta un excelente protocolo de transporte de bajo coste, NetBEUI no es un protocolo que pueda encaminarse por medio de *routers*, por lo que no puede utilizarse en las interconexiones de redes. Por tanto, si bien NetBEUI es una opción de protocolo de red para redes pequeñas y sencillas, no resulta válida para redes más amplias que requieran el uso de *routers* (por lo que dejará de tratarse en este libro).

### TRAMAS ETHERNET

La trama Ethernet que utilizaban las primeras versiones de NetWare de Novell (NetWare 2.x y 3.x) se creó antes de que el IEEE completara sus especificaciones. Esto hace que el tipo de trama Ethernet 802.3 no se ajuste estrictamente a las normas que ha dictado el IEEE. Las versiones más recientes de NetWare y de otros sistemas operativos de red utilizan la trama Ethernet 802.2, que cumple con todos los requisitos especificados por el IEEE (y que se refieren más adelante en este mismo capítulo).

# TCP/IP

A menudo referido como el “protocolo de baja puja” (véase la nota titulada “Orígenes de TCP/IP”), TCP/IP se ha convertido en el estándar *de-facto* para la conexión en red corporativa. Las redes TCP/IP son ampliamente escalables, por lo que TCP/IP puede utilizarse tanto para redes pequeñas como grandes.

TCP/IP es un conjunto de protocolos encaminados que puede ejecutarse en distintas plataformas de software (Windows, UNIX, etc.) y casi todos los sistemas operativos de red lo soportan como protocolo de red predeterminado. TCP/IP consta de una serie de protocolos “miembro” que componen de hecho la pila TCP/IP. Y puesto que el conjunto de protocolos TCP/IP se desarrolló antes de que terminara de desarrollarse el modelo de referencia OSI, los protocolos que lo conforman no se corresponden perfectamente con las distintas capas del modelo. La Figura 2.7 muestra la correlación entre el conjunto de protocolos TCP/IP y las capas OSI (la figura ofrece una descripción general de TCP/IP y no una imagen fiel y exhaustiva de todos los protocolos que incluye). La Tabla 2.2 describe los protocolos que aparecen en la figura. En el Capítulo 10, “Conceptos fundamentales de TCP/IP”, se ofrece más información acerca de los protocolos que integran la pila TCP/IP.

**Tabla 2.2**

Protocolos miembro de la pila TCP/IP.

## Protocolo Función

FTP El *File Transfer Protocol* o Protocolo de Transferencia de Archivos proporciona una interfaz y servicios para la transferencia de archivos en la red.

SMTP El *Simple Mail Transport Protocol* o Protocolo Simple de Transferencia de Correo proporciona servicios de correo electrónico en las redes Internet e IP.

**45**

**Tabla 2.2 (continuación)**

Protocolos miembro de la pila TCP/IP.

## Protocolo Función

TCP El *Transport Control Protocol* o Protocolo de Control de Transporte es un protocolo de transporte orientado a la conexión. TCP gestiona la conexión entre las computadoras emisora y receptora de forma parecida al desarrollo de las llamadas telefónicas.

UDP El *User Datagram Protocol* o Protocolo de Datagrama de Usuario es un protocolo de transporte sin conexión que proporciona servicios en colaboración con TCP. IP El *Internet Protocol* o Protocolo Internet es la base para todo el direccionamiento que se produce en las redes TCP/IP y proporciona un protocolo orientado a la capa de red sin conexión.

Funciona de forma semejante a una carta con remite echada al buzón y después entregada a su destinatario. ARP El *Address Resolution Protocol* o Protocolo de Resolución de Direcciones hace corresponder las direcciones IP con las direcciones MAC de hardware. ARP se explica en más detalle en el Capítulo 10.

Aplicación  
Presentación  
Sesión  
Transporte  
Red  
Enlace de datos  
Física

**FIGURA 2.7** TCP/IP es un amplio conjunto de protocolos que utiliza una serie de protocolos miembro en varias de las capas del modelo OSI.

Los protocolos miembro de la pila de protocolos FTP TCP/IP, como

FTP, se solapan  
SMTP con más de una capa del modelo OSI.  
TCP UDP  
Otros protocolos, IP  
como TCP o IP, ARP

se corresponden directamente con una de las capas Controladores de tarjetas de red

del modelo OSI.

Entorno físico de la red (cables, *hubs*, etc.)

## 46 2 El modelo OSI y los protocolos de red

### ESPECIFICACIONES 802 DEL IEEE

Las especificaciones IEEE 802 proporcionan categorías que definen la Capa del Enlace Lógico así como las distintas arquitecturas de red que puede utilizar la sub- capa MAC. A continuación se incluye el listado completo de las categorías 802:

- -802.1 Conexión entre redes.
- -802.2 Control del Enlace Lógico.
- -802.3 LAN Ethernet (CSMA/CD).
- -802.4 LAN Token Bus.
- -802.5 LAN Token Ring.
- -802.6 Red de Área Metropolitana.
- -802.7 Grupo Técnico Asesor sobre Banda Ancha.
- -802.8 Grupo Técnico Asesor sobre Fibra Óptica.
- -802.9 Redes Integradas de Voz y Datos.
- -802.10 Seguridad de Red.
- -802.11 Redes Inalámbricas.
- -802.12 LAN de Demanda de Prioridad.

TCP/IP no sólo proporciona un amplio conjunto de características referidas a la conexión en red (lo cual significa que TCP/IP requiere de una gran carga general para ejecutarse) sino también un sistema de direccionamiento lógico y único. Cualquier usuario que se conecte a Internet estará familiarizado con las direcciones IP de 32 bits, que normalmente se escriben en 4 octetos (un octeto equivale a 8 bits de información). El formato de una dirección es del tipo 129.30.20.4, donde cada uno de los cuatro valores decimales separados por un punto representa 8 bits de información binaria. Las direcciones IP se explican en más detalle en el Capítulo 10.

Dada la importancia de TCP/IP en las conexiones entre redes y la complejidad que entraña encaminar redes TCP/IP, hemos consagrado un capítulo entero a explicar y repasar todos los aspectos del direccionamiento TCP/IP. De igual forma, los comandos referidos al encaminamiento TCP/IP en redes de campus y corporativas que también se incluyen en dicho capítulo ofrecen amplia información al respecto.

#### VÉASE TAMBIÉN

- Para obtener una idea global sobre TCP/IP y el encaminamiento de datos, consulte el Capítulo 10, “Conceptos fundamentales de TCP/IP”.

# IPX/SPX

IPX/SPX (*Internetwork Packet Exchange/Sequenced Packet Exchange* o Intercambio de Paquetes entre Redes/Intercambio Secuenciado de Paquetes) es un conjunto de protocolos de red desarrollado por Novell para ser utilizado en su sistema operativo de red NetWare. IPX/SPX agrupa menos protocolos que TCP/IP, por lo que no requiere la misma

47

carga general que TCP/IP necesita. IPX/SPX puede utilizarse tanto en redes pequeñas como grandes y también permite el encaminamiento de datos.

La Figura 2.8 ofrece una correlación entre la pila IPX/SPX y las capas del modelo OSI. La Tabla 2.3 describe brevemente cada uno de los protocolos que lo componen.

Aplicación  
Presentación  
Sesión  
Transporte  
Red  
Enlace de datos  
Física

**FIGURA 2.8** IPX/SPX es un conjunto de protocolos eficaz que se utiliza tanto en redes grandes como pequeñas.

## ORÍGENES DE TCP/IP

TCP/IP lo desarrolló la Agencia de Defensa de Proyectos Avanzados de Investigación (DARPA) a petición del Departamento de Defensa de Estados Unidos. Dicho departamento necesitaba un conjunto de protocolos que pudieran utilizarse en cualquier sistema operativo, ya que no existía uniformidad alguna entre los sistemas informáticos de sus oficinas. Y ello por la forma misma en que funcionaba el Departamento, que licitaba todos sus proyectos y servicios. De ahí que de forma coloquial se conozca TCP/IP como protocolo de baja puja, ya que surgió a raíz de la práctica del gobierno estadounidense por pujar.

Los protocolos SAP y NCP del conjunto IPX/SPX gestionan, de hecho, SAP NCP las tareas de tres

capas OSI: aplicación, presentación y sesión.

IPX es un protocolo sin

SPX

conexión y opera en las capas de transporte

IPX

y red. SPX, que es un protocolo orientado a la conexión, opera en la capa de transporte.

Controladores de interfaz para red

Entorno físico

## 48 2 El modelo OSI y los protocolos de red

**Tabla 2.3**

Protocolos miembro de la pila IPX/SPX.

### Protocolo Función

SAP El *Service Advertising Protocol* o Protocolo de Anuncio de Servicio lo utilizan los servidores de archivo y los servidores de impresora de NetWare para anunciar la dirección del servidor.

NCP El *NetWare Core Protocol* o Protocolo de Núcleo NetWare gestiona las funciones de red en las capas de aplicación, presentación y sesión. Gestiona además la creación de paquetes y se encarga de proporcionar servicios de conexión entre los clientes y servidores.

SPX El *Sequenced Packet Exchange Protocol* o Protocolo de Intercambio Secuenciado de Paquetes es un protocolo de transporte

orientado a la conexión.

IPX El *Internetwork Packet Exchange Protocol* o Protocolo de Intercambio de Paquetes entre Redes es un protocolo de transporte sin conexión que gestiona el direccionamiento y encaminamiento de los datos en la red.

Lo que más nos interesa acerca de IPX/SPX es la forma en que debe encaminarse este conjunto de protocolos dentro de una conexión entre redes. Veremos el encaminamiento de IPX/SPX y el modo en que transmite los datos dentro de una red en próximos capítulos.

## UN COMENTARIO ACERCA DE LAS FIGURAS

Las Figuras 2.7, 2.8 y 2.9 presentan correlaciones entre protocolos reales y el modelo OSI. Para entender estas figuras, debe tenerse en cuenta la forma en que las siete capas de OSI convierten y transmiten datos entre dos computadoras conectadas en red. Los conjuntos de protocolos del mundo real, como TCP/IP, ejecutan también todas las tareas que describe el modelo teórico, pero utilizando menos protocolos que el modelo OSI. En vez de tener siete protocolos (uno para cada capa del modelo OSI), TCP/IP incorpora varios protocolos que gestionan a un tiempo las tareas de varias capas OSI. Por ejemplo, FTP gestiona las tareas de las capas OSI de aplicación, presentación y sesión. De ahí que en la Figura 2.7, el círculo de FTP englobe las tres capas del modelo OSI (que se muestran enmarcadas).

VÉASE TAMBIÉN

➤ El encaminamiento de IPX/SPX se explica en detalle en el Capítulo 12, “Encaminar IPX de Novell”.

## AppleTalk

Aunque muchos administradores de red no consideran AppleTalk un protocolo de red corporativo o de interconexión, AppleTalk permite el encaminamiento de datos mediante

49

*routers*. De hecho, con el tipo apropiado de NIC (los Macintosh de Apple pueden conectarse a una red Ethernet si cuentan con tarjetas EtherTalk u otro tipo de adaptadores) AppleTalk puede soportar arquitecturas Ethernet, Token Ring y FDDI. Las computadoras Macintosh suelen utilizarse en los entornos empresariales para la manipulación de gráficos y otras tareas de tipo multimedia, por lo que no resulta nada descabellado incluir AppleTalk como otro protocolo encaminado en la red corporativa.

En el Capítulo 1 hablábamos de AppleTalk como arquitectura de red, pero lo cierto es que también se trata de un conjunto de protocolos. La Figura 2.9 ofrece la correlación entre los protocolos que integra AppleTalk y las capas del modelo OSI. La Tabla 2.4 describe brevemente cada uno de estos protocolos.

## TERMINOLOGÍA EQUÍVOCA

Antes de proseguir, convendría que repasáramos las definiciones de algunos términos que se repetirán con frecuencia a lo largo del libro.

**Conexión entre redes:** una red de redes. Se trata de redes de área local conectadas entre sí por medio de dispositivos de conexión entre redes, como un puente o un *router*. La conexión entre redes se explica en detalle



en el Capítulo 4, “Fundamentos básicos de la conexión entre redes”.

**Internet:** la Red de redes por antonomasia. TCP/IP es el estándar *de-facto* para el conjunto internacional de computadoras heterogéneas que lo conforman.

**Intranet:** una red corporativa interna que sólo funciona en el entorno de la empresa (sin conexión a Internet) pero que utiliza protocolos de Internet, como el Protocolo Simple de Transporte de Correo (SMTP) y el Protocolo de Transporte de Hipertexto (HTTP), el mismo protocolo que utilizan los navegadores web. Una *extranet* es una intranet que proporciona acceso a la red corporativa a determinados empleados que se encuentran fuera de la compañía.

**Tabla 2.4**

Protocolos miembro de AppleTalk.

**Protocolo Función**

AppleShare AppleShare proporciona servicios en la capa de aplicación.

AFP El *AppleTalk Filing Protocol* o Protocolo de Archivo AppleTalk proporciona y gestiona la compartición de archivos entre nodos de una red.

ATP El *AppleTalk Transaction Protocol* o Protocolo de Transacción AppleTalk proporciona la conexión de capa de transporte entre computadoras.

NBP El *Name Binding Protocol* o Protocolo de Enlace de Nombre hace corresponder los nombres de servidores de red con las direcciones de la capa de red.

ZIP El *Zone Information Protocol* o Protocolo de Información de Zona controla las zonas AppleTalk y hace corresponder los nombres de zonas con las direcciones de red.

**50 2 El modelo OSI y los protocolos de red**

**Tabla 2.4 (continuación)**

Protocolos miembro de AppleTalk.

**Protocolo Función**

AARP El *AppleTalk Address Resolution Protocol* o Protocolo de Resolución de Direcciones AppleTalk hace corresponder las direcciones de la capa de red con las direcciones del hardware de enlace de datos.

DDP El *Datagram Delivery Protocol* o Protocolo de Entrega de Datagramas proporciona el sistema de direccionamiento para la red AppleTalk, así como el transporte sin conexión de los datagramas entre las distintas computadoras.

Aplicación  
Presentación  
Sesión  
Transporte  
Red  
Enlace de datos  
Física

**FIGURA 2.9** AppleTalk es un conjunto de protocolos encaminados para las redes Macintosh que pueden comunicarse con redes Ethernet, Token Ring y FDDI.

Al igual que con IPX/SPX, nuestro interés en el conjunto de protocolos de red AppleTalk se centrará en el modo en que AppleTalk encamina los datos por medio de *routers*. La configuración de las redes AppleTalk y la forma en que este conjunto de protocolos viene encaminado por un *router* de Cisco se tratarán en el Capítulo 13, “Encaminar AppleTalk”.

El conjunto de protocolos  
AFP

AppleTalk se compone de varios protocolos, que se corresponden con algunas de las capas AppleTalk del modelo OSI. AppleTalk, por ejemplo, se corresponde con las capas de aplicación y presentación de OSI.  
ZIP

## ¿DÓNDE ESTÁN LOS PROTOCOLOS DE ENCAMINAMIENTO?

Seguramente ya habrá reparado en que muchas de las figuras que muestran la correlación entre conjuntos de protocolos y las capas del modelo OSI no incluían protocolos de encaminamiento. Obviamente, cada conjunto de protocolos cuenta con un protocolo de encaminamiento predeterminado; por ejemplo, RIP es el protocolo predeterminado de TCP/IP y el Protocolo de Mantenimiento de la Tabla es el que utiliza por defecto AppleTalk. Estos protocolos se tratan en más detalle en los capítulos sobre el encaminamiento de datos.

### VÉASE TAMBIÉN

- Para más información acerca de la configuración de las redes AppleTalk y el modo en que se encaminan en un *router* de Cisco, consulte el Capítulo 13.