

Tema 4: Redes conmutadas e Internet

Funcionalidades

Funciones y servicios en TCP/IP

- Encaminamiento. La comunicación entre un host emisor y un host receptor precisa del conocimiento de un camino o ruta entre ambos sobre el que llevar a cabo la transferencia de la información. A diferencia de lo que sucede en las redes LAN, en las que no existe más que un único medio común para la transmisión entre cualesquiera dos estaciones finales, en las redes WAN debe buscarse una ruta de la forma *estación final 1 - nodo 1 - nodo 2 - nodo 3 - ... estación final 2*. Este proceso de establecimiento de ruta es el conocido como encaminamiento (o routing).
- Conmutación. Tratado más a fondo a continuación.
- Interconexión de redes. Hace posible la comunicación entre estaciones finales situadas en redes distintas, ya sean LAN o WAN.
- En OSI: control de congestión. En una red deben arbitrarse mecanismos que eviten, y solucionen en su caso, la potencial ocurrencia de saturación de la capacidad de sus elementos (líneas y nodos) como consecuencia del intento de transporte de una cantidad de información superior a la máxima soportada. Dado que en otro caso las prestaciones de la red decaerían drásticamente, la solución de esta situación, conocida como congestión, resulta de vital importancia.

Ejemplos de protocolos en red:

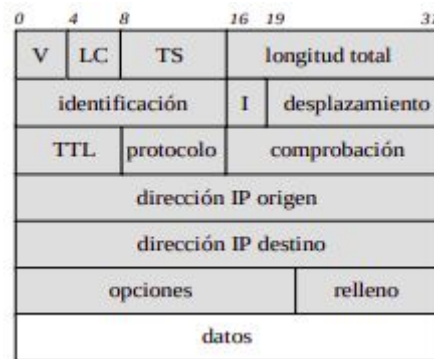
- X.25
- IP

El protocolo IP

IP v4 está especificado en el RFC 791:

- Interconexión de redes y direccionamiento en Internet.
- Retransmisión salto a salto entre hosts y routers.
- No orientado a conexión y no fiable: máximo esfuerzo ("best-effort").
 - No hay negociación o "handshake".
 - No existe control de errores ni control de flujo.
- La unidad de datos (paquete) de IP se denomina datagrama IP.
- IP gestiona la "fragmentación".

Datagrama IP



- V: campo de 4 bits que indica la versión del protocolo IP utilizado.
- LC o hlen: campo de 4 bits que indica la longitud de la cabecera IP en palabras de 32 bits.
- TS (Tipo de Servicio): campo de 8 bits informativo, no vinculante, donde se especifica el tipo de servicio deseado para la transmisión del paquete y la prioridad del mismo.
- Longitud total: campo de 16 bits que indica el número de octetos de que consta el datagrama IP completo, incluido el campo datos.
- Identificación: campo de 16 bits que identifica el paquete, necesario para la reconstrucción o ensamblado del mensaje completo en el destino.
- I (indicadores): campo de 3 bits relacionado con la función de fragmentación del paquete. El primer bit actualmente no se utiliza y los otros dos bits corresponden a DF ("Don't Fragment") y MF("More Fragments").
- Desplazamiento: campo de 13 bits. Como se ha visto anteriormente, es el offset de secuencia dentro del paquete enviado.
- TTL (Time To Live): campo de 8 bits utilizado como contador de tiempo que se decrementa en cada nodo intermedio a fin de evitar la posible circulación indefinida del paquete en la subred; de este modo, cuando el campo TTL alcance el valor 0, el paquete es eliminado.
- Protocolo: campo de 8 bits que indica el protocolo que generó el paquete IP (ej. TCP = 6).
- Comprobación de cabecera: campo de 16 bits que realiza el checksum.
- Direcciones origen y destino: cada una ocupa 32 bits.
- Opciones: campo que permite la realización de ciertas funciones de control. Su longitud es variable.
- Relleno: la longitud total de la cabecera del paquete IP debe ser múltiplo de 32 bits y como el campo opciones es de longitud variable, se introducen al final tantos bits 0 como sean precisos.
- Datos: campo de tamaño igual a longitud total - (LC x 4) octetos, donde se encapsula la información correspondiente al protocolo que generó el paquete IP.

Direcciones IP

Compuesta por dos partes: subred y dispositivo:

1. Dirección IP: 200.27.4.112 = 11001000.00011011.00000100.01110000
Máscara: 255.255.255.0 = 11111111.11111111.11111111.00000000
2. El resultado final sería: 200.27.4.112/24

Para obtener la dirección de red se realiza una operación AND lógica:

200.27.4.112 = 11001000.00011011.00000100.01110000

&

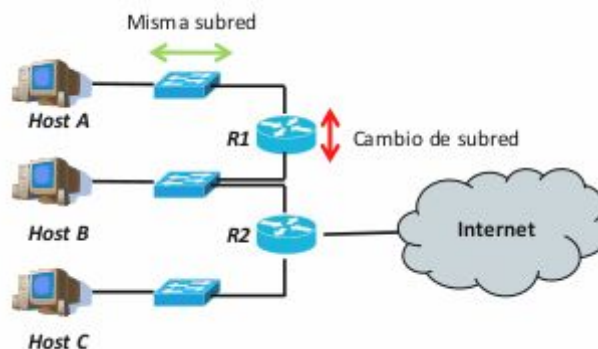
255.255.255.0 = 11111111.11111111.11111111.00000000

200.27.4.0 = 11001000.00011011.00000100.00000000 ← Subred

Subred

Computer Networking. A Top-down Approach. de James F. Kurose y Keith W. Ross: “Para determinar las subredes, separe cada interfaz de los hosts y routers, creando redes aisladas. Dichas redes aisladas se corresponden con las subredes”.

Cada router constituye una subred. Los switchers solo operan en capa de enlace.



Elección de máscara

La máscara se debe elegir según el número de dispositivos.

$$\# \text{ dispositivos} = 2^{\# \text{ceros}} - 2$$

Por ejemplo, 8 ceros (/24) permite 254 dispositivos. El - 2 de la ecuación viene de que la primera y la última dirección son reservadas para la subred y la difusión.

- 200.27.4.0 = 11001000.00011011.00000100.00000000 Reservada para la subred.
- 200.27.4.1 = 11001000.00011011.00000100.00000001 Dispositivo #1
- ...
- 200.27.4.254 = 11001000.00011011.00000100.11111110 Dispositivo #254
- 200.27.4.255 = 11001000.00011011.00000100.11111111 Reservada para difusión

Las direcciones públicas representan un sólo dispositivo en Internet. Las direcciones privadas solo en intranets.

Todos los unos pertenecen a la subred y los ceros pertenecen al host. Sirven para localizar el dispositivo y hacen el enrutamiento más rápido.

Encaminamiento

- Llevar la información (paquetes) de un origen a un destino en una red conmutada.
- Encaminamiento per sé (routing): decisión de las rutas.
- Retransmisión (forwarding): operación básica en el dispositivo.

Retransmisión salto-a-salto

- Resolución local del camino.
- En el dispositivo origen y todos los intermedios; no se hace en el destino.

Tabla de encaminamiento

Mirar en las diapositivas.

Problemas de las tablas de encaminamiento:

- No direcciona Internet.
- Reducción del tamaño de la tabla de encaminamiento.

Direccionamiento basado en clases (1981)

- Introducción de la máscara de subred (1985).
- Encaminamiento de dominios sin clase (CIDR 1993).
- Variable Length Subnet Mask (VLSM 1995).
- Se debe tener precaución con las versiones obsoletas (ej. RIPv1).
- Formato de datagrama.
- Fragmentación IPv4:
 - Tamaño máximo: $2^{16} - 1 = 65.535$ bytes.
 - Adaptarse a la MTU (Maximum Transfer Unit).
 - Ensamblado en destino final.
 - Desplazamiento: offset respecto del comienzo del paquete
 - Indicadores:
 - “Don’t fragment”, “More fragments”.

Conmutación

Conmutación = redirección.

Conmutación de circuitos

Se establece una conexión previa a la transferencia de la información entre las estaciones finales origen y destino. Una vez establecida la conexión, los datos se transmiten de forma secuencial siguiendo la misma ruta o circuito. Una vez concluida la comunicación se procederá al cierre de la conexión. Un ejemplo de conmutación de circuitos es el teléfono. Los recursos de esta técnica de conmutación son dedicados.

Los pasos involucrados en este tipo de conmutación son los siguientes:

1. Establecimiento de conexión: en este paso se elige la ruta origen-destino a seguir por el mensaje. Correspondería a los procesos de marcado local y descolgado de teléfono remoto en una comunicación telefónica.
2. Transmisión: es el intercambio de datos entre las estaciones finales de origen y destino. El mensaje se transmite de forma secuencial desde el principio hasta el final de la conexión, siguiendo una ruta fija en el proceso de establecimiento de la conexión. En el ejemplo de una comunicación telefónica, es la conversación como tal.
3. Desconexión: en este proceso se liberan los recursos (normalmente el ancho de banda) de la subred asociados a la conexión utilizada. En una comunicación telefónica es lógico que se trata del proceso del colgado del teléfono.

Conmutación de paquetes

A diferencia de la conmutación de circuitos, el mensaje no se transfiere secuencialmente en una pieza, sino en trozos denominados “paquetes”, retransmitidos nodo a nodo hasta alcanzar el destino. Dentro de esta técnica de conmutación existen dos variantes: datagrama, en la que no se establece una conexión origen-destino previa a la transmisión (ej. IP) y el envío de paquetes es independiente; y circuitos virtuales, en la que, de forma similar a como sucede en conmutación de circuitos, si se establece una conexión (ej. ATM (troncales)). Los recursos de esta técnica de conmutación no son dedicados. En la conmutación de paquetes mediante datagramas el proceso de transmisión se fundamenta en los tres principios siguientes:

- No se establece conexión previa a la transmisión de los datos.
- Cada paquete se transmite independientemente del resto, de forma que pueden seguir caminos distintos y, en consecuencia, recibirse de forma desordenada en el receptor. Cada paquete debe contener información sobre el destino al que va dirigido.
- La transmisión de los paquetes se realiza en forma de almacenamiento y envío; es decir, los nodos intermedios deben almacenar temporalmente cada paquete antes de proceder a su retransmisión.

El proceso seguido en la conmutación de paquetes con circuitos virtuales es el siguiente:

1. La estación final emisora genera un mensaje de establecimiento de llamada hacia el nodo al que se encuentra conectada. Dicho nodo debe decidir el siguiente en la ruta en base a la dirección de destino especificada en el mensaje de solicitud. Este proceso de decisión de ruta se repetirá en todos los nodos siguientes hasta alcanzar el nodo final al que se encuentra conectada la estación de destino.
2. La estación destino responde con un mensaje de aceptación de llamada hacia el origen. La respuesta sufrirá retardos en los nodos intermedios debido a que los recursos no son dedicados; y por tanto, los recursos pueden estar siendo utilizados por otras comunicaciones.
3. Una vez se ha dividido el mensaje en paquetes, cada uno de ellos se transmite siguiendo la misma ruta en forma de almacenamiento y envío.
4. Aunque su recepción sea ordenada en el receptor, eventualmente podrán producirse retardos en los nodos debido a que los recursos no son dedicados.

5. Finalizada la transmisión se llevará a cabo el cierre de la conexión, la cual consiste en la eliminación de la asociación comunicación-línea de salida o identificador de circuito virtual en cada nodo intermedio.

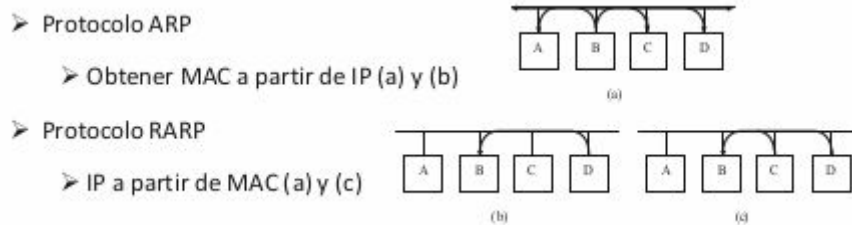
Resumen de las características de conmutación de circuitos y de paquetes mediante datagramas y mediante circuitos virtuales

	Circuitos	Paquetes mediante datagramas	Paquetes mediante circuitos virtuales
Ancho de banda	Uso estático: canal dedicado	Uso dinámico: no existe conexión	Uso dinámico
	No existen bits suplementarios en la transmisión una vez establecido el circuito	Existencia de bits suplementarios en cada paquete	Existencia de bits suplementarios en cada paquete (menos que en datagramas), además de los mensajes de establecimiento y cierre
Complejidad de los nodos	Conmutadores simples	Necesidad de memoria de almacenamiento	Necesidad de memoria de almacenamiento más números de circuito virtual
Latencia	Adecuada para aplicaciones interactivas y en tiempo real	Poco adecuada para aplicaciones interactivas y en tiempo real	Poco adecuada para aplicaciones interactivas y en tiempo real
Robustez	Si un nodo o enlace falla, la comunicación finaliza	Si un nodo o línea cae, se buscan rutas alternativas	Si un nodo o línea falla, la comunicación cesa

Asociación con capa de enlace: El protocolo ARP

Direcciones MAC

- Tras la redirección IP→Enviar a la MAC del siguiente nodo.
- Usadas en redes Ethernet y WiFi.
- Formato: HH-HH-HH-HH-HH-HH→Ejemplo: 00-24-21-A8-F7-6A.
- Únicas, asignadas por IEEE en lotes de 2^{24} .
- Dirección de difusión (broadcast): FF-FF-FF-FF-FF-FF



Dado que IP puede implementarse sobre cualquier tipo de red, el modelo TCP/IP no considera direcciones físicas correspondientes a la capa MAC. La conversión entre unas y otras a fin de posibilitar la transmisión de los paquetes IP en tramas MAC, se lleva a cabo a través de los protocolos ARP (Address Resolution Protocol), el cual obtiene las direcciones MAC a partir de las IP de los dispositivos y el protocolo RARP (Reverse Address Resolution Protocol), que realiza el proceso inverso.

Formato ARP

0	8	16	31
Htipo		Ptipo	
Hlen	Plen	Operación	
Hemisor (bytes 0-3)			
Hemisor (bytes 4-5)		Pemisor (bytes 0-1)	
Pemisor (bytes 2-3)		Hsol (bytes 0-1)	
Hsol (bytes 2-5)			
Psol (bytes 0-3)			

El protocolo ICMP

Dado su carácter no orientado a conexión y no fiable, IP no lleva a cabo control de errores de transmisión de los datos. A pesar de este hecho, es necesaria la existencia de ciertas funciones a fin de controlar determinadas situaciones de error en la subred.

En el RFC 792 se define el protocolo de mensajes de control de Internet (ICMP; Internet Control Message Protocol). Es, como IP, un protocolo de la capa de red, lo que no significa que sea una alternativa a este último sino, por el contrario, un complemento.

- Informa sobre situaciones de error→Señalización.
- Hacia el origen del datagrama IP.
- Se encapsula en IP.

- Cabecera de 32 bits:
 - Tipo (8 bits): tipo de mensaje.
 - Código (8 bits): subtipo dentro del tipo.
 - Comprobación (16 bits).

Mensaje ICMP

Campo tipo	Mensaje ICMP
8/0	Solicitud/respuesta de eco
3	Destino inalcanzable
4	Ralentización del origen
5	Redireccionamiento
11	Tiempo de vida excedido
12	Problema de parámetros
13/14	Solicitud/respuesta de sello de tiempo
17/18	Solicitud/respuesta de máscara de red