



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



ECCI

Escuela de Ciencias de la
Computación e Informática

Redes de comunicación de datos

Capa de red

Mag. José Antonio Brenes Carranza
CI-0121 Redes de comunicación de datos
Grupo 02 II Ciclo 2020

Agenda

- Aspectos de diseño de la capa de red
- Algoritmos de enrutamiento
- Algoritmos de control de la congestión
- Calidad del servicio
- Interconexión de redes
- **La capa de red de Internet**

La capa de red de Internet

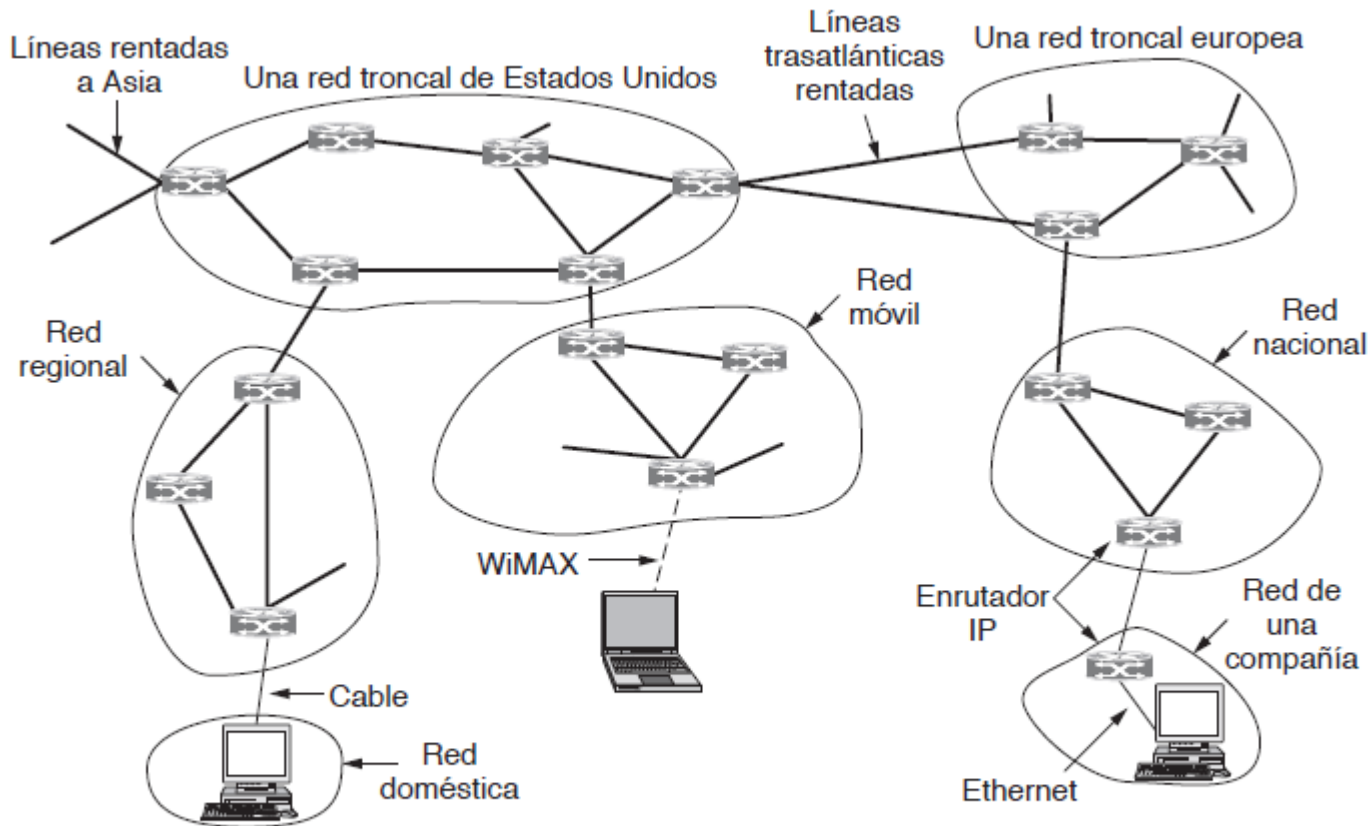


Figura 5-45. Internet es una colección interconectada de muchas redes.

La capa de red de Internet

- El pegamento que mantiene unida a Internet es el protocolo de capa de red, IP (Protocolo de Internet).
- IP se diseñó desde el principio con la interconexión de redes en mente.
- Protocolo IPv4
 - Un datagrama IPv4 consiste en dos partes: el encabezado y el cuerpo o carga útil. El encabezado tiene una parte fija de 20 bytes y una parte opcional de longitud variable.



La capa de red de Internet

- Protocolo IPv4

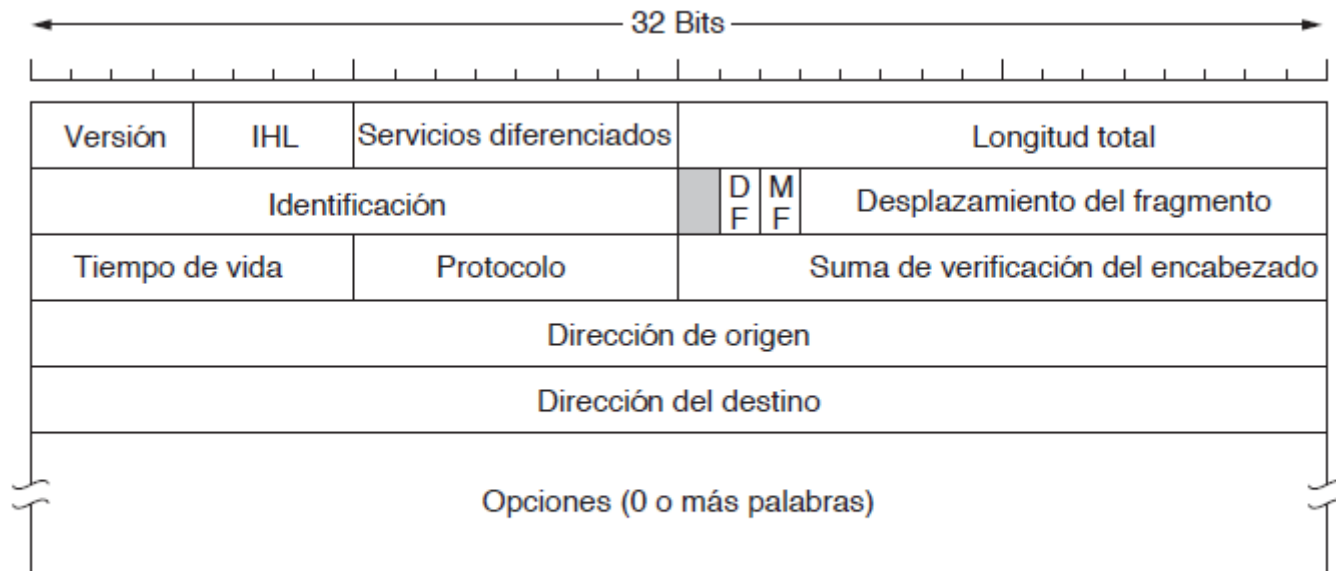


Figura 5-46. El encabezado de IPv4 (Protocolo de Internet).

La capa de red de Internet

- Direcciones IP

- En IPv4 las direcciones IP tiene una longitud de 32 bits.
- Prefijos → Las direcciones IP son jerárquicas. Cada dirección de 32 bits está compuesta de una porción de red de longitud variable, y de una porción de host. La porción de red tiene el mismo valor para todos los hosts en una sola red. Esto significa que una red corresponde a un bloque contiguo de espacio de direcciones IP, a lo que se le llama **prefijo**.
- Por convención, el prefijo se escribe después de la dirección IP como una barra diagonal seguida de la longitud en bits de la porción de red.
- Como la longitud del prefijo no se puede inferir sólo a partir de la dirección IP, los protocolos de enrutamiento deben transportar los prefijos hasta los enrutadores.



La capa de red de Internet

- Direcciones IP
 - Prefijos
 - La longitud del prefijo corresponde a una máscara binaria de 1s en la porción de red conocida como **máscara de subred**.
 - Se puede aplicar un AND a la máscara de subred con la dirección IP para extraer sólo la porción de la red.

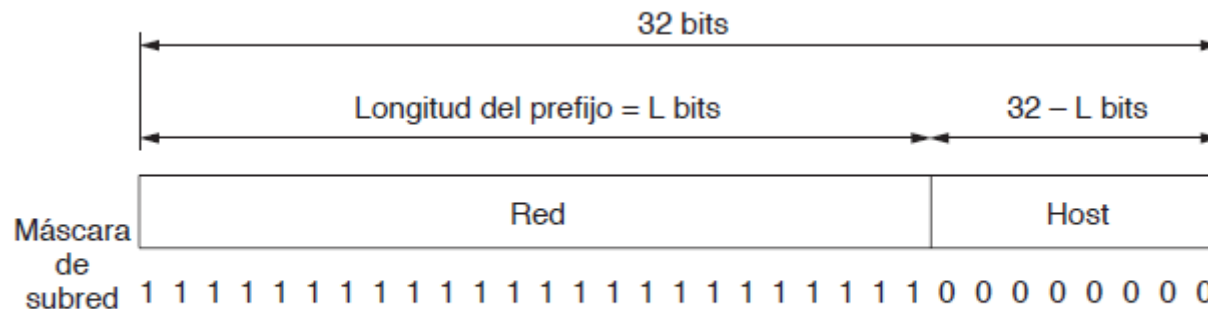


Figura 5-48. Un prefijo y una máscara de subred del protocolo IP.

La capa de red de Internet

- Direcciones IP

- Las direcciones jerárquicas tienen ventajas y desventajas.
- Ventaja (1) → los enrutadores pueden reenviar paquetes con base en la porción de red de la dirección, siempre y cuando cada una de las redes tenga un bloque de direcciones único.
- Ventaja (2) → el uso de una jerarquía le permite a Internet escalar.
- Desventaja (1) → la dirección IP de un host depende de su ubicación en la red. Cada dirección IP pertenece a una red específica, por lo que los enrutadores sólo podrán entregar paquetes destinados a esa dirección en la red.
- Desventaja (2) → la jerarquía desperdicia direcciones a menos que se administre con cuidado.



La capa de red de Internet

- Direcciones IP
 - Subredes
 - Para evitar conflictos, los números de red se administran a través de una corporación sin fines de lucro llamada ICANN (Corporación de Internet para la Asignación de Nombres y Números).
 - Esta corporación delega a varias autoridades regionales repartir las direcciones IP a los ISP y otras compañías.
 - Dividir el bloque de direcciones en varias partes para uso interno en forma de múltiples redes, pero actuar como una sola red para el mundo exterior. A estas partes de la red se les llama **subredes**.
 - Esta división no necesita ser uniforme, pero hay que alinear cada pieza de manera que se pueda usar cualquier bit en la porción inferior del host.



La capa de red de Internet

- Direcciones IP
 - Subredes

Ciencias Computacionales:	10000000	11010000	1 xxxxxxx	xxxxxxx
Ingeniería Eléctrica:	10000000	11010000	00 xxxxxx	xxxxxxx
Arte:	10000000	11010000	011 xxxxx	xxxxxxx

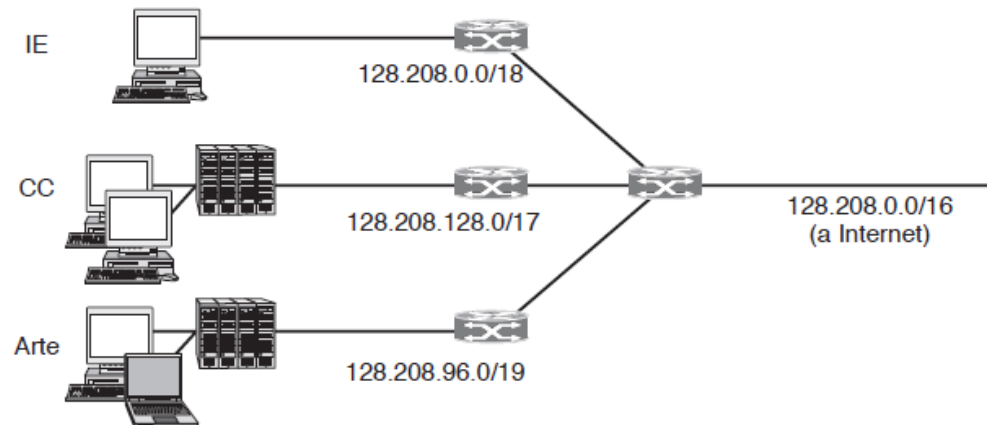


Figura 5-49. División de un prefijo IP en redes separadas mediante el uso de subredes.

La capa de red de Internet

- Direcciones IP
 - CIDR: Enrutamiento Inter-dominio sin Clases
 - En vez de dividir un bloque de direcciones en subredes, aquí combinamos varios prefijos pequeños en un solo prefijo más grande. A este proceso se le conoce como **agregación de rutas**. Al prefijo más grande resultante se le denomina **superred**.

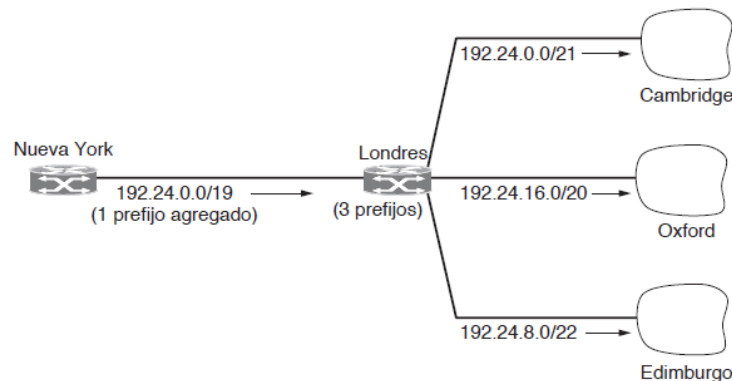


Figura 5-51. Agregación de prefijos IP.

La capa de red de Internet

- Direcciones IP
 - CIDR: Enrutamiento Inter-dominio sin Clases

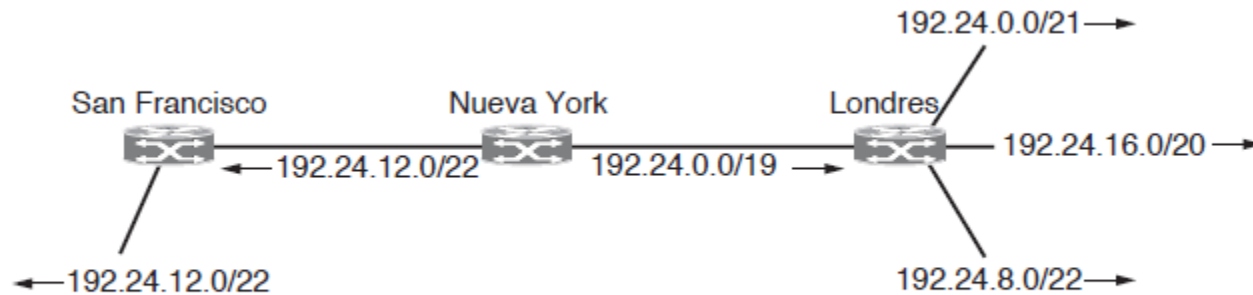


Figura 5-52. Enrutamiento del prefijo más largo coincidente en el enrutador de Nueva York.

La capa de red de Internet

- Direcciones IP
 - Direccionamiento con clases y especial
- Antes de 1993, las direcciones IP se dividían en las cinco categorías. Esta asignación se denominó direccionamiento con clases.

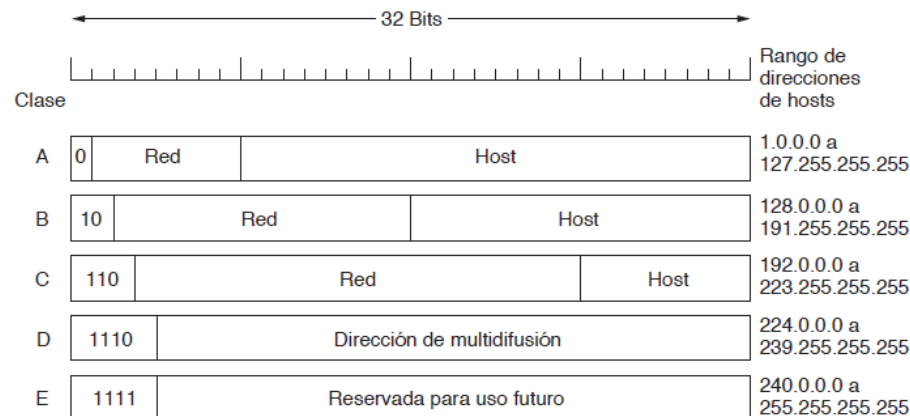


Figura 5-53. Formatos de direcciones IP.

La capa de red de Internet

- Direcciones IP
 - Direccionamiento con clases y especial
 - Éste es un diseño jerárquico, pero a diferencia de CIDR, los tamaños de los bloques de direcciones son fijos. Existen más de 2 000 millones de direcciones, pero al organizar el espacio de direcciones en clases se desperdician millones de ellas.
 - Para lidiar con estos problemas se introdujeron las subredes para asignar de manera flexible bloques de direcciones dentro de una organización. Después se agregó el CIDR para reducir el tamaño de la tabla de enrutamiento global.



La capa de red de Internet

- Direcciones IP
 - NAT: Traducción de Dirección de Red
 - El problema de quedarse sin direcciones IP está ocurriendo justo aquí y ahora. La solución a largo plazo es que toda la Internet migre a IPv6, que cuenta con direcciones de 128 bits.
 - Una medida paliativa es utilizar NAT → el ISP asigna a cada hogar o negocio una sola dirección IP (o varias) para el tráfico de Internet. Dentro de la red del cliente, cada computadora obtiene una dirección IP única privada. Justo antes de que un paquete salga de la red del cliente y vaya al ISP, la dirección IP única interna se traduce a la dirección IP pública compartida.



La capa de red de Internet

- Direcciones IP
 - NAT: Traducción de Dirección de Red
 - La traducción hace uso de los tres rangos de direcciones IP que se han declarado como privados.

10.0.0.0	– 10.255.255.255/8	(16,777,216 hosts)
172.16.0.0	– 172.31.255.255/12	(1,048,576 hosts)
192.168.0.0	– 192.168.255.255/16	(65,536 hosts)

La capa de red de Internet

- Direcciones IP
 - NAT: Traducción de Dirección de Red
 - Los puertos TCP, son enteros de 16 bits que indican dónde empieza y dónde acaba la conexión TCP. Estos puertos proporcionan el campo requerido para hacer que NAT funcione.
 - Cuando un proceso desea establecer una conexión TCP con un proceso remoto, se conecta a un puerto TCP sin usar en su propia máquina. Éste se conoce como **puerto de origen** y le indica al código TCP dónde enviar los paquetes entrantes que pertenecen a esta conexión. El proceso también proporciona un **puerto de destino** para indicar a quién se deben dar los paquetes en el lado remoto.



La capa de red de Internet

- Direcciones IP
 - NAT: Traducción de Dirección de Red

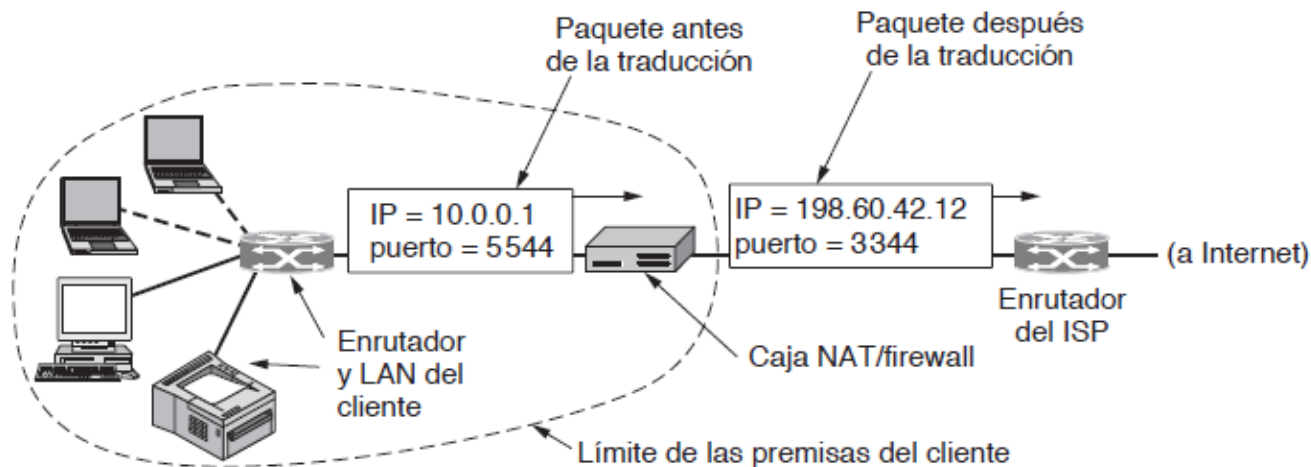


Figura 5-55. Colocación y funcionamiento de una caja NAT.

La capa de red de Internet

- Direcciones IP
 - NAT: Traducción de Dirección de Red
 - NAT viola el modelo arquitectónico de IP, el cual establece que cada dirección IP identifica a una sola máquina en forma única y a nivel mundial.
 - NAT quebranta el modelo de conectividad de extremo a extremo de Internet, que establece que cualquier host puede enviar un paquete a cualquier otro en cualquier momento dado.
 - NAT cambia a Internet de una red sin conexión a un tipo especial de red orientada a conexión.
 - NAT viola la regla más fundamental de los protocolos distribuidos en capas: la capa k no puede hacer ninguna suposición acerca de lo que la capa $k + 1$ ha puesto en el campo de carga útil.



La capa de red de Internet

- Direcciones IP
 - IP versión 6
- Objetivos:
 - Soportar miles de millones de hosts.
 - Reducir el tamaño de las tablas de enrutamiento.
 - Simplificar el protocolo para permitir a los enrutadores procesar los paquetes con más
 - rapidez.
 - Proporcionar mayor seguridad (autenticación y privacidad).
 - Poner más atención al tipo de servicio, en especial para los datos en tiempo real.
 - Ayudar a la multidifusión al permitir la especificación de alcances.
 - Permitir que un host deambule libremente sin tener que cambiar su dirección.
 - Permitir que el protocolo evolucione en el futuro.
 - Permitir que el protocolo viejo y el nuevo coexistan durante años.



La capa de red de Internet

- Direcciones IP
 - IP versión 6

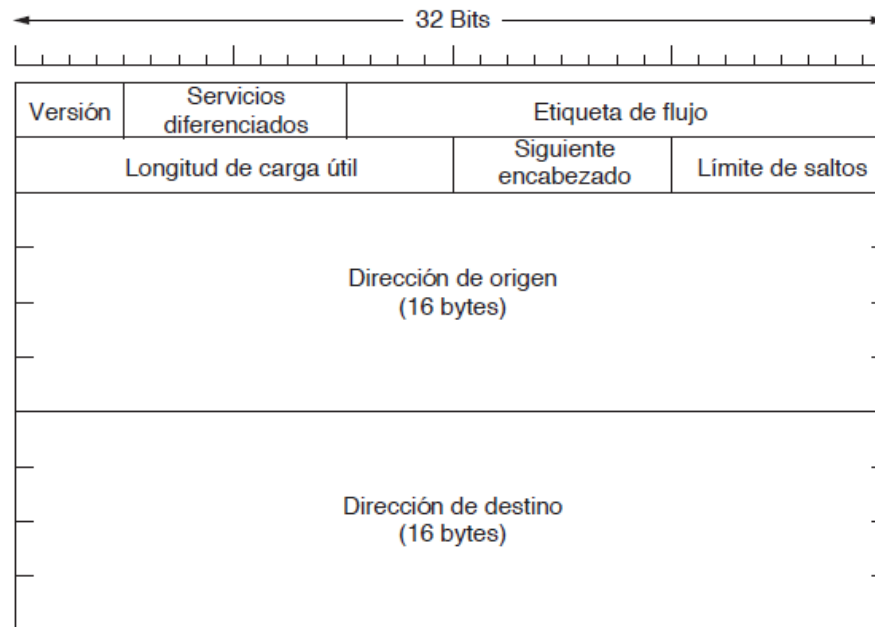


Figura 5-56. El encabezado fijo de IPv6 (requerido).

La capa de red de Internet

- Direcciones IP

- IP versión 6

- Nueva notación para escribir direcciones de 16 bytes, las cuales se escriben como ocho grupos de cuatro dígitos hexadecimales, separando los grupos por dos puntos:

8000:0000:0000:0000:0123:4567:89AB:CDEF

- Optimizaciones

- Se pueden omitir los ceros a la izquierda dentro de un grupo.

8000::123:4567:89AB:CDEF

- Las direcciones IPv4 se pueden escribir como un par de signos de dos puntos y un número decimal anterior separado por puntos

::192.31.20.46



La capa de red de Internet

- Protocolos de control en Internet
 - ICMP: Protocolo de Mensajes de Control en Internet
 - Los enrutadores supervisan muy de cerca el funcionamiento de Internet. Cuando ocurre algo inesperado durante el procesamiento de un paquete en un enrutador, ICMP (Protocolo de Mensajes de Control en Internet) informa sobre el evento al emisor.
 - Hay definidos alrededor de una docena de tipos de mensajes ICMP, cada uno de los cuales se transporta encapsulado en un paquete IP.



La capa de red de Internet

- Protocolos de control en Internet
 - ICMP: Protocolo de Mensajes de Control en Internet

Tipo de mensaje	Descripción
<i>Destination unreachable</i> (Destino inaccesible).	No se pudo entregar el paquete.
<i>Time exceeded</i> (Tiempo excedido).	El tiempo de vida llegó a cero.
<i>Parameter problem</i> (Problema de parámetros).	Campo de encabezado inválido.
<i>Source quench</i> (Fuente disminuida).	Paquete regulador.
<i>Redirect</i> (Redireccionar).	Enseña a un enrutador la geografía.
<i>Echo and echo reply</i> (Eco y respuesta de eco).	Verifica si una máquina está viva.
<i>Timestamp request/reply</i> (Estampa de tiempo, Petición/respuesta).	Igual que solicitud de eco, pero con marca de tiempo.
<i>Router advertisement/solicitation</i> (Enrutamiento anuncio/solicitud).	Busca un enrutador cercano.

Figura 5-60. Los principales tipos de mensajes ICMP.

La capa de red de Internet

- Protocolos de control en Internet
 - ARP: Protocolo de Resolución de Direcciones
- Aunque en Internet cada máquina tiene una o más direcciones IP, en realidad éstas no son suficientes para enviar paquetes. Las NIC (Tarjetas de Interfaz de Red) de la capa de enlace de datos no entienden las direcciones de Internet. En el caso de Ethernet, cada NIC de las que se hayan fabricado viene equipada con una dirección Ethernet única de 48 bits.
- Las NIC envían y reciben tramas basadas en direcciones Ethernet de 48 bits. No saben nada sobre direcciones IP de 32 bits.



La capa de red de Internet

- Protocolos de control en Internet
 - ARP: Protocolo de Resolución de Direcciones

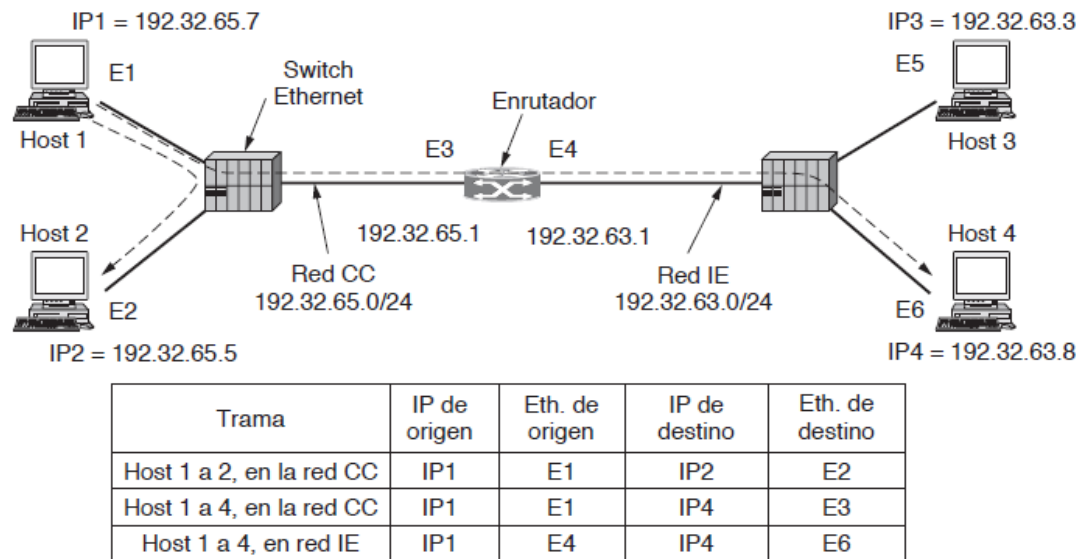


Figura 5-61. Dos redes LAN Ethernet conmutadas, unidas por un enrutador.

La capa de red de Internet

- Protocolos de control en Internet
 - DHCP: el Protocolo de Configuración Dinámica de Host
- Al iniciar una computadora, ésta tiene integrada una dirección Ethernet u otro tipo de dirección de capa de enlace de datos en la NIC, pero no cuenta con una dirección IP.
- En forma muy parecida al ARP, la computadora difunde una solicitud de una dirección IP en su red. Para ello usa un paquete llamado DHCP DISCOVER. Este paquete debe llegar al servidor DHCP. Si el servidor no está conectado directamente a la red, el enrutador se configurará para recibir difusiones DHCP y transmitirlos al servidor DHCP en donde quiera que se encuentre.
- Cuando el servidor recibe la solicitud, asigna una dirección IP libre y la envía al host en un paquete DHCP OFFER.



La capa de red de Internet

- Conmutación mediante etiquetas y MPLS
 - Es peligrosamente cercana a la tecnología de conmutación de circuitos.
 - MPLS agrega una etiqueta en frente de cada paquete; el reenvío se basa en la etiqueta en vez de la dirección de destino.
 - Al convertir la etiqueta en un índice de una tabla interna, sólo es cuestión de buscar en la tabla la línea de salida correcta. Mediante el uso de esta técnica, el reenvío se puede llevar a cabo con mucha rapidez.
 - El encabezado MPLS genérico tiene una longitud de 4 bytes y cuatro campos.



La capa de red de Internet

- Conmutación mediante etiquetas y MPLS

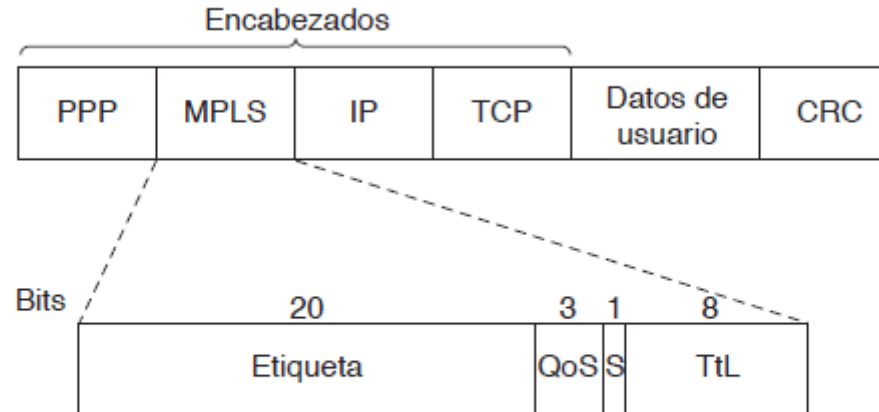


Figura 5-62. Transmisión de un segmento TCP mediante IP, MPLS y PPP.

La capa de red de Internet

- Conmutación mediante etiquetas y MPLS

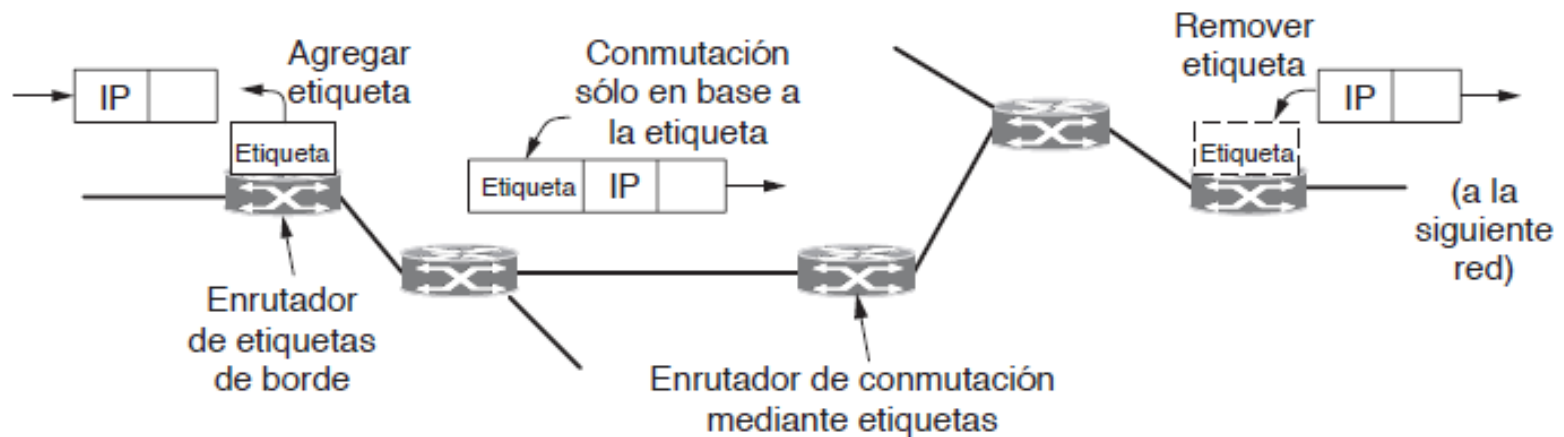


Figura 5-63. Reenvío de un paquete IP por medio de una red MPLS.

La capa de red de Internet

- OSPF: un protocolo de enrutamiento de puerta de enlace interior
 - Dentro de su propia red, una organización puede usar su propio algoritmo de enrutamiento interno, o enrutamiento intra-dominio.
 - Un protocolo de enrutamiento intra-dominio también se conoce como protocolo de puerta de enlace interior.
- OSPF (Abrir primero la ruta más corta) y IS-IS (Sistema Intermedio a Sistema Intermedio) son los protocolos de enrutamiento intra-dominio dominantes; la mayoría de los distribuidores ofrecen ahora soporte para ambos. OSPF se utiliza más en las redes de compañías; IS-IS se utiliza más en las redes de ISP.

La capa de red de Internet

- OSPF: un protocolo de enrutamiento de puerta de enlace interior

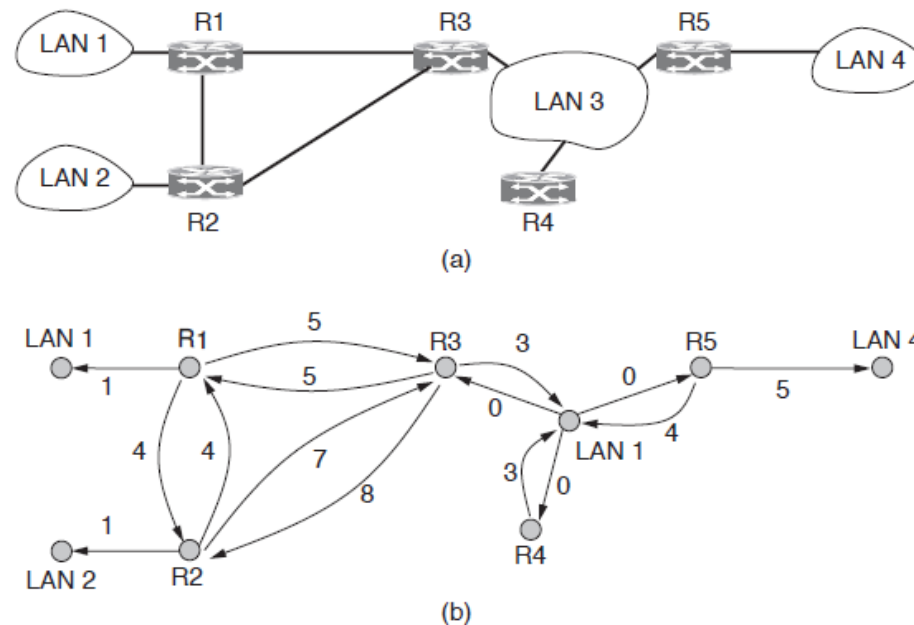


Figura 5-64. (a) Un sistema autónomo. (b) Una representación gráfica de (a).

La capa de red de Internet

- OSPF: un protocolo de enrutamiento de puerta de enlace interior
 - OSPF permite dividir un AS en áreas numeradas, en donde un área es una red o un conjunto de redes contiguas. Las áreas no se traslapan ni necesitan ser exhaustivas; es decir, algunos enrutadores no necesitan pertenecer a ningún área. Los enrutadores que están totalmente dentro de un área se llaman enrutadores internos. Un área es una generalización de una red individual. Fuera de un área, sus destinos son visibles pero su topología no. Esta característica ayuda a escalar el enrutamiento.
 - Cada AS tiene un área troncal (backbone area), llamada área 0. Los enrutadores en esta área se llaman enrutadores troncales (backbone routers).
 - Cada enrutador que se conecta a dos o más áreas se denomina enrutador de frontera de área. También debe formar parte de la red troncal.
 - El último tipo de enrutador es el enrutador de límite de AS. Éste inyecta en el área las rutas a destinos externos en otros sistemas autónomos.

La capa de red de Internet

- OSPF: un protocolo de enrutamiento de puerta de enlace interior

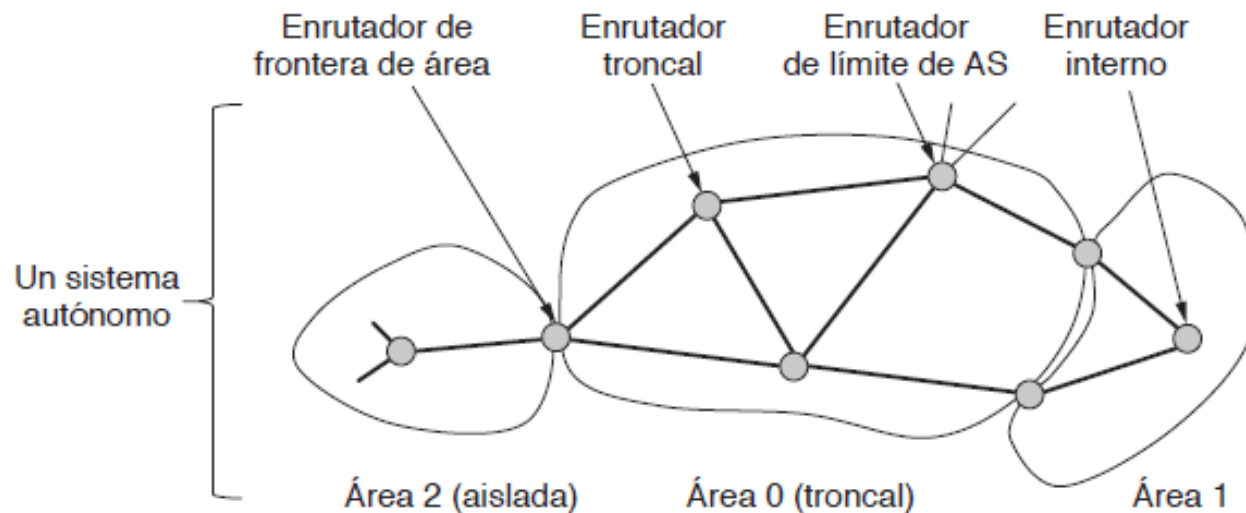


Figura 5-65. La relación entre sistemas autónomos, redes troncales y áreas en OSPF.

La capa de red de Internet

- OSPF: un protocolo de enrutamiento de puerta de enlace interior

Tipo de mensaje	Descripción
<i>Hello.</i>	Se utiliza para descubrir quiénes son los vecinos.
<i>Link state update.</i>	Proporciona los costos del emisor a sus vecinos.
<i>Link state ack.</i>	Confirma la recepción de la actualización del estado del enlace.
<i>Database description.</i>	Anuncia qué actualizaciones tiene el emisor.
<i>Link state request.</i>	Solicita información del socio.

Figura 5-66. Los cinco tipos de mensajes OSPF.

La capa de red de Internet

- BGP: el protocolo de enrutamiento de Puerta de Enlace Exterior
 - Los protocolos de enrutamiento inter-dominio tienen que preocuparse en gran manera por la política.
 - Estos protocolos se han diseñado para permitir que se implementen muchos tipos de políticas de enrutamiento en el tráfico entre sistemas autónomos.
 - Para implementar una política de enrutamiento hay que decidir qué tráfico puede fluir a través de cuáles enlaces entre los sistemas autónomos.

La capa de red de Internet

- BGP: el protocolo de enrutamiento de Puerta de Enlace Exterior

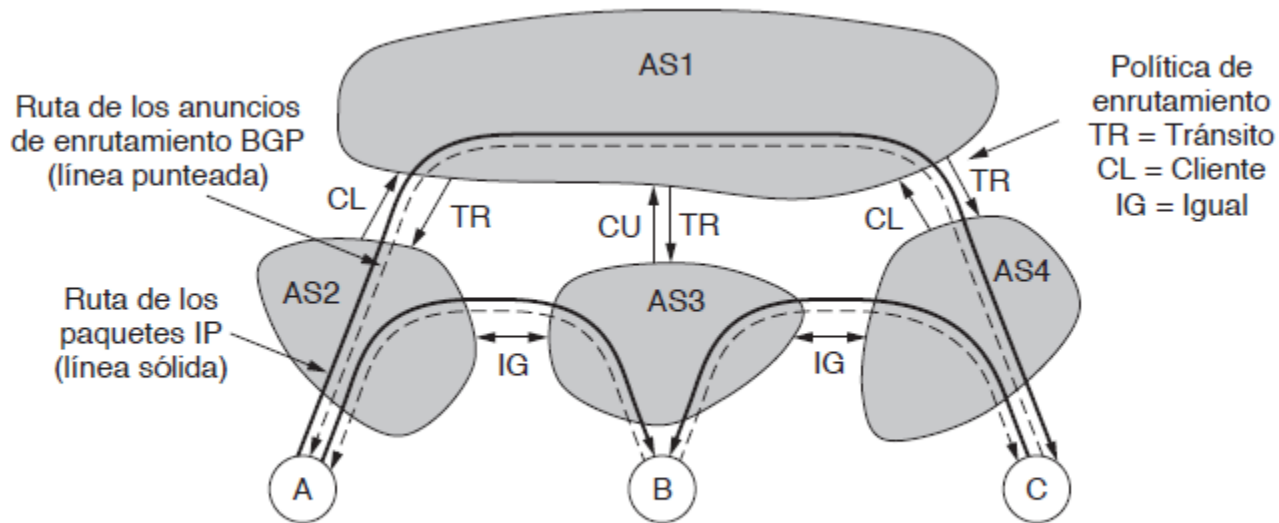


Figura 5-67. Políticas de enrutamiento entre cuatro sistemas autónomos.

La capa de red de Internet

- BGP: el protocolo de enrutamiento de Puerta de Enlace Exterior

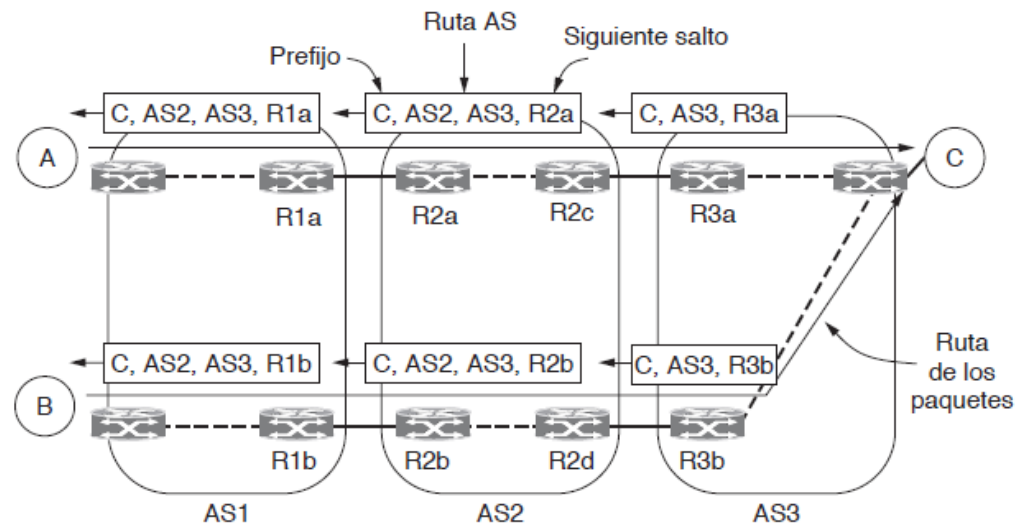


Figura 5-68. Propagación de los anuncios de rutas de BGP.

La capa de red de Internet

- Multidifusión de Internet

- Para algunas aplicaciones es útil que un proceso pueda enviar a una gran cantidad de receptores en forma simultánea.
- IP apoya la multidifusión, mediante el uso de direcciones IP clase D. Cada dirección clase D identifica a un grupo de hosts. Hay 28 bits disponibles para identificar a los grupos, de modo que pueden existir al mismo tiempo más de 250 millones de grupos.
- El rango de direcciones IP 224.0.0.0/24 está reservado para multidifusión en la red local. En este caso no se necesita un protocolo de enrutamiento. Para enviar los paquetes por multidifusión, simplemente se difunden en la LAN con una dirección de multidifusión. Todos los hosts en la LAN reciben las difusiones y los hosts que pertenecen al grupo procesan el paquete.



La capa de red de Internet

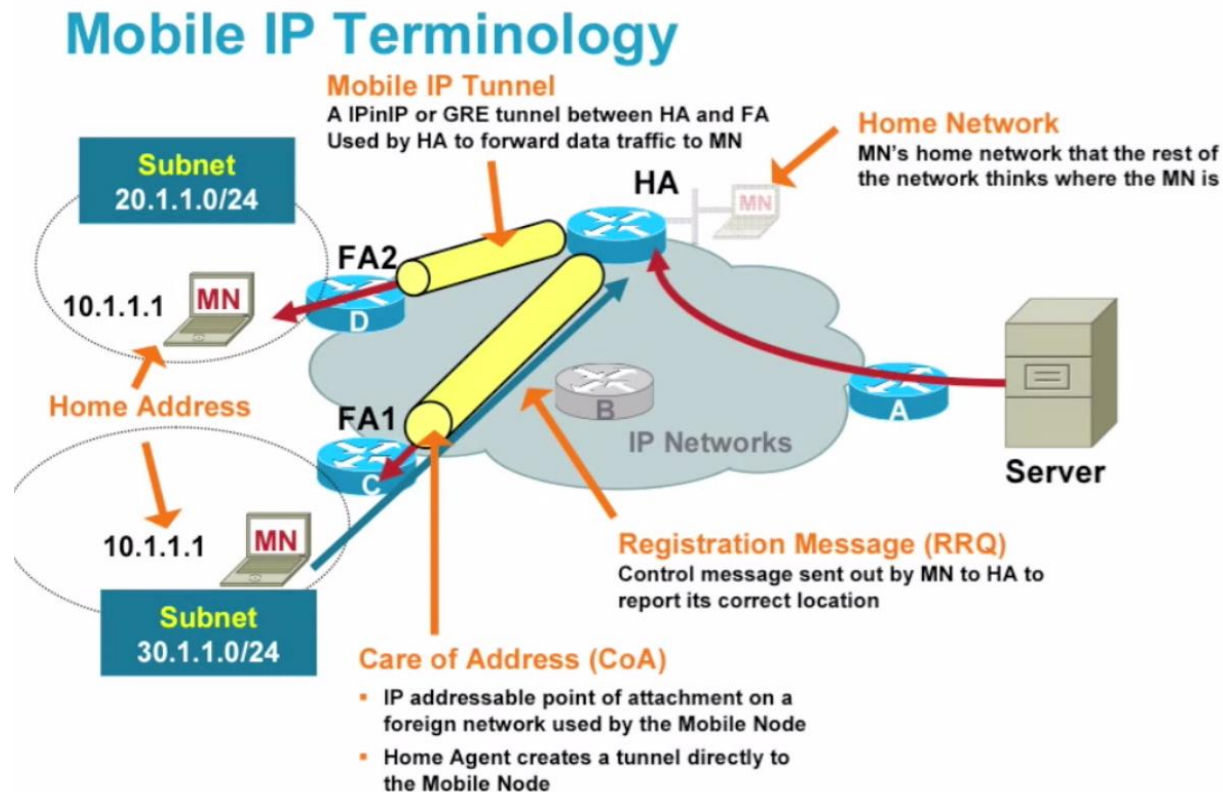
- Multidifusión de Internet

- Algunos ejemplos de direcciones de multidifusión locales son:
 - 224.0.0.1 → Todos los sistemas en una LAN.
 - 224.0.0.2 → Todos los enrutadores en una LAN.
 - 224.0.0.5 → Todos los enrutadores OSPF en una LAN.
 - 224.0.0.251 → Todos los servidores DNS en una LAN.
- Periódicamente, cada enrutador multidifusión envía un paquete de consulta a todos los hosts en su LAN y les pide que se reporten de vuelta a los grupos a los que pertenecen.
- Cada host envía respuestas de vuelta a todas las direcciones de clase D en las que está interesado.
- Estos paquetes de consulta y respuesta usan un protocolo llamado IGMP (Protocolo de Administración de Grupo de Internet).



La capa de red de Internet

- IP móvil



¡Gracias por su atención!



