

CAPÍTULO 5: EL NIVEL DE RED

- **Introducción.**
- **Organización interna del nivel de red.**
- **Funciones del nivel de red**

3.1. Encaminamiento

3.2. Control de la congestión

3.3. Direccionamiento

- **Interconexión de redes**
- **Protocolos de nivel de red TCP/IP**

5.1. Direccionamiento y encaminamiento: Protocolo IP

5.2. IP versión 6

5.3. ARP y RARP

5.4. Asignación dinámica de direcciones: DHCP

1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo se centra en el estudio de la conexión de una LAN a una WAN.

Si el nivel de enlace de datos juega un papel fundamental en redes de área local, el nivel de red es muy importante en redes de área extensa.

La función más importante que tiene que hacer el nivel de red consiste en decidir cuál es la mejor ruta de entre las posibles para enviar la información. Para poder realizar su trabajo convenientemente, la capa de red debe conocer la topología y seleccionar las mejores rutas a través de ella.

2. ORGANIZACIÓN INTERNA DEL NIVEL DE RED

Existen varios mecanismos básicos de comunicación que pueden clasificarse en 3 tipos:

- **Conmutación de circuitos:** es la técnica tradicional empleada en el sistema telefónico. Para transmitir información:
- Se establece una conexión, es decir se reserva una ruta de la red para uso exclusivo de esa transmisión.
- La información circula toda junta por ese camino y cuando ya no hay nada que transmitir, es necesario liberar esa conexión.

El inconveniente es que consume los mismos recursos de la red con independencia de la cantidad de información enviada.

- **Conmutación de mensajes:** Consiste en que el mensaje completo va pasando de un nodo a otro de la red sin que se establezca ninguna conexión ni se reserven rutas con anticipación. Cada vez que el mensaje llega a un nodo (router), este decide cual es el mejor camino y lo manda al siguiente.

Este método es más adecuado para datos informáticos, mientras que el anterior se emplea en comunicaciones orales.

Esta técnica permite una mejor utilización de los recursos de la red.

- **Conmutación de paquetes:** Se considera la más adecuada para transmisión de datos. Consiste en que el mensaje a transmitir se divide en bloques pequeños que son enviados por la red sin establecimiento de conexión. Cada uno de esos fragmentos puede recorrer diferentes rutas y aunque pueden llegar desordenados, si se produce algún fallo el mensaje nunca se pierde por completo.

3. FUNCIONES DEL NIVEL DE RED

- **Encaminamiento**

El encaminamiento consiste en decidir cuál es la mejor ruta que tiene que seguir la información hasta llegar a su destino, esta decisión se toma de acuerdo a tres parámetros fundamentales de la red que son:

- Distancia
- Nivel de congestión
- Capacidad de cada uno de los enlaces.

Dada la dificultad que conlleva el calcular estos parámetros la decisión de obtener la mejor ruta se realiza con valores aproximados o estimados de estos parámetros. La decisión de cuál es la mejor ruta se puede tomar de antemano en el equipo de origen o se puede ir decidiendo sobre la marcha en cada uno de los puntos intermedios.

Existen gran variedad de algoritmos de encaminamiento, por ejemplo:

1. **Algoritmo de inundación:** Cada vez que llega un mensaje a un nodo intermedio éste lo envía por todos los enlaces menos por el que llegó.

Este método es muy sencillo ya que cada equipo de la red no tiene que conocer la topología ni el nivel de congestión ni la capacidad de los enlaces, y además siempre encuentra la mejor ruta, que es la que siguió el primer mensaje que llegó a su destino.

Sin embargo tiene el inconveniente de que satura mucho la red con mensajes duplicados. Para evitar esto se incluye en cada mensaje un contador de saltos, que se decrementa en una unidad cada vez que el mensaje llega a un equipo, cuando este contador es cero el mensaje se destruye. De esta forma se consigue paliar un poco el problema de saturación de la red, aunque no totalmente, por lo que se trata de un protocolo poco utilizado en la práctica.

2. **Algoritmo Estático-Fijo:** Se basa en calcular cuál es la mejor ruta entre todos los orígenes y destinos posibles y almacenar esas rutas en una base de datos llamada tabla de encaminamiento (tabla de enrutamiento).

Cuando un equipo tiene que enviar información a otro equipo situado en una red diferente, utiliza esa tabla de encaminamiento para consultar por donde tiene que enviar esa información. Este algoritmo se llama estático-fijo porque la tabla de encaminamiento no cambia una vez que se ha construido, por esta razón este algoritmo no se adapta a los cambios que sufre la red en cuanto a los problemas de saturación o de mal funcionamiento que puedan tener los enlaces.

Ejemplo: Los números en los enlaces identifican los costes de las conexiones. Se considera que cuanto menor sea el valor del enlace, mayor será la velocidad de transmisión.

1

2

2

3

3

1

4

2

Nodo destino

Nodo Fuente	A	B	C	D	E	F	G
A	X	B	B	D	B	B	B
B	A	X	C	A	E	E	E
C	B	B	X	D	B	G	G
D	A	A	C	X	A	C	C
E	B	B	B	B	X	F	F
F	E	E	G	G	E	X	G
G	F	F	C	C	F	F	X

♦ Control de la congestión

La congestión es el fenómeno que se produce cuando se concentra gran cantidad de tráfico (paquetes) en una zona determinada de la red.

El protocolo de encaminamiento guarda una relación muy estrecha con el control de la congestión, ya que si este protocolo selecciona siempre las mismas rutas para enviar la información, puede ocurrir que esas rutas se vean saturadas de tráfico.

En una red cada nodo necesita un intervalo de tiempo mayor que cero para procesar los paquetes que llegan, dirigiéndolos hacia la mejor ruta. Puede ocurrir que llegue un nuevo paquete mientras se está procesando otro, por lo tanto debe existir algún mecanismo o almacén “temporal” (memoria) que impida la pérdida de información en esos casos.

Si el almacén temporal tuviera un tamaño infinito, el retardo de los paquetes, desde que entran hasta que salen, podría llegar a ser infinito. En condiciones reales, el almacén se llena y habrá que adoptar medidas con los nuevos paquetes que van llegando.

♦ Direccionamiento

A nivel de red también se establecen direcciones únicas para los equipos como también se hace a nivel de enlace de datos.

A primera vista esta situación podría parecer un poco contradictoria, ya que no resulta lógico identificar un ordenador utilizando dos direcciones distintas. Sin embargo esto es así ya que la función que cumplen estas direcciones es distinta.

- ◊ Las direcciones del nivel de enlace de datos, “Direcciones físicas”: se utilizan para identificar a los equipos que están conectados a un mismo medio de difusión; de esta forma se establece en cada mensaje cuál es el destinatario.
- ◊ Las direcciones de nivel de red, “Direcciones Lógicas”: tienen la función de facilitar la tarea del encaminamiento, incluyendo información acerca de donde se encuentra el destinatario y como llegar a él. Si el equipo se cambia de lugar en la red lo normal es que cambie su dirección de red, ya que ahora la ruta para llegar hasta él va a ser distinta.

4. INTERCONEXIÓN DE REDES

Otras de las funciones a realizar por el nivel de red consiste en la adaptación que debe realizarse cuando las máquinas origen y destino se encuentran en distintas redes y utilizan diferentes protocolos.

El dispositivo que se utiliza para interconectar redes diferentes es el **encaminador (router)**. Este dispositivo tiene instalados los protocolos de nivel físico, nivel de enlace de datos y nivel de red de las redes que conecta. Sus funciones principales son:

- Se encarga de conectar dos redes distintas, es decir dos redes que tienen distintos protocolos de nivel físico, nivel de enlace de datos y nivel de red.
- También se encarga de decidir cuál es la mejor ruta para alcanzar el destinatario.

Para poder realizar esta última función al recibir un paquete, debe extraer de este la dirección del destinatario y decidir cual es la mejor ruta a partir del algoritmo y tabla de encaminamiento que utilice.

Al funcionar en un nivel superior al del conmutador, el encaminador hace una decisión mas inteligente que el conmutador, en el momento de reenviar los paquetes. Entre las cuestiones que un encaminador tiene en cuenta para enviar la información tenemos:

- Numero de saltos o nodos intermedios hasta el destino.
- Velocidad de transmisión máxima de los enlaces.
- Coste de las transmisiones.
- Condiciones del trafico en los enlaces.

Ejemplo: Varias LANs con acceso a Internet a través de un encaminador. Todas las estaciones deberán configurarse para dirigir todos sus paquetes hacia el encaminador cada vez que quieran enviar información hacia el exterior. El encaminador puede conectar con RDSI, ADSL, RTC,

El encaminador proporciona seguridad a través de sofisticados filtros de paquetes (cortafuegos o firewalls). El encaminador dispone de rutinas que permiten configurar las conexiones de los usuarios de una LAN con el exterior, indicando si pueden pasar paquetes desde el exterior, las conexiones remotas con las que no esta permitido comunicarse, ...

Puesto que un encaminador opera en la capa de red de la arquitectura, puede ejecutar funciones de enlace de datos. Esto significa que se puede usar tanto un conmutador (o puente) como un encaminador para segmentar una LAN. Para decidir cual de ellos instalar, la selección optima tendrá en cuenta los siguientes criterios:

- Si se requiere soporte para rutas alternativas, envío inteligente de paquetes, control de la seguridad o acceso a una red área extensa, se debe utilizar un encaminador.
- Si se necesita incrementar ancho de banda para descongestionar el tráfico, un conmutador será la mejor elección, ya que procesan y envían los mensajes a mayor velocidad (el encaminador introduce retardos debido al algoritmo de encaminamiento que utiliza)

5. PROTOCOLO DE NIVEL DE RED TCP/IP

5.1. Direccionamiento y encaminamiento: Protocolo IP

Las direcciones de Internet a nivel de red están basadas en la estructura básica que tiene esta red. Internet es una red que tiene una estructura irregular, pero que podemos decir que está formada por distintas redes más pequeñas que están conectadas unas con otras. Por lo tanto para situar un equipo dentro de Internet, podemos hacerlo indicando en primer lugar en que red se encuentra, por lo tanto las direcciones de Internet en su formato más básico están formadas por dos campos:

- Identificador o número de red
- Identificador o número de equipo dentro de esa red

De esta forma mirando solamente la dirección de un equipo podemos saber en que red se encuentra. Evidentemente si el equipo se cambia de lugar y se conecta a otra red entonces habrá que cambiar su dirección, por el número de la nueva red.

El protocolo más importante que permite que los paquetes sean enviados correctamente a través de gran cantidad de redes heterogéneas es el **protocolo IP “Protocolo de Internet”** que establece el direccionamiento a este nivel y define el formato de los paquetes que se transmiten.

Las características del protocolo IP son:

- No orientado a la conexión.
- No fiable: por lo tanto el control de errores debe realizarse en niveles superiores.

Aunque no se vea la estructura completa de un paquete IP, si mencionaremos que está formado por una cabecera donde se incluyen las direcciones origen y destino, un bloque de datos y un campo de fin.

Las direcciones IP tienen tamaño fijo de 32 bits (en la versión 4 del protocolo). Estas direcciones se pueden especificar directamente en binario, aunque resulta más cómodo utilizar la notación decimal. Para pasar una dirección de binario a decimal:

- Se separan en 4 bloques de 8 dígitos.
- Se convierte cada bloque a decimal por separado.

Ejercicio 1: Una dirección IP está formada, por un número de 32 bits como, por ejemplo, la siguiente:

10001111010101100011110101100001

Obtener la dirección IP correspondiente en decimal.

Ejercicio 2: Pasar la siguiente dirección IP de decimal a binario. 192.168.0.48

Puesto que no pueden existir 2 estaciones de la red que tengan la misma dirección IP, con este método se pueden nombrar 232 direcciones diferentes, aunque como se verá más adelante, no se pueden usar todas, ya

que parte de esos bits se utilizan para identificar a la red.

Cuando se diseñó este método se consideró que esta cantidad era suficiente para el ritmo de crecimiento esperado de Internet. Hoy en día se ha llegado al límite y las direcciones IP se han agotado.

Una dirección IP consta de varios campos:

- Identificador: que indica el tipo de dirección.
- N° de red.
- N° de estación dentro de esta.

CLASES DE DIRECCIONES IP

Clase IP	Identificador	N° de red	N° de estación
A	0	7 bits	24 bits
B	10	14 bits	16 bits
C	110	21 bits	8 bits

Rangos de direcciones para las clases de Ip

Clase IP	Rango	N° de redes	N° de estaciones
A	1.0.0.0 - 127.255.255.255	27 - 1	224
B	128.0.0.0 - 191.255.255.255	214 - 1	216
C	192.0.0.0 - 223.255.255.255	221 - 1	28

La clasificación anterior permite que exista una gran cantidad de redes con un número pequeño de estaciones (clase C) y redes con un número muy grande de estaciones (clase A).

Ejercicio 3: Dadas las siguientes direcciones indicar a clase pertenecen e indicar de que 2 formas posibles puedes resolver el ejercicio:

a) 10.55.250.122 b) 201.68.99.158 c) 188.199.0.58

Las direcciones IP se configuran manualmente en las estaciones y es el NIC “**Centro de información de la red**” la institución encargada de asignar las direcciones de Internet, para impedir duplicados. Se asignan direcciones de “clase A” a grandes redes (con muchas estaciones), mientras que se dejan las de “clase C” a pequeñas redes.

Ejemplo: Supongamos que tenemos una LAN conectada a Internet mediante un encaminador y solicitamos al NIC una dirección IP para numerar las estaciones. Esta dirección será de clase C ya que no se prevé que la red se amplíe a más de 200 estaciones. El NIC da respuesta a nuestra solicitud asignándonos la siguiente dirección IP: 192.118.64.0

Esta IP es una dirección de red, es decir, indica cuál es el número de nuestra red ya que el número de estación tiene el valor 0. A partir de esta, deberemos numerar las estaciones de la red, comenzando siempre por la número 1.

Estación N° Dirección IP Dirección IP en binario

1 192.118.64.1 11000000.01110110.01000000.00000001

.....

253

254

La dirección 192.168.64.255 se utiliza para enviar un paquete a todas las estaciones de la red (difusión).

¿Por lo tanto cuántas estaciones podemos conectar como máximo en esta red?

Si se espera que la red crezca a un número de estaciones muy elevado, entonces se solicita al NIC una dirección IP de clase A o B.

Una **dirección reservada** es una dirección que no se puede asignar a ningún ordenador. Algunas de ellas son:

- **0.0.0.0** se usa como dirección de arranque del ordenador hasta que se carga completa la carga del sistema operativo, pero no se usa después.
- **De 127.0.0.1** se reserva para especificar la estación actual, de forma que puede referirse a ella cuando se desea especificar el ordenador local, al igual que podrá utilizarse la dirección IP asignada.
- Todas las **direcciones** con número de estación **todo a ceros en binario**: esta reservada porque esa es la dirección de la red, de toda esa red.
- Todas las **direcciones** con número de estación **todo a unos en binario**: Son direcciones de difusión de la red (cuando se envía un mensaje de difusión por esta red, el mensaje lo reciben todos los equipos de esa red).
- Direcciones reservadas para cada tipo de clase en el protocolo IP:

Clase A: 10.0.0.0

Clase B: 172.16.0.0 a 172.31.0.0

Clase C: 192.168.0.0 a 192.168.255.0

Las direcciones reservadas de cada clase pueden ser utilizadas a la vez por distintas redes locales. El encaminador sustituye las direcciones origen y destino de los equipos de la red interna por la dirección externa del dispositivo (ya que es una dirección válida en el exterior de la red) de forma que las direcciones internas de la LAN quedan ocultas al exterior y viceversa.

Actualmente a las clases de direcciones IP también se les conoce por:

- “/8”, clase A.
- “/16”, clase B
- “/24”, clase C

Ejemplo:

118.64.248.86/8 129.0.186.63/16 221.118.7.19/24

Ejemplo: Supongamos que tenemos 2 LAN, con las siguientes direcciones 192.64.126.0 y 216.89.3.0. Si

utilizamos un encaminador para interconectarlas, este tendrá 2 direcciones IP diferentes (una para cada red que conecta). Cada una de esas direcciones será del tipo correspondiente a la LAN. La figura muestra un ejemplo de asignación de IPs

Los encaminadores tendrán tantas direcciones como redes interconecten, lo cual dependerá del número de puertos de que dispongan. Ninguna estación ni ningún puerto pueden tener asignada más de una dirección IP.

Funcionamiento de los encaminadores

Los routers disponen de una tabla con los posibles destinos. En cada fila de esta se especifica:

- La dirección de las redes a las que se puede llegar (destinos).
- La dirección IP del puerto del encaminador por el que debe salir el mensaje.
- El número de encaminadores intermedios que es necesario atravesar (saltos)

Estas tablas las utiliza el protocolo RIP “Protocolo de información de enrutamiento” y se actualizan dinámicamente mediante el envío de información entre los encaminadores.

En una tabla de enrutamiento pueden aparecer más de una entrada con la misma dirección IP de red destino, y esta situación se da cuando existen varias rutas distintas que alcanzan ese mismo destino.

La tabla de enrutamiento del ejercicio anterior sería:

Red Destino	Siguiente	Saltos
216.89.3.0	216.89.3.1	0
192.64.126.0	192.64.126.1	0

Ejemplo: Asigna las direcciones IP correspondientes y realiza las tablas de enrutamiento de los routers.

Tabla Router A

Red Destino	Siguiente	Saltos
216.89.3.0	216.89.3.1	0
198.64.126.0	198.64.126.4	0
188.119.0.0	198.64.126.3	1
default	198.64.126.1	1

Observese que:

- La entrada por defecto (default) indica que para el resto de direcciones que no pertenezcan a las redes anteriores el encaminador deberá enviar los paquetes al dispositivo cuya dirección IP es 198.64.126.1.
- Si el destino es directamente accesible (está en la misma red que el propio encaminador), el valor del número de saltos es 0 y no es necesario especificar la dirección del siguiente dispositivo.
- Si la red destino no es directamente alcanzable, en la correspondiente entrada de la tabla se especifica la dirección IP del puerto del siguiente encaminador.
- En las tablas de enrutamiento no aparecen direcciones de estaciones destinatarias, sino solamente de redes destinatarias, en cada red local ya se encarga el dispositivo de interconexión utilizado de encaminar el paquete. Esta característica hace que en el ejemplo cada tabla tenga solamente 3

entradas en vez de las 5 necesarias para especificar todos los posibles equipos de destino

Tabla Router B Tabla de Router C

Red Destino	Siguiente	Salto
216.89.3.0		
198.64.126.0		
188.119.0.0		
default		
Red Destino	Siguiente	Salto
216.89.3.0		
198.64.126.0		
188.119.0.0		
default		

Mascara de red

Cuando un encaminador recibe un paquete, toma la direcci3n IP de la estaci3n destinataria, pone a cero todos los bits que identifican a las estaciones y la compara con las entradas disponibles en su tabla. As3 sabe si el destino esta en la misma red o es necesario enviar el paquete a otro encaminador.

Cuando un encaminador desea poner a cero todos los bits que identifican a las estaciones para obtener la direcci3n de red, debe utilizar la mascara de red.

La mascara de red consiste en una especie de direcci3n que tiene todo unos en los bits que identifican a la red y todo a ceros en los bits que identifican a los equipos.

Clase	M3scara
A	255.0.0.0
B	255.255.0.0
C	255.255.255.0

La mascara de red permite obtener la direcci3n de red de una direcci3n IP de un equipo, realizando una operaci3n l3gica “and” de la direcci3n IP con su mascara correspondiente.

Ejemplo: 32.16.128.8

00100000.00010000.10000000.00001000

11111111.00000000.00000000.00000000

00100000.00000000.00000000.00000000 = 32.0.0.0 Direcci3n de red de clase A

Ejercicio 4: Obt3n las direcciones de red de las siguientes direcciones de host utilizando las mascarar correspondientes.

- 193.145.38.253
- 110.45.255.34
- 135.220.255.7

Subredes

Una subred es la divisi3n de una direcci3n de clase A, B o C en direcciones de subred mas peque±as. Esta modificaci3n se introdujo debido a la aparici3n de 2 problemas graves conforme Internet crecía:

- Las tablas de encaminamiento de los nodos estaban empezando a crecer.
- Cada vez que a un administrador de red se le quedaba peque±a la direcci3n IP de red, debía solicitar otra nueva al NIC antes de conectar la Lan con las nuevas estaciones.

La soluci3n a estos problemas consiste en crear otro nivel en la jerarquía de direcciones IP, de forma que se pueden utilizar 3 niveles para nombrar un equipo:

- N o de red.
- N o de subred.
- N o de estaci3n.

Los bits de la subred son bits que corresponden inicialmente a los equipos, de forma que desde el exterior los encaminadores creen que se trata de una única red sin subredes.

LAN

La divisi3n en subredes permite que las LAN puedan disponer, por ejemplo, de una sola direcci3n IP de clase B en lugar de varias de clase C o una sola direcci3n de clase A en lugar de varias de clase B, manteniendo las subredes internas. Fuera de la red, la estructura no es visible, por lo que una nueva subred no requiere comunicaci3n con el NIC ni la modificaci3n de tablas externas.

Desde el exterior todas las subredes de la organizaci3n se ven como una única red con una sola direcci3n IP, de forma que los router del exterior reducen sus tablas. Cuando tiene que enviar un paquete a una estaci3n que esta en una subred, se limita a enviarlo al encaminador que comunica la LAN, que es el que realmente debe conocer la estructura interna.

La siguiente figura muestra gráficamente la divisi3n en 3 niveles jerárquicos de una direcci3n IP.

Prefijo (tipo + n�o de red)	N�o de estaci3n
-----------------------------	-----------------

Jerarquía en 2 niveles:

Jerarquía en 3 niveles:

Prefijo (tipo + n�o de red)	N�o de Subred	N�o de estaci3n
-----------------------------	---------------	-----------------

Cuando se utilizan subredes, al conjunto formado por el prefijo de red y al numero de subred se le llama **prefijo de red extendido**.

Ejemplo: Supongamos que tenemos varias subredes conectadas todas ellas a un encaminador para acceso a Internet. En estas condiciones, para numerar las estaciones se pueden utilizar varias direcciones IP de clase C o una sola direcci3n IP de clase B que utiliza subredes.

Primer caso: “Direcciones Ip de clase C” El router externo conectado a C debe conocer todas las direcciones IP de clase C de esa parte de la red para dirigir all  los paquetes.

En caso de que el administrador de la red necesite instalar una nueva subred, deberá solicitar una nueva direcci3n IP de clase C. Algunas de las entradas de la tabla de encaminamiento de ese nodo externo son:

Red Destino	Siguiente	Salto
210.0.64.0	23.210.86.19	3
218.46.169.0	23.210.86.19	2
194.118.240.0	23.210.86.19	2
223.255.15.0	23.210.86.19	1

El encaminador externo conectado al router C aplica la mascara **255.255.255.0**.

Segundo caso: “Una sola direcci3n IP de clase B que utiliza subredes” si el administrador de esa red desea instalar una nueva subred, solo tendr3 que utilizar un nuevo numero de subred. Adem3s los nodos encaminadores externos solamente se referir3n a toda esa red con un 3nico n3mero, es decir, una 3nica entrada en su tabla de encaminamiento. Por lo tanto, todas las entradas anteriores del encaminador externo se reducen a una sola:

Red Destino	Siguiente	Salto
183.67.0.0	23.210.86.19	1

El encaminador externo conectado al router C aplica la mascara **255.255.0.0**. Solo los encaminadores de la red interna utilizan la mascara de subred, ya que el resto de encaminadores externos no conocen esta division, por lo tanto aplican la mascara de red correspondiente a la clase.

La mascara de subred utilizada por los router A, B y C es:

- La direcci3n de la red es 183.67.0.0 / 18
- Se han utilizado 16 bits para identificar a la red.
- Se han utilizado 2 bits para identificar a la subred
- Se han utilizado 14 bits para identificar a los host.

Ejercicios:

- Dadas las siguientes direcciones Ip identifica el n3 bits utilizados para la red, subred y host, mascara de subred, direcci3n de subred a la que pertenece cada host y posibles subredes .
- 10.248.63.11/10
- 192.168.12.144/27
- Seg3n las siguientes m3scaras de subred, 3cual es el m3ximo n3mero de HOST por subred?:
- 255.255.240.0:

b) 255.252.0.0:

- Calcular la direcci3n de red, direcci3n de difusi3n, clase, y mascara a partir de las siguientes direcciones IP:

Direcci3n	Clase	Mascara	Red	Difusi3n
18.120.16.250				
155.4.220.39				
194.209.14.33				
190.33.109.133				

- Calcular la direcci3n de red y difusi3n de equipos con las siguientes direcciones IP y mascarar de subred:

Dirección IP	Máscara Subred	Clase	Direc. subred	Difusión
190.33.109.133	255.255.128.0			
192.168.20.25	255.255.255.240			
192.168.20.25	255.255.255.224			
192.168.20.25	255.255.255.192			
140.190.20.10	255.255.192.0			

- A partir de la dirección de red 131.107.0.0 indica el número de subredes y la dirección de subred correspondiente según las siguientes condiciones:
- Se aplica el prefijo de red extendido /19
- Se aplica la máscara de subred 255.255.128.0
- Indica en el ejercicio anterior las direcciones de difusión del apartado a)

En la última subred si enviamos un msj de difusión llegarán a todos los equipos de la red.

- Identifica los siguientes tipos de direcciones IP: dirección de red, dirección de subred, mensaje de difusión de subred mensaje de difusión de red, dirección de host de una red, dirección de host en una determinada subred. En el caso de que hay subredes, indica a la subred a la que pertenecen.
- 152.34.130.45 /17
- 210.10.49.63 /26
- 186.16.72.0 /21
- 198.25.0.255
- 24.0.255.255
- 129. 45.255.255 /20
- 100.241.12.0 /12
- 80.15.255.255 /13
- 80.15.255.255
- 80.15.255.255 /10
- 145.0.34.0 /22

45.0.32.0

- Según el siguiente esquema de redes se pide:
- Asignar las direcciones IP que faltan, teniendo en cuenta que la máscara será 255.255.255.0.
- Realizar las tablas de enrutamiento correspondientes.

LAN 192.168.20.0

LAN 192.168.45.0

LAN 192.168.18.0

LAN 192.168.23.0

En las tablas de enrutamiento la red destino por defecto (default), solo se contempla cuando en el esquema de red alguno de los router da paso a una red externa

R1 R2

Red destino	Siguiente	Saltos
192.168.20.0		

192.168.18.0		
192.168.45.0		
192.168.23.0		
Red destino	Siguiente	Saltos
192.168.20.0		
192.168.18.0		
192.168.45.0		
192.168.23.0		

R3 R4

Red destino	Siguiente	Saltos
192.168.20.0		
192.168.18.0		
192.168.45.0		
192.168.23.0		
Red destino	Siguiente	Saltos
192.168.20.0		
192.168.18.0		
192.168.45.0		
192.168.23.0		

- Atendiendo al siguiente esquema de red:
- Asignar las correspondientes direcciones IP tanto a los equipos como a los puertos de los router.
- Para realizar las tablas de encaminamiento estableceremos las siguientes restricciones. La mascara es 255.255.255.0

- El Host A no puede hablar con el Host D.

♦ El Host C solo se comunica con A y con D

♦ El host D puede hablar con todos menos con A

192.168.3.0 LAN 192.168.9.0

LAN 192.168.7.0

- Disponemos de varias subredes conectadas a un router para acceso a internet. Indica :
- ¿Qué clase de direccion debes solicitar al NIC para satisfacer las necesidades del siguiente esquema en red?
- Indica los bits que has utilizado para crear subredes y la mascara de subred.
- ¿Cuántas subredes puedes utilizar para evitar confusiones?, ¿Por qué?
- ¿Cuántos HOST como máximo puede tener cada subred?
- Asigna las direcciones Ip necesarias en el siguiente esquema.
- Realiza las tablas de enrutamiento.
- ¿Cuál seria la tabla de enrutamiento del router externo?

11. Supongamos que disponemos de una red local conectada a Internet y queremos realizar la asignación de direcciones IP. Nos ponemos en contacto con el NIC (centro de información de la red), el cual nos contesta con una dirección de red clase B 186.16.0.0

Nuestra red está formada por 9 subredes, el número máximo de estaciones en cada una de ellas es 1200. Se pide:

- Determinar el número de bits requeridos para direccionar las subredes y los host.
- Determinar el prefijo de red, el prefijo de red extendido y la máscara de subred.
- Definir las direcciones IP de las subredes.
- Indicar los rangos de direcciones de host libres y asignados para las subredes 4 y 6
- Indicar las direcciones de difusión para cada subred.

12. Supongamos que disponemos de una red local conectada a Internet y queremos realizar la asignación de direcciones IP. Nos ponemos en contacto con el NIC (centro de información de la red), el cual nos contesta con una dirección de red clase C 193.1.38.0

Nuestra red está formada por 6 subredes, el número máximo de estaciones en cada una de ellas es 25. Se pide:

- Determinar el número de bits requeridos para direccionar las subredes y los host.
- Determinar el prefijo de red, el prefijo de red extendido y la máscara de subred.
- Definir las direcciones IP de las subredes.
- Indicar los rangos de direcciones de host libres y asignados para las subredes 4 y 6
- Indicar las direcciones de difusión para cada subred.

13. La multinacional inglesa de trabajo temporal Select ha escogido Windows NT y líneas Frame Relay para conectar las 50 delegaciones que tiene distribuidas por el país y un parque de más de 130 ordenadores.

La estructura de la red informática se ha dividido en dos partes: En la sede central, el servidor principal acoge todos los datos de la aplicación corporativa, otro equipo se utiliza para el correo electrónico, y un tercero como servidor intranet.

La empresa además cuenta con un cortafuegos de acceso a Internet, para el filtrado de tráfico y seguridad.

La conexión con las delegaciones se realiza a través de un conmutador Bay Networks y un router Cisco 4500, a través de líneas Frame Relay con cada una de las oficinas existentes.

.

En las delegaciones, dependiendo de su tamaño, cuenta con varias estaciones de trabajo e impresoras. En este caso se utiliza un router Cisco 1005, un hub Micromate. El objetivo es multiplexar voz y datos y de esta forma aprovechar la tarifa plana.

Dada la red de la figura asigna direcciones IP y máscaras de red a los elementos que lo requieran:

5.2. IP versión 6

El protocolo IP versión 4 se ha utilizado desde 1981 y la expansión de Internet ha sido enorme desde entonces. Ese crecimiento ha llevado al agotamiento de las direcciones disponibles; en teoría, existen 232 direcciones diferentes, pero organizar el espacio de direcciones por clases y las direcciones reservadas desperdicia millones de ellas.

La solución ante el problema de escasez de direcciones consiste en utilizar una nueva versión de protocolo IP que permita extender el rango de direcciones disponibles y solucionar otros problemas: **IP versión 6**

La forma de representar las direcciones IP en su versión 6 es distinta de la versión 4 ya que ahora existen 128 bits en lugar de 32. En realidad, las direcciones IPv6 se pueden representar de 3 formas diferentes:

- Por 8 números en hexadecimal de 16 bits, separados por 2 puntos. Ejemplo:

43A0:512C:65:1FF:FD06:AA68:1:54B7

- Igual que la anterior, pero suprimiendo todos los ceros consecutivos en la dirección y sustituyéndolos por "::". Estos "::" solo pueden aparecer 1 vez en la dirección. Ejemplo:

12E:0:0:0:768F:821:0:2286 es equivalente a 12E::768F:821:0:2286

- Utilizando una notación mixta formada por una parte de dirección v6 (6 números hexadecimales de 16 bits separado por 2 puntos) y otra de v4 (4 números decimales de 8 bits). Ejemplo:

65E:0:0:0:10A:192.168.0.18 es equivalente a 65E::10A:192.168.0.18

En IPv6 también existen las máscaras de red y su función es idéntica a la versión anterior del protocolo. También se utilizan los prefijos, pero en esta versión su significado es justo el contrario a IPv4. Por ejemplo /50, indica que los 50 últimos bits de la dirección se reservan para numerar estaciones.

Esta versión de protocolo está definida en RFC1752 y posee las siguientes características:

- ◊ Es capaz de manejar miles de millones de direcciones de estación diferentes, ya que trabaja con direcciones de 16 bytes.
- ◊ Es compatible con la versión 4 del protocolo aunque no totalmente, pero esta cuestión se resuelve utilizando protocolos de traducción de direcciones, de forma que los 2 pueden coexistir durante algunos años para permitir una implantación progresiva.

5.3 ARP "Address Resolution Protocol" y RARP "Reverse Address Resolution Protocol"

En el esquema de direcciones IP cada terminal tiene asignada (como mínimo) una dirección IP de 32 bits. Sin embargo, en las tecnologías de las redes físicas, dos máquinas se pueden comunicar *solamente si conocen sus direcciones físicas de red. ¿Cómo obtener la dirección física de un host a partir de su dirección IP?*

La comunicación entre máquinas requiere conocer las direcciones física e IP. Se plantean varios problemas:

- ¿Cómo saber la dirección física conociendo la dirección IP (ARP)
- ¿Cómo saber la dirección IP conociendo la dirección física (RARP)

El protocolo ARP averigua la dirección física a partir de la dirección IP. Es un protocolo que accede a recursos de bajo nivel para ocultar las direcciones físicas y permitir que los protocolos de más alto nivel trabajen solo con direcciones IP.

Funcionamiento del protocolo ARP:

Una estación A quiere comunicar con una estación B (de su misma red física), de la cual conoce su dirección IP, pero no su dirección física.

- ◆ A preguntar a B (consulta) la dirección física mediante una difusión.
- ◆ Todas las estaciones de la red reciben la pregunta pero sólo B responde.
- ◆ La información que se transmite en un **mensaje ARP de consulta es**: IP de A, dirección física de A, IP de B.
- ◆ La información que se transmite en un **mensaje ARP de respuesta es**: Añade a lo anterior la dirección física de B
- ◆ Cualquier computadora (C, D) puede beneficiarse de una consulta ARP ajena actualizando su memoria de asignaciones. El destino objetivo (B) también puede hacerlo.

5.3. Asignación dinámica de direcciones: DHCP

El protocolo DHCP “Protocolo de Configuración Dinámica de Estación” permite que a las estaciones de la red se les asigne una dirección IP automáticamente solo cuando la necesiten.

DHCP apareció en la década de los 90 con el objetivo de mejorar el protocolo BOOTP que se utilizaba en máquinas Unix para asignar direcciones a ciertos dispositivos que trabajan en pequeñas redes locales.

Este protocolo se utiliza ampliamente cuando una estación con MODEM desea el acceso a Internet. Para ello, realiza una llamada al proveedor de servicio y este le asigna una dirección IP (de las que disponga libres) para que tenga acceso. Cuando el usuario se desconecta, libera esa dirección de forma que pueda ser utilizada mas adelante (por otra estación o por ella misma).

DHCP puede utilizarse también dentro del ámbito de una red local, y en este caso los ordenadores deben solicitar una dirección a una estación especial que funcione como servidor DHCP. Esta estación mantiene una tabla de direcciones asignadas y libres para esa red. Las **ventajas** de este método son:

- Las estaciones solamente tienen asignadas Ips cuando realmente se conectan y hacen uso de la red, y permanecen libres mientras no se necesitan, lo que ahorra direcciones que pueden asignarse a otras estaciones.
- Reducen las tareas de los administradores de la red cuando hay que cambiar de lugar las estaciones.
- Podremos modificar la configuración de todos los equipos de la red con sólo modificar los datos del servidor

El protocolo DHCP es abierto (no depende del S.O utilizado), lo que significa que se puede utilizar sobre una red heterogénea. Así un servidor DHCP Windows, Linux, Novell puede asignar direcciones sin ningún problema a estaciones Windows, Linux,

En la configuración de un equipo cliente no se especifica la dirección Ip del servidor DHCP. EL protocolo establece que las estaciones, puesto que no tienen Ip asignada y no conocen direcciones de servidores ni mascarar, deben:

- Lanzar una petici3n UDP (“Protocolo de datagramas de usuario” del nivel de transporte) a la direcci3n de difusi3n 255.255.255.255.
- Todos los servidores DHCP contestan con una direcci3n IP, tambi3n por un mensaje UDP de difusi3n.
- EL cliente tomara una de esas direcciones y enviara otro mensaje de difusi3n anunciando a todos los servidores DHCP cual es la IP tomada.
- Finalmente el servidor que ha ofrecido la direcci3n asignada env3a al cliente la confirmaci3n de la operaci3n.

5.4. Protocolo ICMP:

En una red de redes (Internet) no disponemos de mecanismos hardware para comprobar la conectividad. La detecci3n de fallos y problemas se convierte en una tarea dif3cil, para la que IP no proporciona herramientas. Se necesita un mecanismo que puedan utilizar los routers y los hosts para comunicar la informaci3n de control. Para ello se introduce un nuevo m3dulo: el **protocolo ICMP** (*Internet Control Message Protocol*).

CARACTER3STICAS:

- Permite a los routers enviar mensajes de control (informar de problemas) a los hosts. Los hosts lo pueden emplear, por ejemplo, para comprobar si los destinos son accesibles.
- ICMP se considera como parte obligatoria de IP y se debe incluir en todas las implementaciones del IP.
- Informa de errores s3lo al origen del datagrama. No corrige el problema s3lo informa.

La siguiente figura muestra la situaci3n del protocolo ICMP en la arquitectura TCP/IP:

El comando que llama el usuario para enviar solicitudes de eco ICMP se conoce como *ping*:

- La orden *ping* se basa en el empleo de mensajes ICMP de petici3n y respuesta de eco.
- Es utilizada por administradores y usuarios para detectar problemas en la red.
- Permite comprobar: si el destino est3 activo, si existe una ruta hasta 3l, medir el tiempo de “ida y vuelta” y estimar la fiabilidad de la ruta.
- Puede ser utilizado tanto por hosts como por routers.

Cuestiones:

- ¿Por qu3 las peticiones de ARP son difusiones si conocemos la direcci3n IP de la maquina destino?
- ¿Es posible averiguar la direcci3n f3sica de una maquina en otra red separada por un router mediante ARP?
- Dada la siguiente figura, suponiendo que LAN1 y LAN2 son redes Ethernet y que los host A y B se comunican mediante TCP/IP:
- Si A desea enviar un paquete a B, ¿utilizar3 ARP para averiguar la direcci3n f3sica de B? No.

- ¿En que situaciones se utilizara ARP segùn la figura anterior?

-

6

A

B

C

D

E

F

G

216.89.3.3

216.89.3.2

192.64.126.3

192.64.126.2

216.89.3.1

192.64.126.1

SWITCH

C

D

B

A

ROUTER

SWITCH

LAN 216.89.3.0

LAN 192.64.126.0

El digito que aparece a continuaci³n de la barra representan el identificador de clase y los bits de red.

210.0.64.1

LAN 218.46.169.0

LAN 210.0.64.0

198.64.126.2

198.64.126.1

188.119.0.3

HUB

ROUTER A

Internet

HUB

23.65.211.79

INTERNET

188.119.0.2

188.119.0.1

LAN 216.89.3.0

ROUTER B Bb

ROUTER C

LAN 188.119.0.0

HUB

A

B

C

D

E

F

G

H

R1

R2

R3

R4

A

B

C

D

R1

R2

Rc

A

B

C

D

Rb

E

F

G

Ra

Internet

INTERNET

ROUTER

ROUTER

HUB

HUB

198.64.126.3

198.64.126.4

216.89.3.1

216.89.3.2

216.89.3.3

23.65.211.79

LAN 198.64.126.0

Subred

Subred

Subred

Internet

Router

218.46.169.4

HUB

ROUTER A

HUB

218.46.169.1

218.46.169.3

210.0.64.3

210.0.64.2

ROUTER B Bb

194.118.240.1

218.46.169.2

ROUTER C

HUB

LAN 194.118.240.0

23.210.86.19

194.118.240.1

194.118.240.1

Internet

HUB

LAN 223.255.15.0

223.255.15.2

223.255.15.1

223.255.15.3

223.255.15.4

LAN 183.67.1.0

LAN 183.67.2.0

183.67.1.1

183.67.2.1

HUB

ROUTER A

HUB

183.67.2.2

183.67.1.2

183.67.1.3

183.67.2.3

183.67.2.4

ROUTER B Bb

183.67.4.1

183.67.3.1

LAN 183.67.3.0

HUB

LAN 183.67.4.0

HUB

183.67.3.3

183.67.4.2

183.67.3.2

183.67.4.4

183.67.4.3

ROUTER C

23.210.86.19

Internet