

Direccionamiento IP

(1ª parte)

Daniel Morató
Area de Ingeniería Telemática
Departamento de Automática y Computación
Universidad Pública de Navarra
daniel.morato@unavarra.es
Laboratorio de Programación de Redes
<http://www.tlm.unavarra.es/asignaturas/lpr>

IP

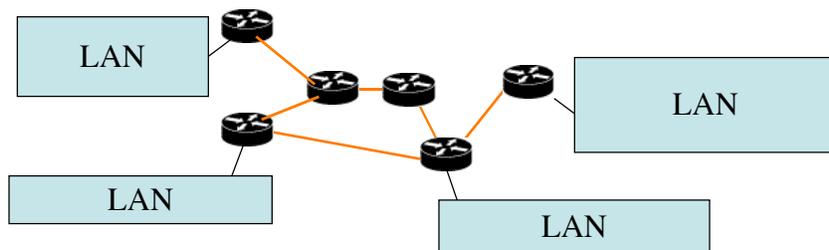
- Es un protocolo de nivel de red
- Nos va a permitir enviar paquetes entre redes diferentes
- Las redes pueden ser de tecnologías diferentes, la forma de direccionar a los interfaces a nivel de enlace puede ser diferente
- IP ofrece un espacio de direcciones único para todos los interfaces conectados a la red
- Las direcciones IP son números de 32 bits
- Además se organizan en grupos o redes de forma que sea más sencillo para los encaminadores saber dónde (en qué red) está conectada la máquina de cierta IP

Esquemas de direccionamiento IP

- Vamos a ver desde una perspectiva histórica cómo ha evolucionado la forma de crear redes y subredes IP
- Veremos:
 - Direccionamiento Classful *Hoy*
 - Subnetting
 - VLSM (Variable Length Subnet Masks)
 - Supernetting
 - CIDR (Classless InterDomain Routing)
- Hay que tener claro que la técnica actual empleada es CIDR pero resultará útil entender los conceptos uno a uno como se fueron creando

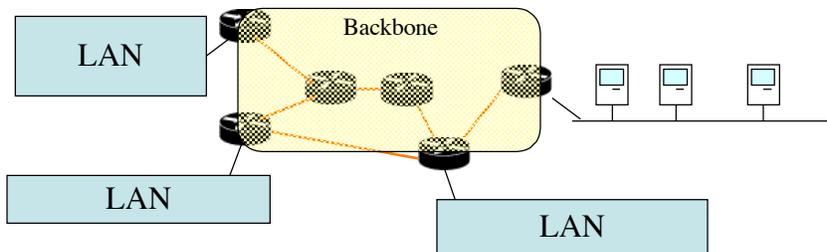
Direccionamiento Classful

- Originalmente Internet era la interconexión de una serie de LANs
- Cada LAN tiene un router de acceso que la conecta con el backbone de Internet (en sus comienzos, ARPANET) y así con las otras redes
- A cada LAN se le asigna un rango de direcciones IP



Direccionamiento Classful

- Originalmente Internet era la interconexión de una serie de LANs
- Cada LAN tiene un router de acceso que la conecta con el backbone de Internet (en sus comienzos, ARPANET) y así con las otras redes
- A cada LAN se le asigna un rango de direcciones IP



22 Oct

Direccionamiento IP

4/30

Direccionamiento Classful

- Se pensó que podría haber redes de diferentes tamaños (respecto a número de hosts conectados)
- Se crearon 3 tipos de redes: Clase A, Clase B y clase C
- En las direcciones de una red de clase A:



- El primer bit vale siempre 0 con lo que el primer byte puede ir de 0 a 127
- Junto con los siguientes 7 bits forman el identificador de la red o *Network ID*
- Los últimos 24 bits son el identificador del host o *Host ID*
- Algunas direcciones son especiales:
 - La dirección de *Host ID=0* es la dirección que hace referencia a toda la red
 - La dirección de *Host ID="todo 1s en binario"* es la dirección que hace referencia a todos los hosts de la red (dirección de broadcast de red)
- Dentro de cada red hay $2^{24}=16.777.216$, más de 16 millones de direcciones IP posibles con lo que podríamos tener $2^{24}-2$ hosts (la dirección de la red y la de broadcast no son válidas para hosts)
- Algunos identificadores de red están reservados y tienen un significado especial:
 - El Network ID=0 hace referencia a "esta red", la red en la que se esté
 - El Network ID=10 está reservado para redes privadas
 - El Network ID=127 está reservado para los interfaces de loopback
- Hay $2^7-3=125$ posibles redes de clase A

22 Oct

Direccionamiento IP

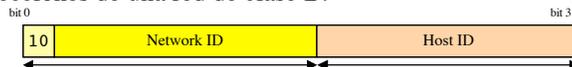
5/30

Direccionamiento Classful

- Se pensó que podría haber redes de diferentes tamaños (respecto a número de hosts conectados)
- Se crearon 3 tipos de redes: Clase A, Clase B y Clase C
- En las direcciones de una red de clase A:



- En las direcciones de una red de clase B:



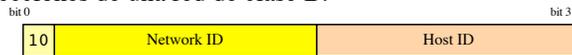
- Los dos primeros bits valen siempre 10 con lo que el primer byte vale siempre entre 128 y 191
- Junto con los siguientes 14 bits forman el identificador de la red o *Network ID*
- Los últimos 16 bits son el identificador del host o *Host ID*
- Algunas direcciones son especiales:
 - La dirección de *Host ID=0* es la dirección que hace referencia a toda la red
 - La dirección de *Host ID="todo 1s en binario"* es la dirección de broadcast de la red
- Dentro de cada red hay $2^{16}-2=65.534$ direcciones IP posibles para hosts
- Algunos identificadores de red están reservados y tienen un significado especial:
 - El Network ID=169.254 se emplea cuando el host no obtiene configuración IP ni manual ni automática
 - Los Network IDs desde 172.16 a 172.31 están reservados para redes privadas
- Hay $2^{14}-17=16.367$ posibles redes de clase B

Direccionamiento Classful

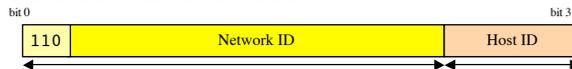
- Se pensó que podría haber redes de diferentes tamaños (respecto a número de hosts conectados)
- Se crearon 3 tipos de redes: Clase A, Clase B y Clase C
- En las direcciones de una red de clase A:



- En las direcciones de una red de clase B:



- En las direcciones de una red de clase C:



- Los tres primeros bits valen siempre 110 con lo que el primer byte vale siempre entre 192 y 223
- Junto con los siguientes 21 bits forman el identificador de la red o *Network ID*
- Los últimos 8 bits son el identificador del host o *Host ID*
- Algunas direcciones son especiales:
 - La dirección de red (*Host ID=0*) y la de Broadcast (*todo 1s*)
- Dentro de cada red hay $2^8-2=254$ direcciones IP posibles para hosts
- Algunos identificadores de red están reservados y tienen un significado especial:
 - El Network ID=192.0.2 se llama la "TEST-NET", se emplea en ejemplos de documentación y no en Internet
 - Los Network IDs desde 192.168.0 a 192.168.255 están reservados para redes privadas
 - Los Network IDs 192.18.0 y 192.19.255 están reservados para pruebas de prestaciones de equipos de red
- Hay $2^{21}-769=2.096.383$ posibles redes de clase C

Direccionamiento Classful

- Y el resto de las direcciones?
- Existe lo que se llama la Clase D:



- Se emplean para el Multicast IP
- Los cuatro primeros bits valen siempre 1110 con lo que el primer byte vale siempre entre 224 y 239
- Junto con los siguientes 28 bits forman el identificador de un *Grupo Multicast*

- Vale, pero y el resto?
- Existe lo que se llama la Clase E:



- Están "reservadas para su futuro uso"
- Los cuatro primeros bits valen siempre 1111 con lo que el primer byte vale siempre al menos 240

- Hay una dirección IP más que es especial, la todo 1s: 255.255.255.255
 - Se llama la dirección de "broadcast limitado"
 - Hace referencia a todos los hosts de la red
 - Paquetes a esa dirección destino nunca deben ser reenviados por los routers.

Direccionamiento Classful

¿Por qué así?

- Los routers emplean el Network ID para decidir por dónde deben reenviar un paquete
- Cuando reciben un paquete deben averiguar rápidamente cuál es el Network ID de la red a la que pertenece el destino
- Si el primer bit es un 0 entonces pertenece a una red de clase A y el NetID son los primeros 8 bits
- Si el primer bit es un 1 pero el segundo un 0 entonces pertenece a una red de clase B y el NetID son los primeros 16 bits
- Si los dos primeros bits son 1 pero el tercero es un 0 entonces pertenece a una red de clase C y el NetID son los primeros 24 bits
- En la propia dirección IP está codificado el número de bits del NetID
- Son comprobaciones rápidas de realizar
- Cuanto menos tiempo emplee el router con cada paquete más paquetes podrá procesar por segundo

Direccionamiento Classful

Ejemplos

- Describa las siguientes direcciones:

32.45.65.21

130.206.160.0

63.0.0.0

193.45.234.255

10.12.145.1

1.0.0.0

127.0.0.1

187.45.0.0

25.45.0.0

22 Oct

Direccionamiento IP

10/30

Direccionamiento Classful

Envío y reenvío de paquetes

- ¿Cómo actúan los hosts?:
 - Tienen configurado:
 - Su dirección IP
 - La dirección IP que tiene el router de salida de su LAN en el interfaz conectado a la misma
 - Pueden averiguar el NetID de su LAN a partir de su IP
 - Dada la IP del destino al que desean enviar un paquete :
 - Calculan el NetID de la red a la que pertenece
 - ¿Es el mismo que el de mi red?
 - Sí: está en mi red, se lo envío directamente (a su MAC)
 - No: está en otra red, se lo envío al router (a la MAC del router)

22 Oct

Direccionamiento IP

11/30

Direccionamiento Classful

Envío y reenvío de paquetes

- ¿Cómo actúan los routers?:

- Sin estado. Toman decisiones paquete a paquete.

- Tienen configurado:

- La dirección IP de cada uno de sus interfaces (cada interfaz está en una LAN y por lo tanto tiene una IP de dentro de esa LAN)
- Una *tabla de rutas* que indica por dónde enviar el paquete según el destino del mismo

Red destino	Next-hop	Interfaz
-------------	----------	----------

- Si recibe un paquete que no es para ninguna de sus direcciones IP:

- Busca en la tabla si hay alguna fila que en el campo *Red destino* tenga esa dirección IP

- Sí: Es una ruta a ese host en concreto, lo envía según indica la fila

- No: Calcula el NetID de la red a la que pertenece esa IP y busca una ruta a esa red en la tabla. ¿Encuentra una entrada?

- Sí: Es una ruta a esa red, lo envía según indica la fila

- No: Busca en la tabla una *ruta por defecto*. ¿Encuentra una?

- Sí: Lo envía según indica la fila

- No: No sabe cómo hacer llegar el paquete al destino. Lo descarta (lo tira)

22 Oct

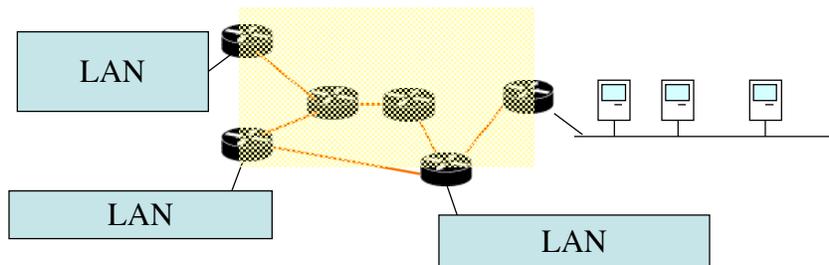
Direccionamiento IP

12/30

Subnetting

- El esquema Classful ocasionaba ciertos problemas prácticos:

- Las redes pueden llegar a ser muy grandes
- Una red de clase A contiene direcciones para millones de hosts pero es difícil que una tecnología de LAN soporte esa cifra de máquinas conectadas
- Podemos necesitar conectar dentro de la red con otro tipo de tecnología que nos permita llegar mayores distancias
- Puede que el tráfico de broadcast a nivel de enlace sea demasiado abundante y queramos reducir el tamaño de la red



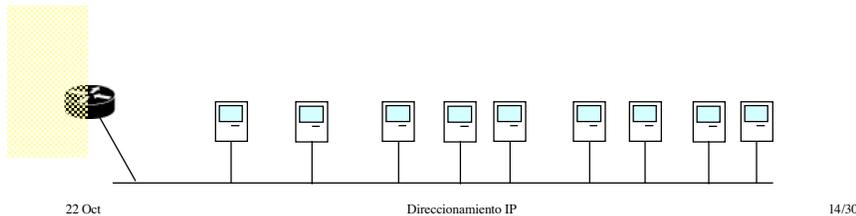
22 Oct

Direccionamiento IP

13/30

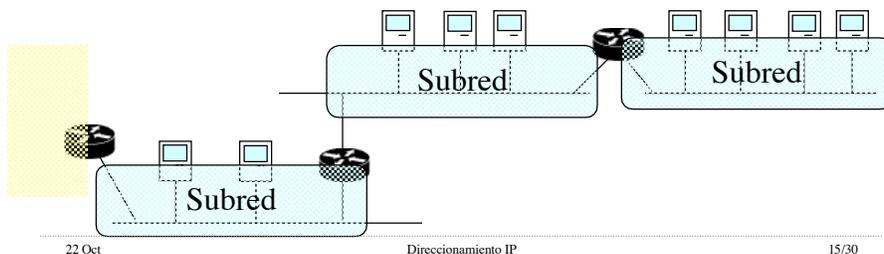
Subnetting

- Empezó como una solución interna practicada por algunas redes muy grandes hasta que se estandarizó
- También llamado FLSM (Fixed Length Subnet Masks)
- Desde el exterior es como si la LAN no hubiera cambiado
- En el interior se divide la LAN en LANs más pequeñas interconectadas por routers



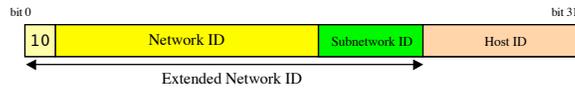
Subnetting

- Empezó como una solución interna practicada por algunas redes muy grandes hasta que se estandarizó
- Tambien llamado FLSM (Fixed Length Subnet Masks)
- Desde el exterior es como si la LAN no hubiera cambiado
- En el interior se divide la LAN en LANs más pequeñas interconectadas por routers

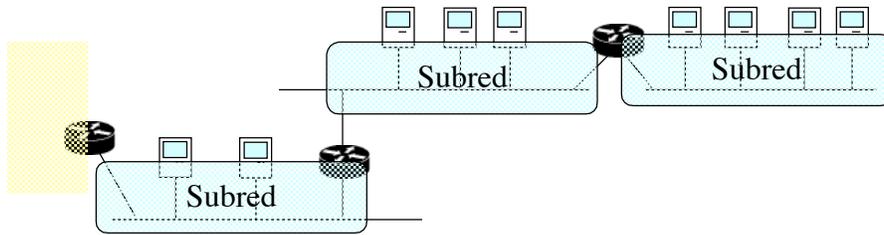


Subnetting

- Generalmente se aplicó en redes de clase B porque:
 - Redes de clase A hay muy pocas
 - Las de clase C son muy pequeñas (solo 254 hosts)
- Lo que se hace es dividir la parte del HostID en dos:



- A la primera parte se le llama el *Subnetwork ID* e identifica a la Subred dentro de la Red
- La segunda parte es el *Host ID* e identifica al host dentro de la Subred
- A la concatenación del *Network ID* y el *Subnetwork ID* se le llamó el *Extended Network ID*

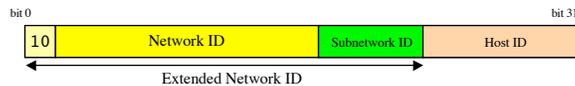


22 Oct

Direccionamiento IP

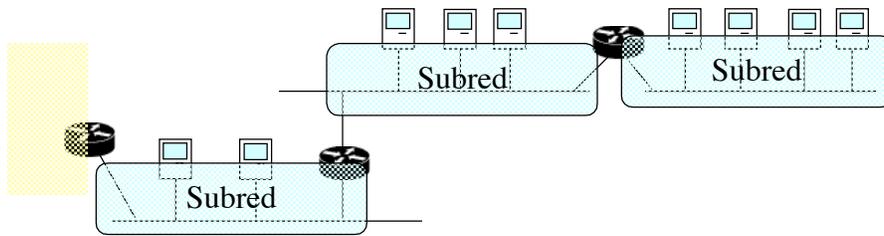
16/30

Subnetting



- El *Subnetwork ID* puede tener cualquier número de bits entre 2 y la longitud del *Host ID* original menos 2 (al menos 2 bits para el *Host ID*)
- ¿Cómo sabemos dónde acaba el *Extended Network ID*?
 - Se añade a la configuración de los interfaces de red otro número de 32 bits
 - Este número se llama la *máscara*
 - La máscara tiene 1s en el *Extended Network ID* y 0s en el *Host ID*

11111.....111 000.....00

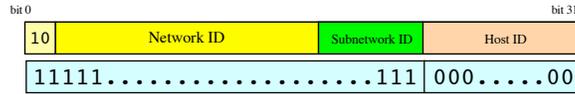


22 Oct

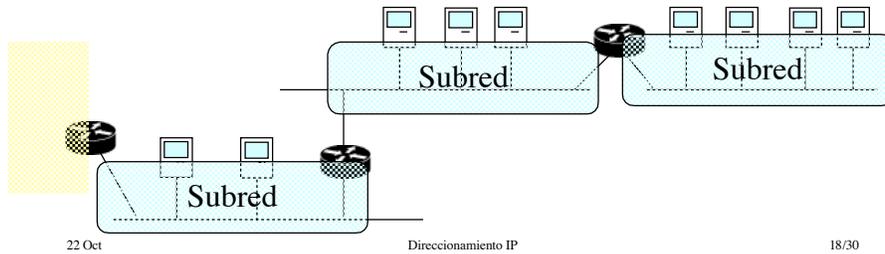
Direccionamiento IP

17/30

Subnetting



- La máscara está asociada al interfaz de red
- Debe ser la misma para todos los interfaces conectados a esta red
- Aparecen nuevas direcciones reservadas:
 - La dirección con el Host ID a 0s es la dirección de la Subred
 - La dirección con el Host ID a 1s es la dirección de broadcast de la Subred
 - El Subnetwork ID todo 0s hace referencia a toda la red así que no se puede emplear para identificar a una subred (la dirección de esa subred se confundiría con la de la red)
 - El Subnetwork ID todo 1s hace referencia a todas las subredes, tampoco se puede emplear para identificar a una subred (la dirección de broadcast de esa subred se confundiría con la de toda la red)



22 Oct

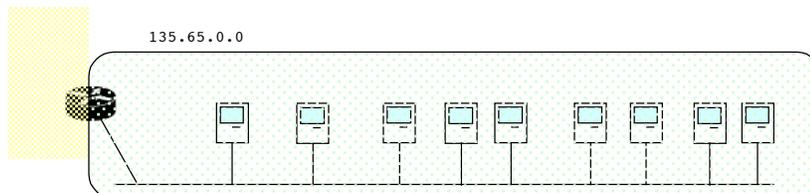
Direccionamiento IP

18/30

Subnetting

Ejemplo

- Supongamos que nuestra LAN tiene asignada la red 135.65.0.0
- Queremos separar nuestra red en varias subredes como se ve en la figura



22 Oct

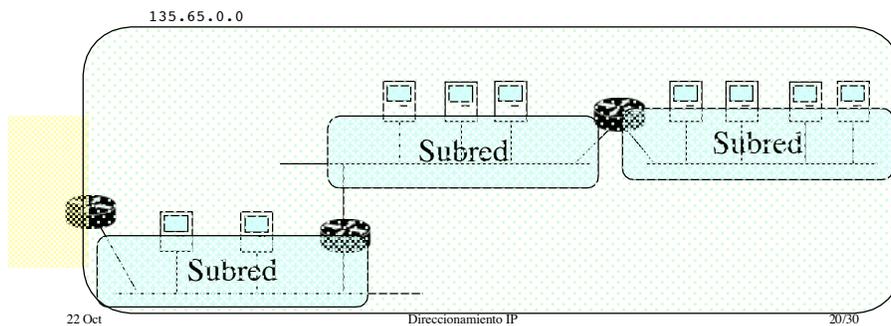
Direccionamiento IP

19/30

Subnetting

Ejemplo

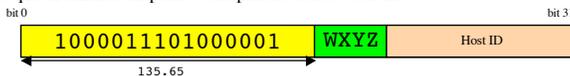
- Supongamos que nuestra LAN tiene asignada la red 135.65.0.0
- Queremos separar nuestra red en varias subredes como se ve en la figura
- ¿Cuál es el número mínimo de bits que debe tener el Subnetwork ID si deseo crear 3 subredes?...
- Con 2 bits tengo 4 posibles valores del subnetwork ID (00, 01, 10 y 11) pero 2 de ellos están reservados así que solo me quedan 2 (como se ve menos de 2 bits no dejaría ninguno libre)
- Con 3 bits tengo 8 posibles valores del subnetwork ID, menos los 2 reservados me deja 6 identificadores de subred diferentes. Este sería el mínimo.
- El resto de bits los puedo repartir entre el subnetwork ID y el host ID como quiera:
 - Cuantos más haya en el subnetwork ID más subredes podré crear en el futuro
 - Cuantos más haya en el host ID más hosts podré direccionar en cada subred



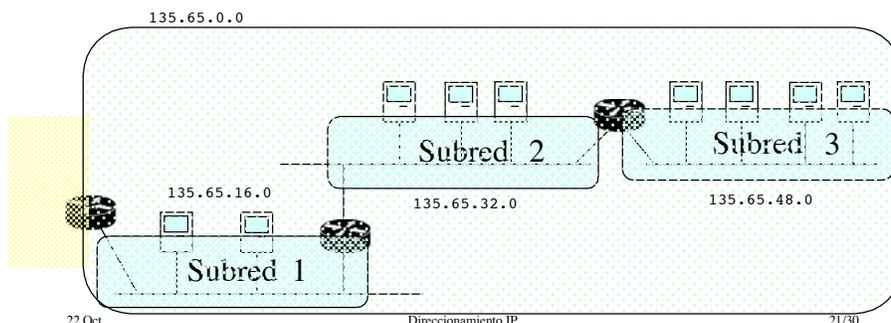
Subnetting

Ejemplo

- Supongamos que decidimos emplear 4 bits para el subnetwork ID:



- Numeramos las subredes con esos 4 bits WXYZ. Por ejemplo empleamos 0001, 0010 y 0011
- La dirección de la red 0001 será: 10000111010000010001000000000000 = 135.65.16.0
- La máscara a emplear por todos los interfaces de la red será: 111111111111111111111100000000000000 = 255.255.240.0
- Por ejemplo las direcciones para hosts de la subred 2 irán de la 135.65.32.1 a la 135.65.47.254 y la dirección de broadcast de la subred será 135.65.47.255

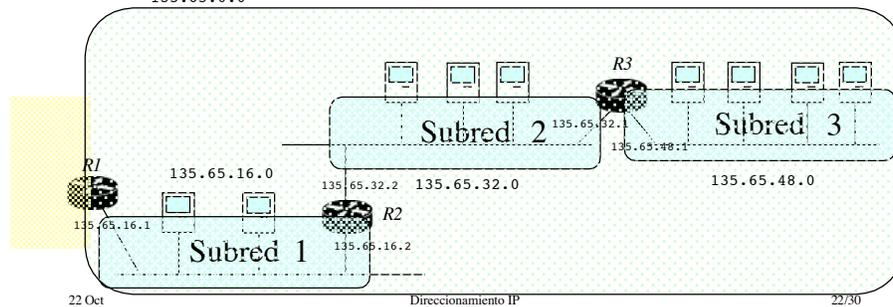


Subnetting

Ejemplo

- Supongamos la siguiente asignación de direcciones a los interfaces de los routers:
- Las tablas de rutas de los routers de la red serán:

<i>Router R1</i>			<i>Router R2</i>			<i>Router R3</i>		
Red destino	Next-hop	Interfaz	Red destino	Next-hop	Interfaz	Red destino	Next-hop	Interfaz
135.65.16.0	-	Ethernet 0	135.65.16.0	-	Ethernet 0	135.65.16.0	135.65.32.2	Ethernet 0
135.65.32.0	135.65.16.2	Ethernet 0	135.65.32.0	-	Ethernet 1	135.65.32.0	-	Ethernet 0
135.65.48.0	135.65.16.2	Ethernet 0	135.65.48.0	135.65.32.1	Ethernet 1	135.65.48.0	-	Ethernet 1
64.0.0.0	otro router	Ethernet 1	0.0.0.0	135.65.16.1	Ethernet 0	0.0.0.0	135.65.32.2	Ethernet 0
130.14.0.0 (etc...)	otro router (etc...)	Ethernet 1 (etc...)						



Subnetting

Envío y reenvío de paquetes

- ¿Cómo actúan los hosts?:
 - Tienen configurado:
 - Su dirección IP
 - La máscara de red
 - La dirección IP que tiene el router de salida de su LAN en el interfaz en la misma
 - Pueden averiguar el Extended Network ID de su subred aplicando a su dirección IP la máscara con una operación AND de bits. Por ejemplo:

$$\begin{array}{r}
 \text{IP } 129.65.19.54 = 100000010100000100010011001100110 \\
 \text{Máscara } 255.255.255.240 = \underline{111111111111111111111111000000000000} \text{ AND} \\
 \text{ExtNetID } 129.65.16.0 = 10000001010000010001000000000000
 \end{array}$$

- Dada la IP del destino al que desean enviar un paquete :
 - Le aplica la máscara de su interfaz
 - ¿El resultado es igual a mi Extended Network ID?
 - Sí: está en mi subred, se lo envío directamente (a su MAC)
 - No: está en otra red o subred, se lo envío al router (a la MAC del router)

Subnetting

Envío y reenvío de paquetes

• ¿Cómo actúan los routers?:

- Tienen configurado:

- La dirección IP de cada uno de sus interfaces (cada interfaz está en una LAN y por lo tanto tiene una IP de dentro de esa LAN)
- Cada interfaz tiene configurada la máscara empleada en la red en la que está conectado
- Una *tabla de rutas* con rutas a subredes de redes a las que está conectado y tal vez rutas a otras redes

- Sin estado. Toman decisiones para cada paquete.

- Si recibe un paquete que no es para ninguna de sus direcciones IP:

- Busca en la tabla si hay alguna fila que en el campo *Red destino* tenga esa dirección IP. ¿Encuentra?

- Sí: Es una ruta a ese host en concreto, lo envía según indica la fila

- No: Calcula el NetID de la red a la que pertenece esa IP (classful)

¿Tiene algún interfaz en esa red?

- No: Ya tiene el identificador de la red destino

- Sí: Extrae la máscara de un interfaz que tenga en esa red. La aplica (AND) a la dirección. Ya tiene el identificador de la subred destino

Busca ese identificador de red o subred en su tabla de rutas. ¿Lo encuentra?

- Sí: Lo envía según indica la fila

- No: Busca una ruta por defecto en la tabla de rutas. ¿Encuentra?

- Sí: Lo envía según indica la fila

- No: No sabe cómo hacer llegar el paquete al destino. Lo descarta.

22 Oct

Direccionamiento IP

24/30

Subnetting

Envío y reenvío de paquetes

• Ejemplo 1: El router R2 tiene un paquete cuya dirección IP destino es 190.65.32.14

- La tabla de rutas de R2 es por ejemplo:

Red destino	Next-hop	Interfaz
190.65.0.0	R4 IPiface0	0
45.0.0.0	R4 IPiface0	0
64.0.0.0	R1 IPiface0	1
192.15.24.0	R3 IPiface0	2
(etc...)	(etc...)	

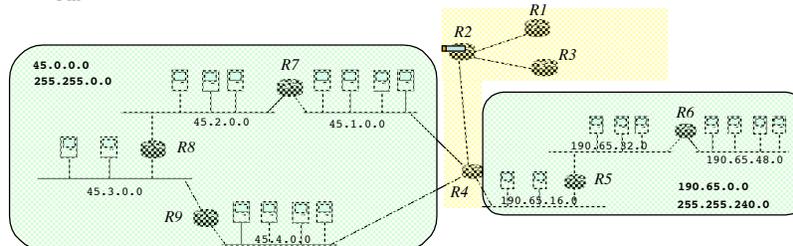
- ¿Tiene una ruta a ese host?

- No... El NetID de esa red es 190.65.0.0 (es clase B). ¿Algún interfaz en esa red?

- No... Busca ese identificador en la tabla de rutas. ¿Lo encuentra?

- Sí... Indica reenviar al router R4, a su interfaz 0 (en la tabla aparecerá su IP). Lo reenvía.

- Fin



22 Oct

Direccionamiento IP

25/30

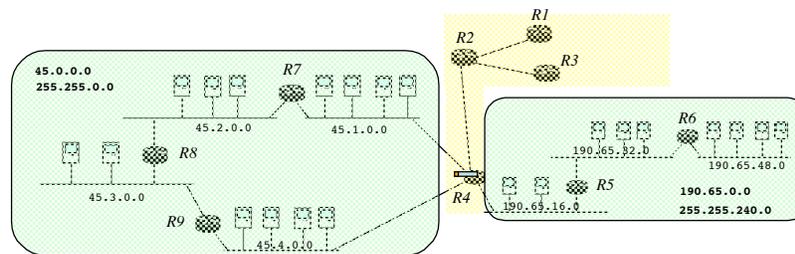
Subnetting

Envío y reenvío de paquetes

• Ejemplo 2: El router R4 tiene un paquete cuya dirección IP destino es 190.65.32.14

- La tabla de rutas de R4 es por ejemplo:
- ¿Tiene una ruta a ese host?
- No... El NetID de esa red es 190.65.0.0 (es clase B). ¿Algún interfaz en esa red?
- Sí... Máscara 255.255.240.0 luego el ExtNetID es 190.65.32.0
- Busca ese identificador en la tabla de rutas. ¿Lo encuentra?
- Sí... Indica reenviar al router R5, a su interfaz 0 (en la tabla aparecerá su IP). Lo envía a su dirección MAC
- Fin

Red destino	Next-hop	Interfaz
190.65.16.0	-	0
190.65.32.0	R5 IPInterface0	0
190.65.48.0	R5 IPInterface0	0
64.0.0.0	R2 IPInterface0	1
45.1.0.0	-	2
45.2.0.0	R7 IPInterface0	2
45.3.0.0	R9 IPInterface0	2
45.4.0.0	-	3
0.0.0.0	R2 IPInterface0	1



22 Oct

Direccionamiento IP

26/30

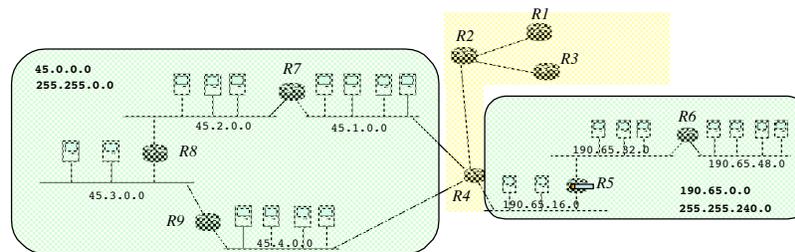
Subnetting

Envío y reenvío de paquetes

• Ejemplo 3: El router R5 tiene un paquete cuya dirección IP destino es 190.65.32.14

- La tabla de rutas de R5 es por ejemplo:
- ¿Tiene una ruta a ese host?
- No... El NetID de esa red es 190.65.0.0 (es clase B). ¿Algún interfaz en esa red?
- Sí... Máscara 255.255.240.0 luego el ExtNetID es 190.65.32.0
- Busca ese identificador en la tabla de rutas. ¿Lo encuentra?
- Sí... Indica enviar directamente al host destino (si es una Ethernet hará un ARP para averiguar la MAC y se lo enviará)
- Fin

Red destino	Next-hop	Interfaz
190.65.16.0	-	0
190.65.32.0	-	1
190.65.48.0	R6 IPInterface0	1
0.0.0.0	R4 IPInterface0	0



22 Oct

Direccionamiento IP

27/30

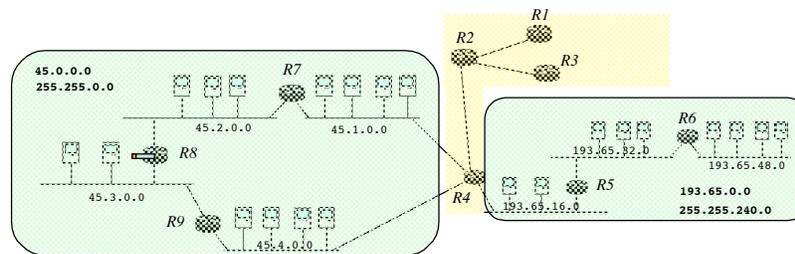
Subnetting

Envío y reenvío de paquetes

- **Ejemplo 4:** El router R8 tiene un paquete cuya dirección IP destino es 201.234.14.56

- La tabla de rutas de R8 es por ejemplo:
- ¿Tiene una ruta a ese host?
- No... El NetID de esa red es 201.234.14.0 (es clase C). ¿Algún interfaz en esa red?
- No... Busca ese identificador en la tabla de rutas. ¿Lo encuentra?
- No... Busca una ruta por defecto en la tabla de rutas. ¿Encuentra?
- Sí. Lo envía a la MAC del interfaz 1 del router R9
- Fin

Red destino	Next-hop	Interfaz
45.1.0.0	R7 IPiface1	0
45.2.0.0	-	0
45.3.0.0	-	1
45.4.0.0	R9 IPiface1	1
0.0.0.0	R9 IPiface1	1



22 Oct

Direccionamiento IP

28/30

Resumen hasta ahora

- El direccionamiento classful ofrece 3 tipos de redes de diferente tamaño
- Subnetting nos permite introducir routers dentro de una red y dividirla en subredes
- Desde el exterior de la red no se sabe si hay subredes o no (compatible hacia atrás, como si no hubiera habido cambios)
- Una vez escogida la máscara queda fijada para toda la red

22 Oct

Direccionamiento IP

29/30

Próximo día

VLSM
Supernetting
CIDR