

Gestión de Direcciones Ip y Encaminadores

**FIEI- Informática –
Telecomunicaciones**

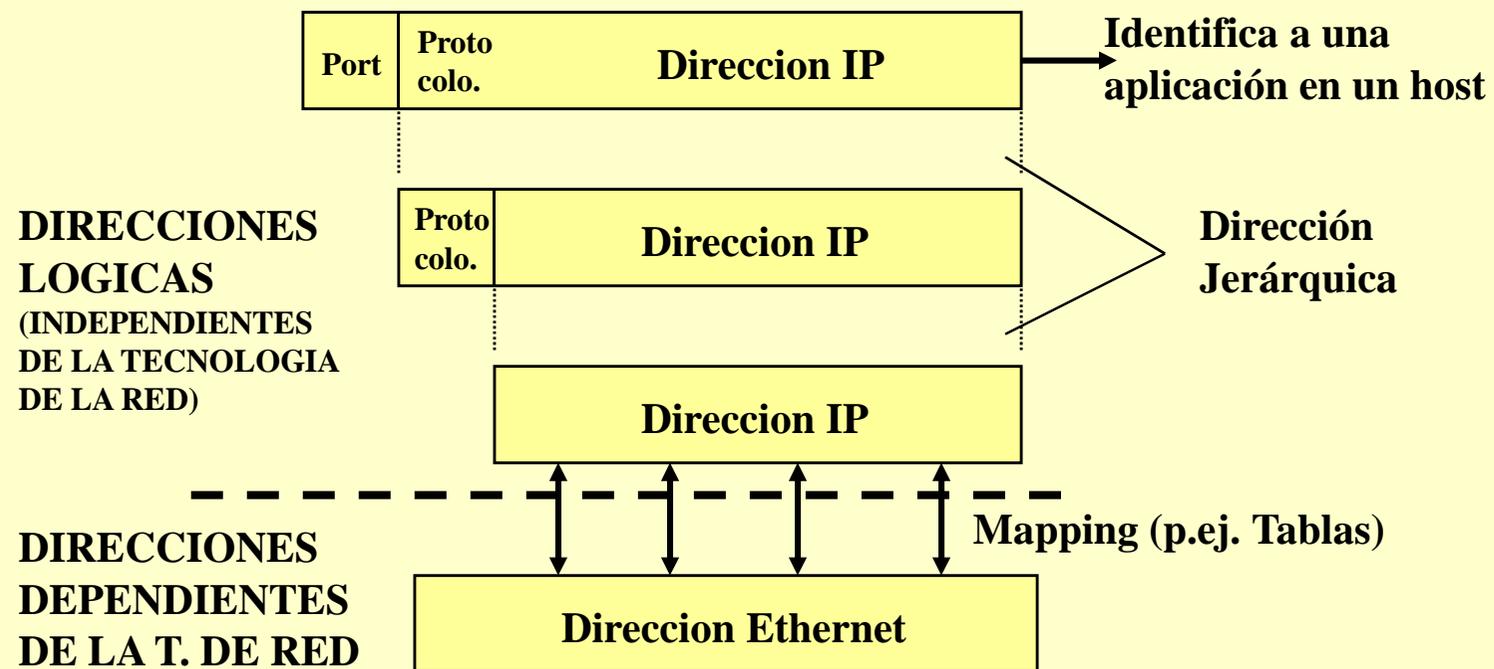
Ing. Jose Pastor Castillo

Direcciones IP

- **Identifican unívocamente un punto de acceso (interfaz) a la red. Un router o un host multi-homed tienen varias.**
- **Tienen un significado global en la Internet.**
- **Son asignadas por una autoridad central: InterNIC (Internet Network Information Center).**
- **Son números de 32 bits, expresados en notación decimal con puntos, byte a byte (p.ej. 123.3.45.77).**
- **Para facilidad de los usuarios, se define un mapping estático de las direcciones IP con nombres “mas legibles” para las personas (DNS - Domain Name Server).**

Direcciones IP

- Una dirección IP es independiente de las direcciones físicas de subred



Direcciones IP

- **Esquema jerárquico, constan de una parte que indica de qué red física se trata, y otra que indica la interface o punto de conexión a la red (host).**
- **En 1984, se agrega una tercer elemento en la jerarquía para lograr mayor flexibilidad (subnets).**
- **Los campos que componen la dirección son de longitudes fijas predeterminadas; actualmente se elimina esta restricción (classless addressing).**
- **El componente RED de la dirección IP se utiliza para ubicar la red física de destino (ruteo) y el componente HOST se utiliza para identificar la interfaz dentro de esa red física**
- **Las direcciones IP son identificadores en una red virtual; en última instancia deben ser mapeadas a direcciones físicas de las distintas subredes (X.25, Ethernet, etc.). Este proceso se denomina resolución de direcciones.**

RED

HOST

Direcciones IP

Clase	Formato	Rango	Redes/Hosts					
	<table border="1"> <tr> <td>0</td> <td>8</td> <td>16</td> <td>24</td> <td>32</td> </tr> </table>	0	8	16	24	32		
0	8	16	24	32				
A	<table border="1"> <tr> <td>0</td> <td>RED</td> <td>HOST</td> <td>HOST</td> <td>HOST</td> </tr> </table>	0	RED	HOST	HOST	HOST	0.0.0.0 a 127.255.255.255	126/16.777.214
0	RED	HOST	HOST	HOST				
B	<table border="1"> <tr> <td>10</td> <td>RED</td> <td>RED</td> <td>HOST</td> <td>HOST</td> </tr> </table>	10	RED	RED	HOST	HOST	128.0.0.0 a 191.255.255.255	16.382/65.534
10	RED	RED	HOST	HOST				
C	<table border="1"> <tr> <td>110</td> <td>RED</td> <td>RED</td> <td>RED</td> <td>HOST</td> </tr> </table>	110	RED	RED	RED	HOST	192.0.0.0 a 223.255.255.255	2.097.150/254
110	RED	RED	RED	HOST				
D	<table border="1"> <tr> <td>1110</td> <td>ID GRUPO</td> <td>MULTICAST</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	1110	ID GRUPO	MULTICAST			224.0.0.0 a 239.255.255.255	
1110	ID GRUPO	MULTICAST						
E	<table border="1"> <tr> <td>11110</td> <td>EXPERIMENTAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	11110	EXPERIMENTAL				240.0.0.0 a 247.255.255.255	
11110	EXPERIMENTAL							

Dirección especial: loopbak (127.0.0.0):

- * Para comunicaciones de procesos en la misma máquina.
- * Nunca es propagada a la red

Direcciones IP con significado especial

Notación: <Red, Host>

<0, 0>	este host en esta subred	S	bootp
<0, H>	host H en esta red	S	host parcialmente inicializado
<R, 0>	un host en red R	S	
<R, H>	host H en red R	S/D	
<R, -1>	Directed broadcast todos los Hosts de la Red	D	
<-1, -1>	Limited broadcast	D	no propagada por los routers

- **Significados especiales:**

- **0:** “este”

- **-1:** “todos”

No pueden usarse para identificar a un host o red en particular

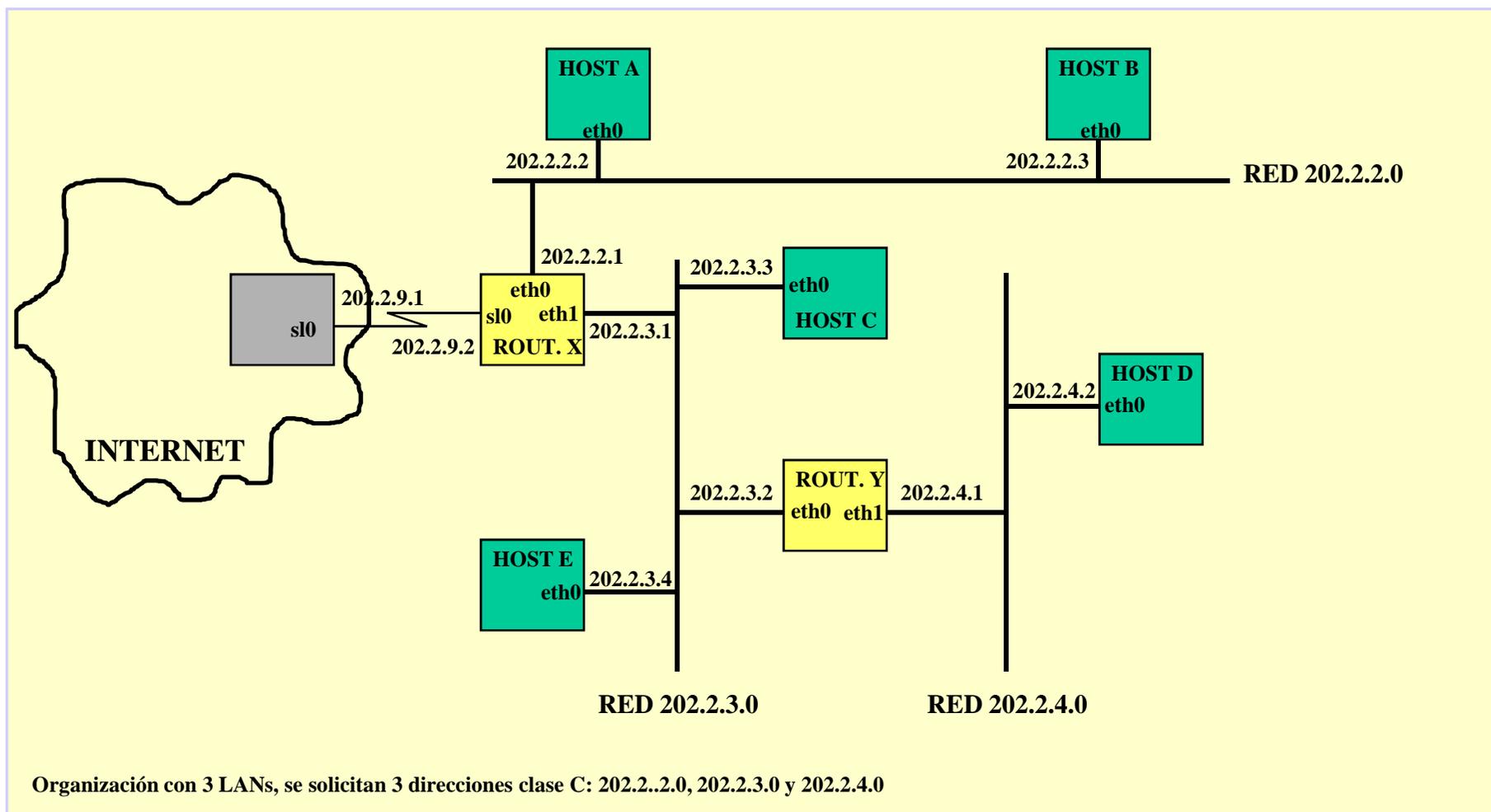
Direcciones privadas

–	10.0.0.0	a	10.255.255.255 (una clase A)
–	172.16.0.0	a	172.31.255.255 (16 clases B)
–	192.168.0.0	a	192.168.255.255 (255 clases C)

Problemas del esquema de direccionamiento

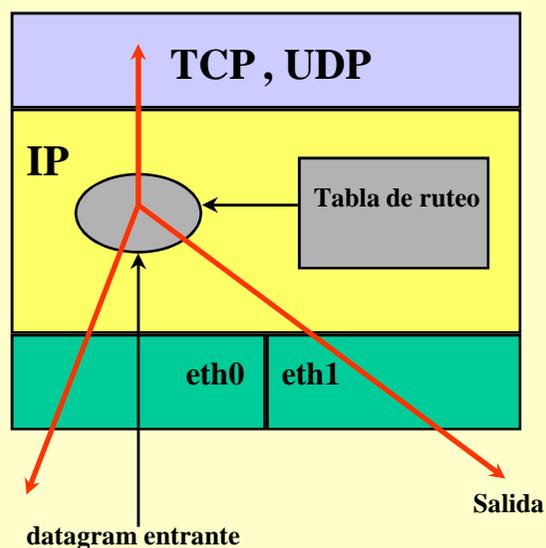
- **Codificar la red en la dirección IP implica que si un host cambia de red, cambiará su dirección (IP Mobility).**
- **Prefijos de longitud fija, provoca un uso ineficiente en el espacio de direcciones.**
- **Crecimiento acelerado de la Internet, evidencia la falta de escalabilidad del esquema de direccionamiento (Agotamiento de clases B, incremento de tamaño de tablas de ruteo al utilizar direcciones de clase C).**
- **Soluciones**
 - **Estos problemas se solucionan a corto plazo en el contexto de IPv4.**
 - **Definitivamente solucionados en IPv6.**

Ejemplo de uso de direcciones IP



Conceptos básicos de ruteo (reenvío)

- **Función correspondiente al nivel IP**
- **Para un datagram (originado en el equipo o entrante) debe decidirse, en base a su dirección de destino, hacia qué equipo enviarlo**
- **La decisión se toma en base a tablas de ruteo**
- **Las tablas pueden ser estáticas o dinámicas (si se utiliza un protocolo de ruteo)**
- **Un equipo que sólo funcione como host no reenvía datagrams**



Tablas de ruteo

*Ejemplo para router Y

Tabla de ruteo

Red de destino	d/i	dir. router	interface
202.2.2.0	i	202.2.3.1	eth0
202.2.3.0	d	-----	eth0
202.2.4.0	d	-----	eth1

- **Red de destino:** Red de destino del datagram
- **d/i:** indica si el datagram debe ser enviado a su dirección de destino o a un router intermedio
- **dir. router:** dirección del router a través del cual se accederá a la red destino
- **interface:** salida física (p.ej. LAN Ethernet) por la cual se debe enviar el datagram

Tablas ARP p/cada interface

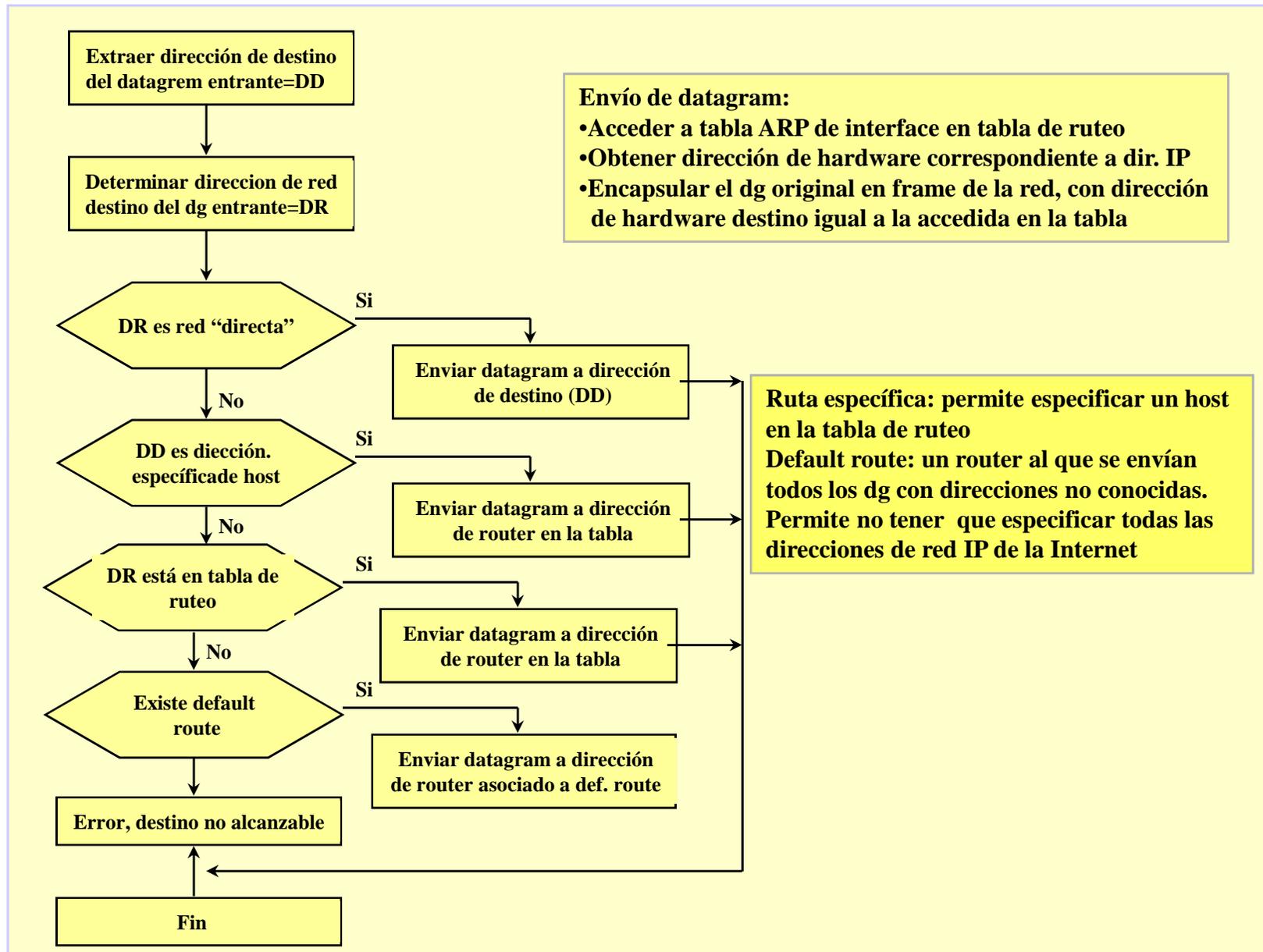
Interface eth0

Dirección IP	Dir. de red
202.2.3.4	ee.ee.ee.ee.ee.ee
202.2.3.3	cc.cc.cc.cc.cc.cc
202.2.3.1	xx.xx.xx.xx.xx.xx

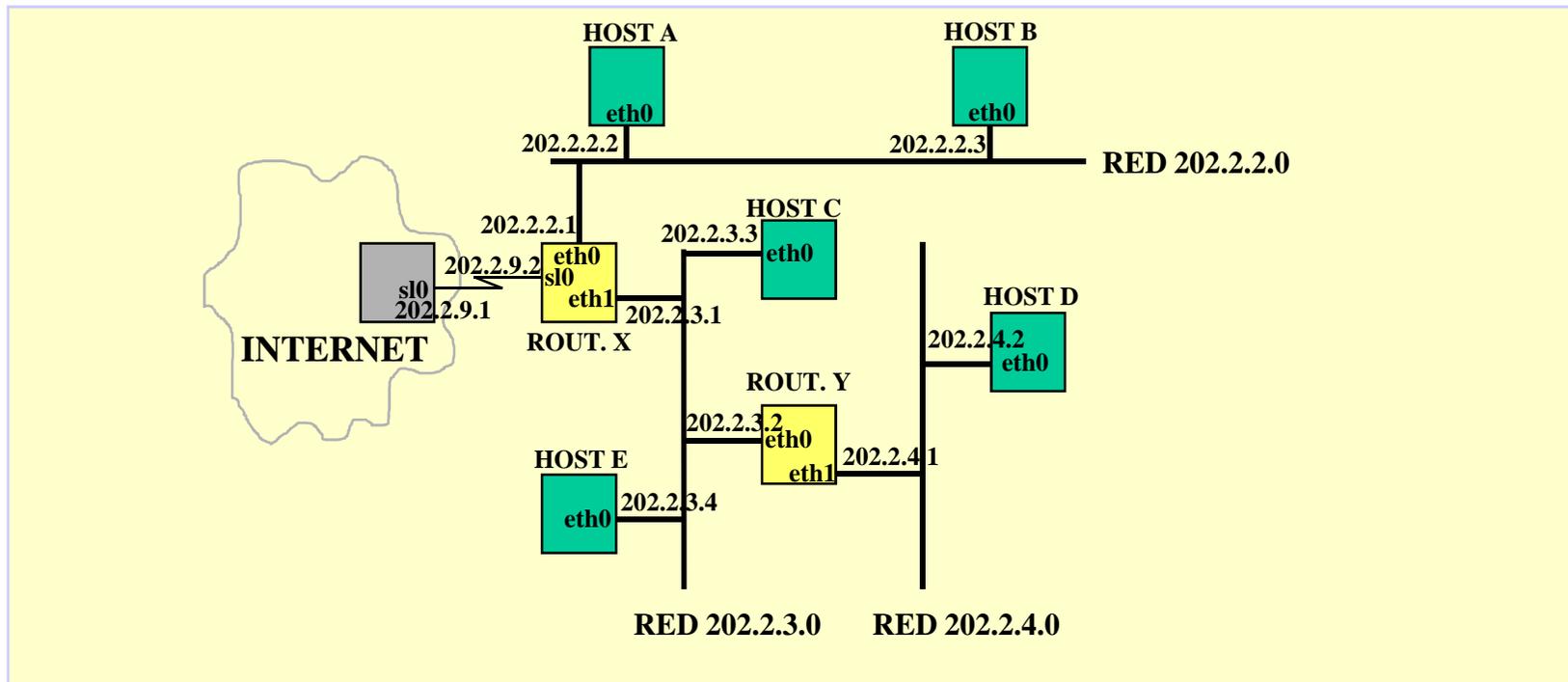
Interface eth1

Dirección IP	Dir. de red
202.2.4.2	bb.bb.bb.bb.bb.bb

Algoritmo simplificado de ruteo



Ejemplo: contenido de tablas de ruteo



ROUTER X

RED DEST	D/I	ROUTER	IF
202.2.2.0	D	-----	eth0
202.2.3.0	D	-----	eth1
202.2.4.0	I	202.2.3.2	eth1
default	I	202.2.9.1	sl0

eth0		sl0	
DIR. IP	DH	DIR. IP	DH
202.2.2.2	ha	202.2.9.1	hl
202.2.2.3	hb		

eth1	
DIR. IP	DH
202.2.3.2	hy
202.2.3.3	hc
202.2.3.4	he

ROUTER Y

RED DEST	D/I	ROUTER	IF
202.2.2.0	I	202.2.3.1	eth0
202.2.3.0	D	-----	eth0
202.2.4.0	D	-----	eth1
default	I	202.2.3.1	eth0

eth0		eth1	
DIR. IP	DH	DIR. IP	DH
202.2.3.1	hx	202.2.4.2	hd
202.2.3.3	hc		
202.2.3.4	he		

ROUTER EN INTERNET

RED DEST	D/I	ROUTER	IF
202.2.2.0	I	202.2.9.2	sl0
202.2.3.0	I	202.2.9.2	sl0
202.2.4.0	I	202.2.9.2	sl0
default	I	xx.xx.xx.xx	iii

sl0	
DIR. IP	DH
202.2.9.2	hx

HOSTS A O B

RED DEST	D/I	ROUTER	IF
202.2.2.0	D	-----	eth0
default	I	202.2.2.1	eth0

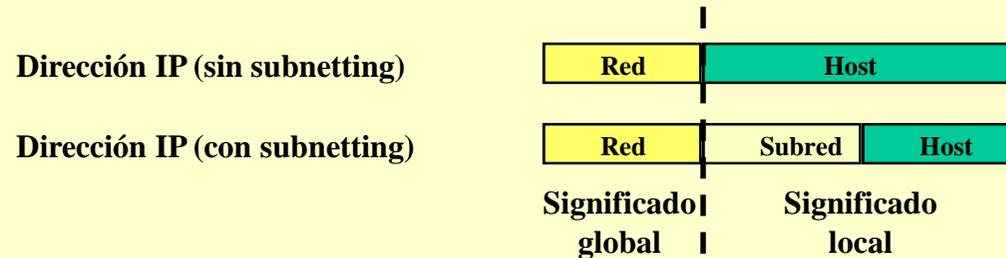
eth0 (host A)	
DIR. IP	DH
202.2.2.2	ha
202.2.2.3	hb

Subnetting

- **Objetivo: Compartir una dirección de red IP entre varias redes físicas**
- **Beneficios**
 - **Uso eficiente de direcciones IP (referido a no desperdiciar direcciones)**
 - **Salvar limitaciones de hardware (distintos tipos de red, cantidad máxima de nodos soportados, distancia)**
 - **División en subredes de acuerdo a la estructura de la organización**
- **Características**
 - **Agregado de un nivel jerárquico en la dirección IP**
 - **Invisible para los routers externos**
 - **Implementación a través de máscaras de subred**
- **Mejoras**
 - **Restricción en el uso de máscaras para facilitar la administración al crecer la red (flexibilidad)**
 - **VLSM (Variable Length Subnet Mask) para aprovechar las direcciones**

Subnetting

- Se agrega un nivel jerárquico en la dirección, sólo interpretado localmente



Cantidad de bits asignada al campo subred

No se hace especificación en la norma original (RFC 950) acerca de si todas las subredes de una red deben tener la misma longitud

Genera ambigüedades y protocolos que no lo soportan (RIPv1)

Posición del campo subred

No se especifica (RFC 950) la ubicación de los campos Subred y Host

Se recomienda que dichos campos estén compuestos de bits contiguos

En la práctica, se utilizan de la manera que se ve en la figura

Subnetting: uso de máscaras

- **Máscara de subred**
 - Utilizada para indicar cuáles bits de una dirección IP corresponden a red y cuáles a host
 - Número de 32 bits, expresado en notación decimal con puntos, como una dirección IP
 - Los bits en “1” de la máscara indican que los correspondientes bits de una dirección IP conforman la dirección de red, los bits en “0” indican host
 - El router tendrá en cuenta la máscara de subred para tomar las decisiones de ruteo
 - Dada una dirección IP(D_IP):
 - **Dir. de red = (D_IP) AND MASCARA**

Ejemplo:

Una red clase C es dividida de manera tal que se utilizan 3 bits para subred y 5 bits para host.

Máscara: 255.255.255.248(dec) FF FF FF F8(hex) 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1000(bin)

La dirección IP: 200.2.3.98, en este contexto significa: red 200.2.3.96, host 2

Subnetting: direcciones especiales

- **Se conserva el significado de las direcciones especiales: No se puede utilizar los valores 0 (todos ceros) ó -1 (todos unos) en los campos subred o host**
- **Pérdida de direcciones utilizables, dependiendo de la longitud de máscara utilizada**
- **Direcciones especiales utilizadas**

<Red> <Subred> <Host>

< R > < 0 > < 0 > **“este” Host en “esta” Subred (bootp)**

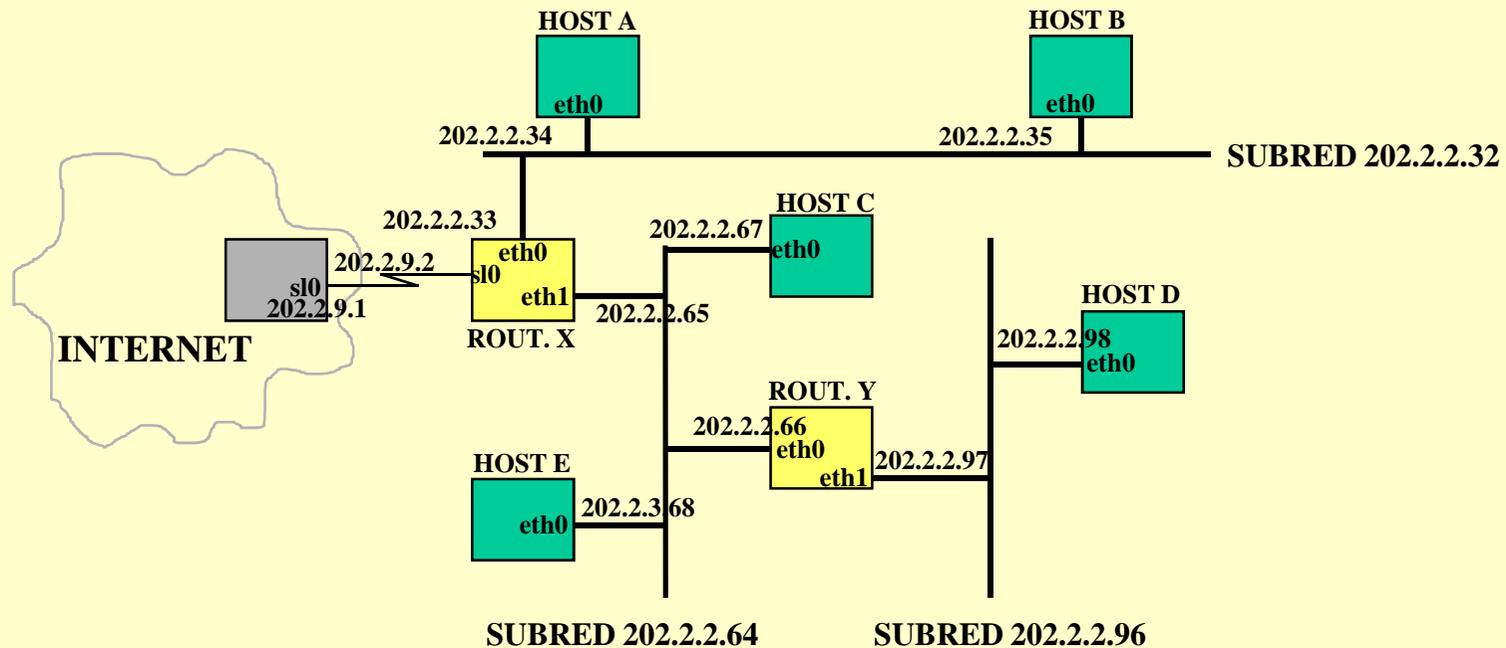
< R > < 0 > < H > **Host H en “esta” Subred**

< R > < -1 > < -1 > **Todos los hosts en todas las subredes. Broadcast en la Red, si los routers internos lo permiten**

< R > < S > < -1 > **Todos los hosts de la Subred S. Broadcast en la Subred S.**

< R > < S > < H > **Host H de la Subred S**

Subnetting: ejemplo



Para las tres redes, se dispone de una única dirección clase C: 202.2.2.0

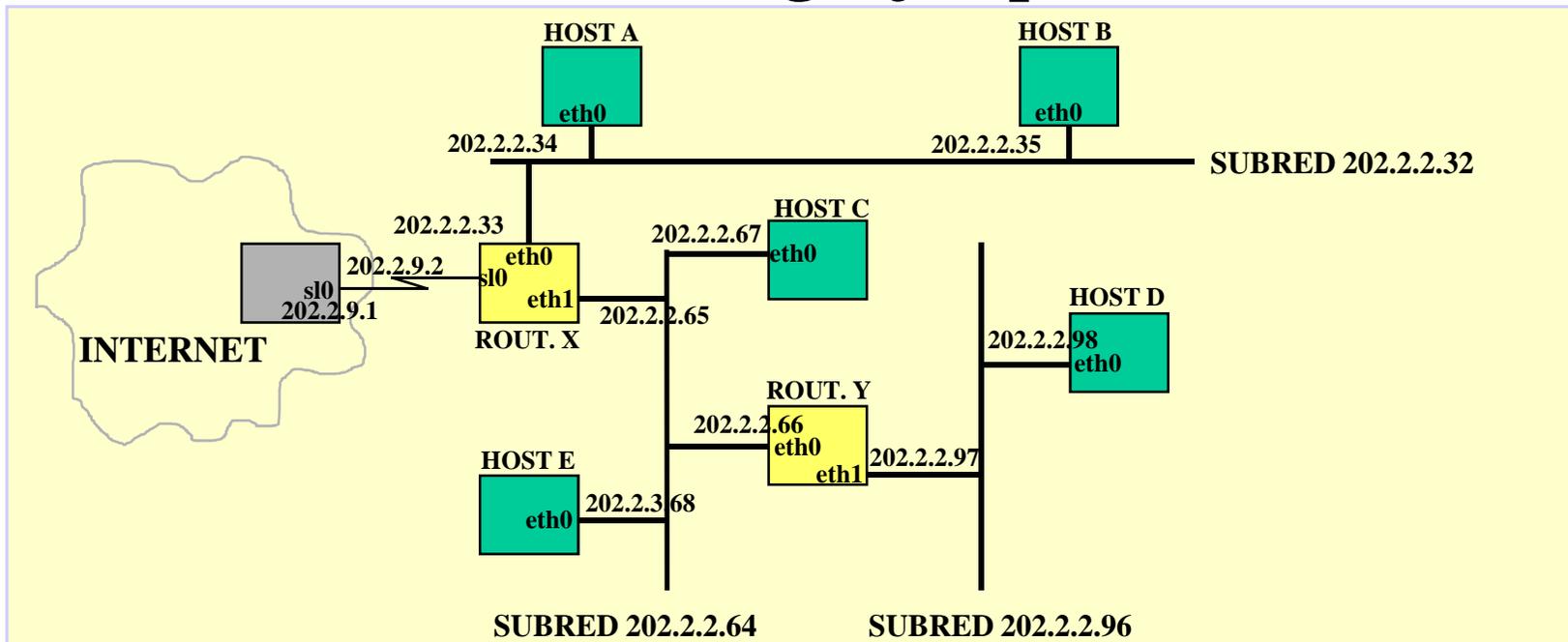
Crecimiento previsto: hasta 5 subredes de no más de 20 hosts cada una

Máscara utilizada: 255.255.255.224 (FF.FF.FF.E0) (3 bits para subred = 6 subredes)

Subredes:	001	CA.02.02.20	202.2.2.32
	010	CA.02.02.40	202.2.2.64
	011	CA.02.02.60	202.2.2.96
	100	CA.02.02.80	202.2.2.128
	101	CA.02.02.A0	202.2.2.160
	110	CA.02.02.C0	202.2.2.192

Subredes utilizadas: 202.2.2.32, 202.2.2.64, 202.2.2.96

Subnetting: ejemplo



ROUTER X

RED DEST	D/I	ROUTER	MASCARA	IF
202.2.2.32	D	-----	255.255.255.224	eth0
202.2.2.64	D	-----	255.255.255.224	eth1
202.2.2.96	I	202.2.2.66	255.255.255.224	eth1
default	I	202.2.9.1	-----	sl0

ROUTER Y

RED DEST	D/I	ROUTER	MASCARA	IF
202.2.2.32	I	202.2.2.65	255.255.255.224	eth0
202.2.2.64	D	-----	255.255.255.224	eth0
202.2.2.96	D	-----	255.255.255.224	eth1
default	I	202.2.2.65	-----	eth0

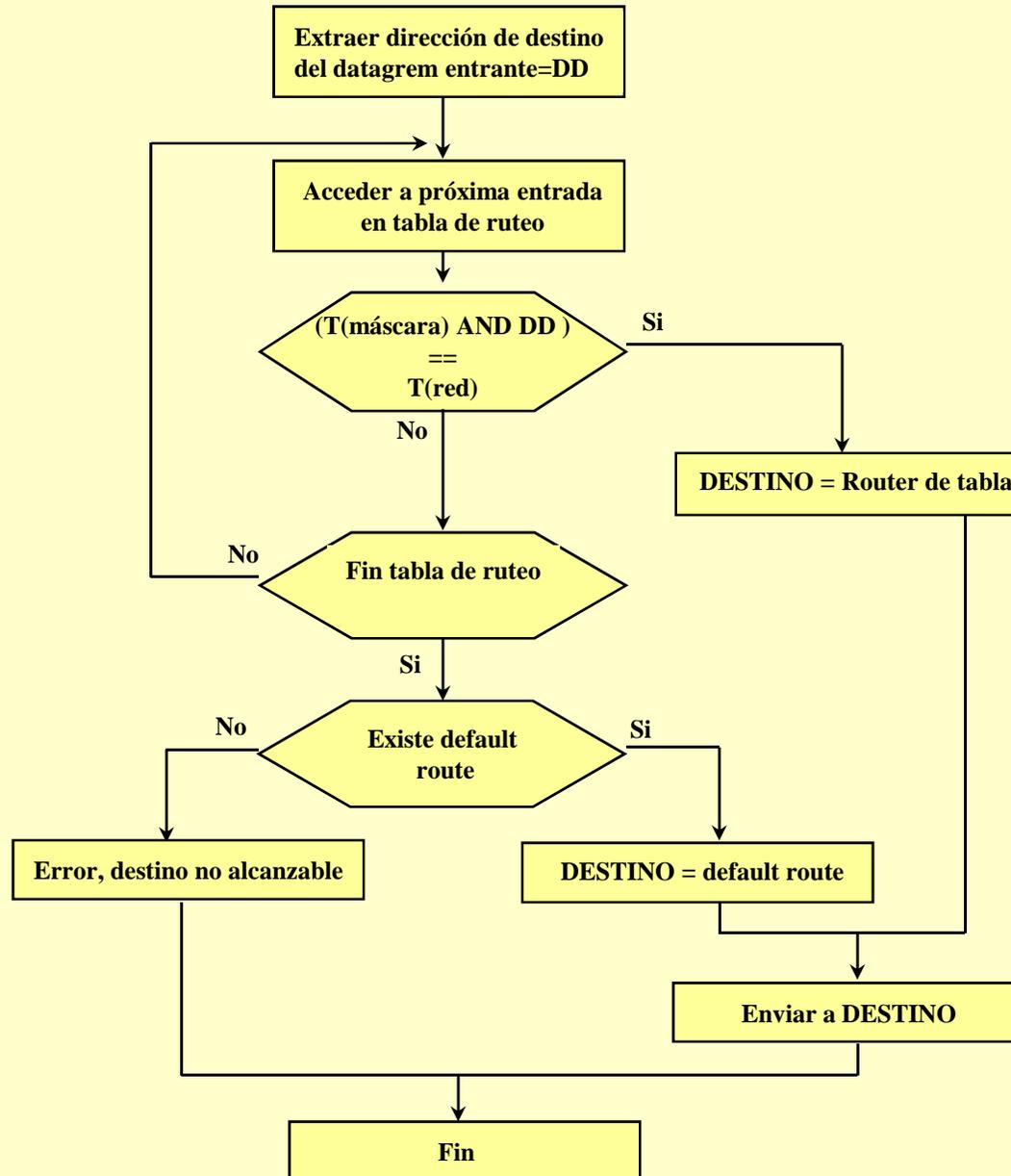
ROUTER INTERNET

RED DEST	D/I	ROUTER	MASCARA	IF
202.2.2.0	I	202.2.9.2	255.255.255.0	sl0

HOST A ó B

RED DEST	D/I	ROUTER	MASCARA	IF
202.2.2.32	D	-----	255.255.255.224	eth0
202.2.2.64	I	202.2.2.33	255.255.255.224	eth0
202.2.2.96	I	202.2.2.33	255.255.255.224	eth0
default	I	202.2.2.33	-----	eth0

Algoritmo de reenvío con subnetting



Subnetting: ejemplo

Ejemplo: configuración de Router Y en Linux:

- **ifconfig eth0 202.2.2.66 netmask 255.255.255.224** **Configuración de interfaces**
- **ifconfig eth1 202.2.2.97 netmask 255.255.255.224**

- **route add -net 202.2.2.64 netmask 255.255.255.224** **Rutas locales**
- **route add -net 201.2.2.96 netmask 255.255.255.224**

- **route add -net 202.2.2. 32 gw 202.2.2.65 netmask 255.255.255.224** **Ruta específica a una red vía gateway**

- **route add default gw 202.2.2.65** **Ruta por defecto vía gateway**

Subnetting: asignación de direcciones de subred

- **Asignación de números de subred**
 - Debe estimarse con exactitud el crecimiento de la red
 - Si aumenta en más de lo previsto la cantidad de subredes o de hosts, se deberá reestructurar la asignación de subredes, con el consiguiente overhead de administración
- **Asignación alternativa**
 - Permite variar la cantidad de bits asignados a los campos subred y host, sin necesidad de modificar direcciones de subred
 - El campo host ocupa los bits de la derecha, los hosts se numeran de 1 en adelante, siendo los bits más significativos los de la izquierda
 - El campo subred ocupa los bits de la izquierda, utilizando una imagen “espejo” (se intercambia el bit de extrema derecha con el de extrema izquierda y así sucesivamente)

Subnetting: asignación de direcciones de subred

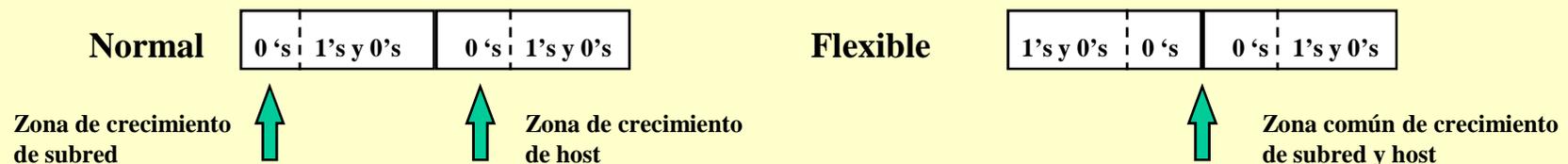
Asignación del campo Host de la dirección IP de una red clase C, para 4 bits de subred y 4 de host:

Subred 1	Subred 2	Subred 3	Subred 4	Subred 5	Subred 6
1000 - 0001	0100 - 0001	1100 - 0001	0010 - 0001	1010 - 0001	0110 - 0001
1000 - 0010	0100 - 0010	1100 - 0010	0010 - 0010	1010 - 0010	0110 - 0010
1000 - 0011	0100 - 0011	1100 - 0011	0010 - 0011	1010 - 0011	0110 - 0011

Si subred 1 crece y llega a tener más de 14 hosts, se deberá cambiar la máscara de subred: 3 bits para subred, 5 bits para host.
Consecuencia: Sólo reasignación de máscaras:

Subred 1	Subred 2	Subred 3	Subred 4	Subred 5	Subred 6
100 - 00001	010 - 00001	110 - 00001	001 - 00001	101 - 00001	011 - 00001
100 - 00010	010 - 00010	110 - 00010	001 - 00010	101 - 00010	011 - 00010
.....	010 - 00011	110 - 00011	001 - 00011	101 - 00011	011 - 00011
100 - 01111					
100 - 10000					

Comparación de ambos esquemas de asignación



Subnetting: uso efectivo del espacio de direccionamiento

El uso de subnetting lleva implícito un desaprovechamiento del espacio de direcciones, cuya magnitud depende de la configuración utilizada.

Por ejemplo, para una red de clase C

Largo de máscara	Máscara (hex)	# bits para host	# hosts por subnet	# bits para subnet	# subnets	# total de direcciones
25	FF FF FF 80	7	126	1	0	0
26	FF FF FF C0	6	62	2	2	124
27	FF FF FF E0	5	30	3	6	180
28	FF FF FF F0	4	14	4	14	196
29	FF FF FF F8	3	6	5	30	180
30	FF FF FF FC	2	2	6	62	124
31	FF FF FF FE	1	0	7	126	0

Direccionamiento IP

- **Direccionamiento jerárquico:** <prefijo, host>
 - **prefijo:** utilizado por los routers para determinar paths para direcciones no locales
 - **host:** utilizado para ubicar el equipo local
- **Prefijo**
 - **Compuesto por una dirección IP y una indicación de la cantidad de bits contiguos, a izquierda que lo componen**
 - **Longitud determinada por contexto**
 - **clase de dirección (A, B o C)**
 - **máscara de subred (extensión a derecha del prefijo de clase)**
 - **Indicado como una dirección IP, seguido de la cantidad de bits que lo componen**
 - **Clase C: 192.9.200.0/24**
 - **Clase B: 130.19.0.0/16**
 - **Clase A: 10. 0.0.0/8**

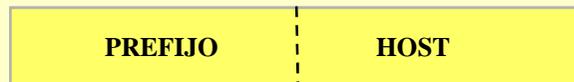
Clases de direccionamiento

- **Classful Addressing**
 - Los routers aceptan determinadas longitudes de prefijos (clases de direcciones IP y máscaras locales).
 - Los protocolos de ruteo no transmiten información acerca de los prefijos.
 - Para rutear un datagram, se busca en la tabla de rutas una dirección de red que coincida con el prefijo de la dirección de destino.

- **Classless Addressing**
 - Los routers aceptan longitudes de prefijo variables.
 - Los protocolos de ruteo transmiten información de longitud de prefijo, en forma de máscara, junto con cada dirección.
 - Para rutear un datagram, se utiliza el criterio de ruta más específica (“longest match” al buscar en las tablas).

Classless Addressing

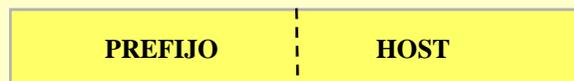
Subnetting (VLSM - Variable Length Subnet Masking-)



Extiende el prefijo hacia la derecha

Permite un mejor uso del espacio de direcciones, al soportar subredes de longitud variable que se adaptan mejor a casos particulares.

Supernetting (sumarización)



Reduce el prefijo hacia la izquierda

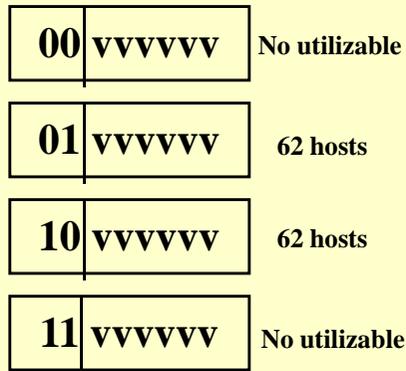
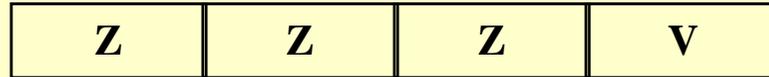
Permite reducir tamaño de tablas de ruteo y tráfico de intercambio de información de ruteo al posibilitar que un router anuncie y tenga una única entrada en la tabla para un conjunto de rutas.

VLSM

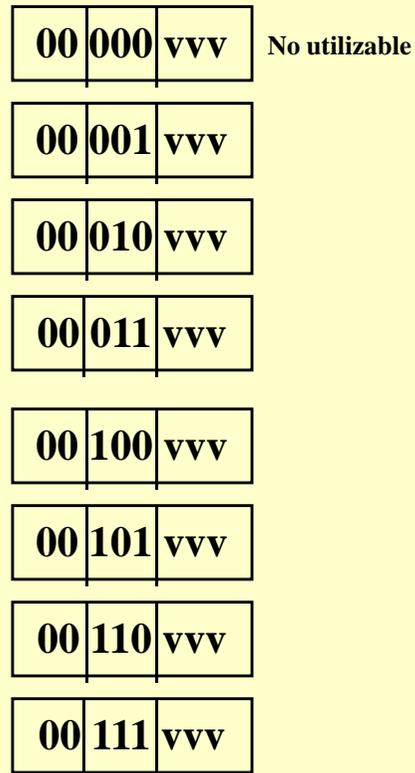
- **Uso más eficiente del espacio de direcciones**
- **Soporta subredes no contiguas (subredes separadas por parte de otra subred)**
- **Reglas de asignación de direcciones**
 - **El espacio de direcciones en el que el campo subred es 0 ó -1 para una máscara de una cierta longitud, puede ser utilizado en una subred con una máscara de menor longitud**
 - **Bajo una cierta máscara, las direcciones con campos de subred o host 0 o -1 no pueden ser utilizados**
 - **El espacio de direcciones asignado bajo una máscara no puede ser asignado bajo otra máscara (prefijo más largo).**

VLSM

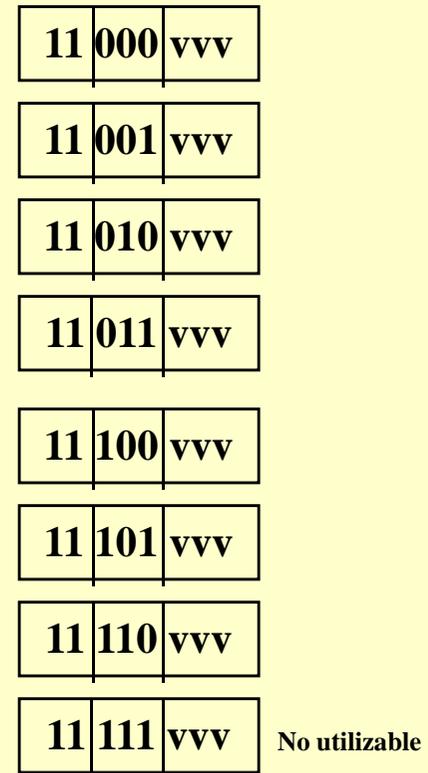
- Ejemplo



Máscara de 26 bits

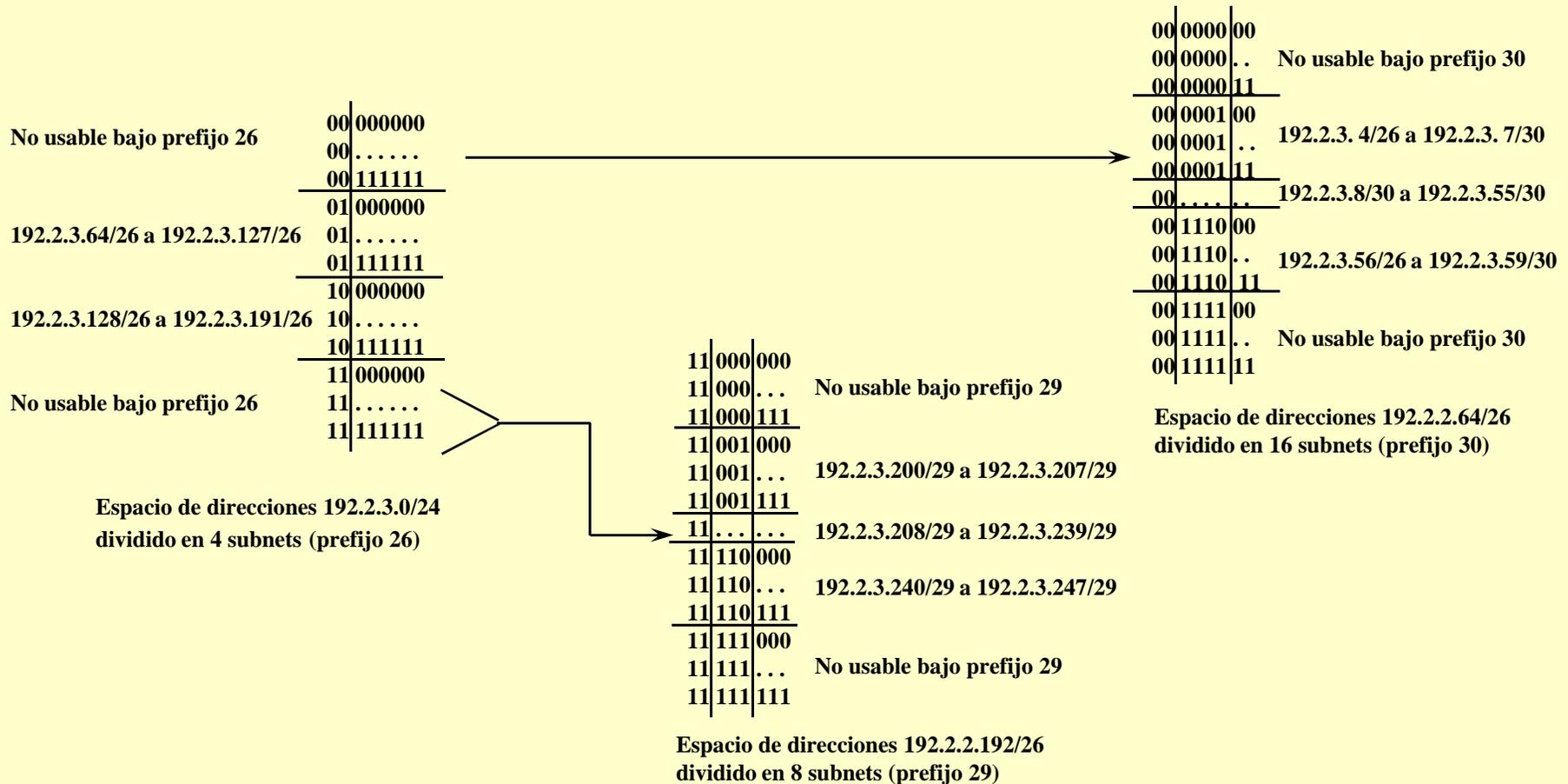


Máscara de 29 bits



VLSM: ejemplo

Posible subnetting de una red clase C (192.2.3.0/24) usando VLSM



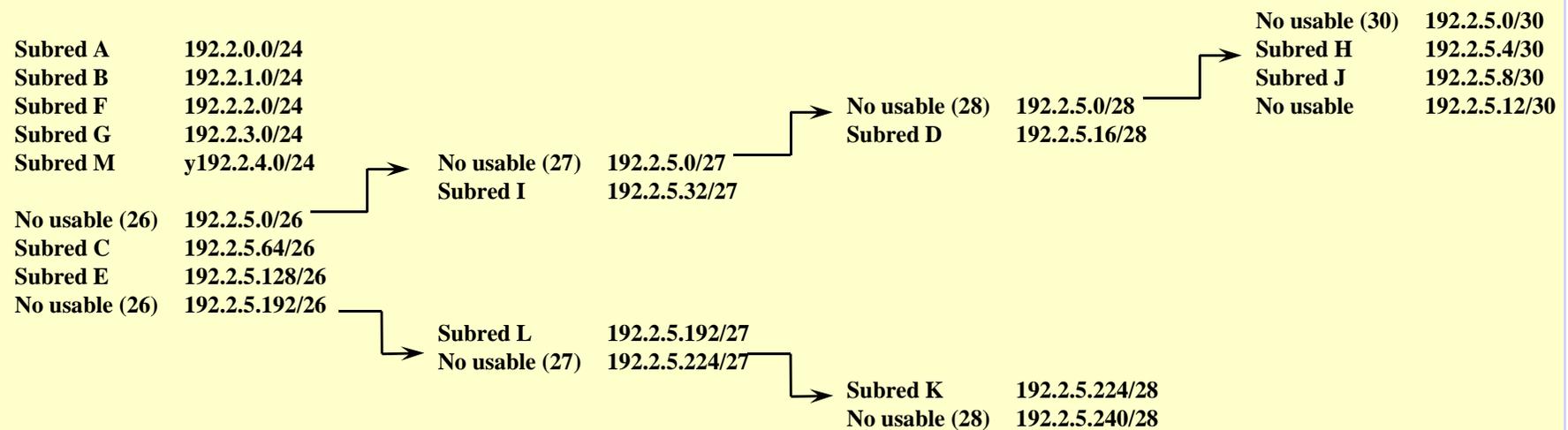
VLSM

- **Problemas con un protocolo que no soporte propagar información de máscaras:**
 - **Subnetting de C y E:**
 - **No es posible conectar partes de una subred a través de otra subred (H)**
 - **Solución: Conexión punto a punto de los routers R1 y R2, con interfaces no numeradas**
 - **Subsiste el problema: si cae H, pese a estar unidas físicamente C y E no se comunican**
 - **El mismo problema ocurre entre los segmentos (K, L) y (D, I) si cae J**

VLSM: Asignación de direcciones para el ejemplo

Se dispone de 6 redes clase C: 192.2.0.0/24 a 192.2.0.5/24

Asignación de subredes



CIDR (Classless Inter Domain Routing)

- **Crecimiento no previsto de la Internet**
- **Agotamiento de las direcciones clase B (sólo hay 16382)**
- **A muchas organizaciones no les basta con una dirección clase C (254 hosts)**
- **Solución a largo plazo (2005): IPv6**
- **Solución a corto plazo: Asignación de grupos de direcciones clase C a los usuarios**
 - **Problemas**
 - **Crecimiento inmanejable de tablas de ruteo (memoria y proceso)**
 - **Consumo excesivo de vínculos de transmisión debido a la propagación de información de ruteo**
 - **Solución a corto plazo: CIDR, que permite la asignación “eficiente” de las direcciones de red clase C restantes**

CIDR

- **CIDR (RFC 1519, Nov 1992) propone:**
 - **Asignación jerárquica de grupos de direcciones de clase C**
 - **Direcciones classless: la división entre la parte de la dirección que corresponde a la red y al host es variable, indicada por una máscara (p.e. 200.2.2.2/24)**
 - **Los routers pueden “resumir” información respecto de un grupo de direcciones y propagar la información resumida (aggregation)**
 - **En las tablas de ruteo, se almacena la información resumida**
 - **Los protocolos de ruteo más nuevos lo soportan (BGP-4, OSPF, etc)**
 - **Los routers soportan el mecanismo de matching más específico (longest match) ya que es el utilizado en subnetting**

Asignación propuesta para las direcciones clase C

Direcciones 194.0.0.0 a 195.255.255.255 Europa

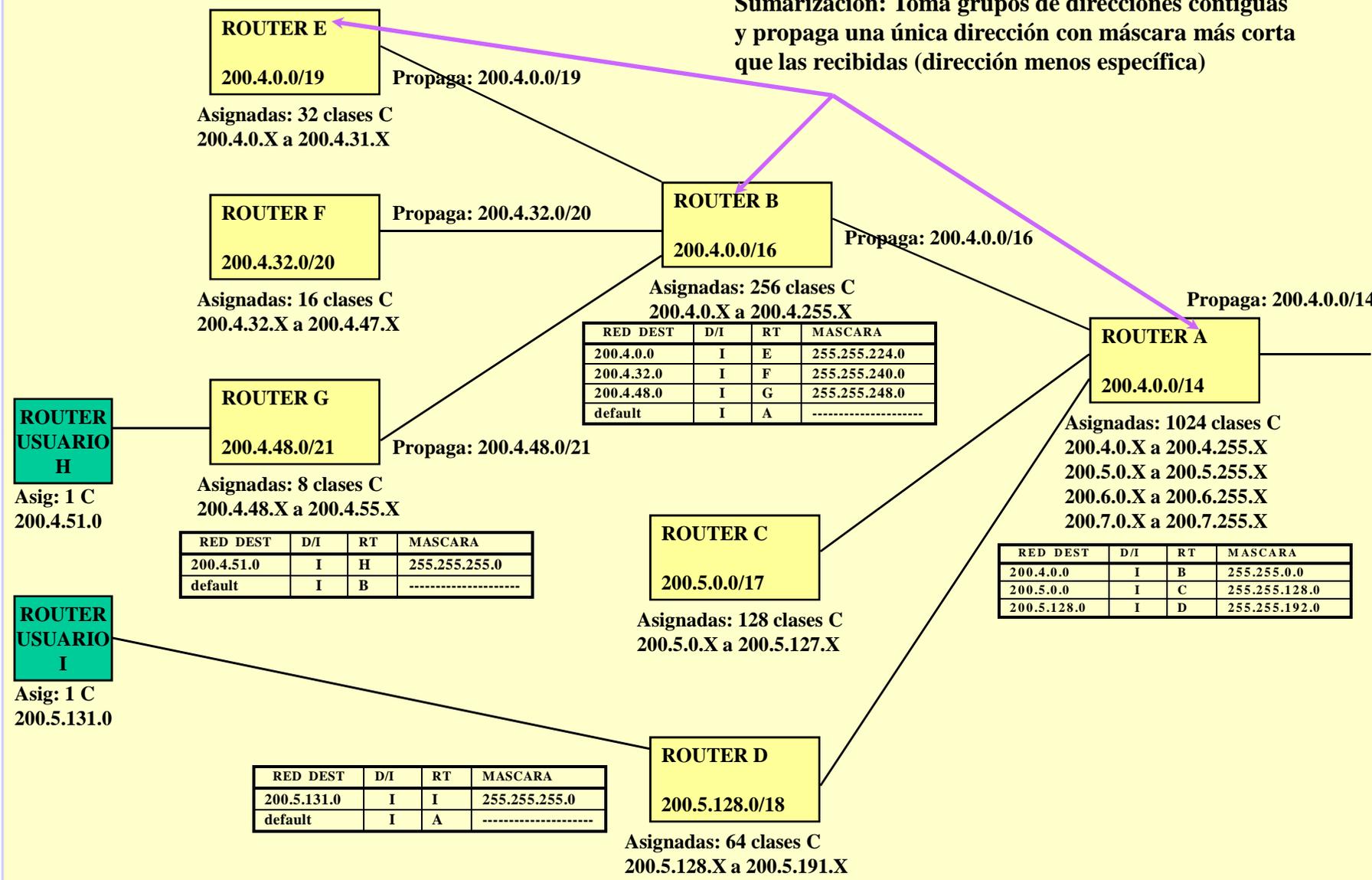
Direcciones 198.0.0.0 a 199.255.255.255 América del Norte

Direcciones 200.0.0.0 a 201.255.255.255 América Central y América del Sur

Direcciones 202.0.0.0 a 203.255.255.255 Asia y el Pacífico

CIDR

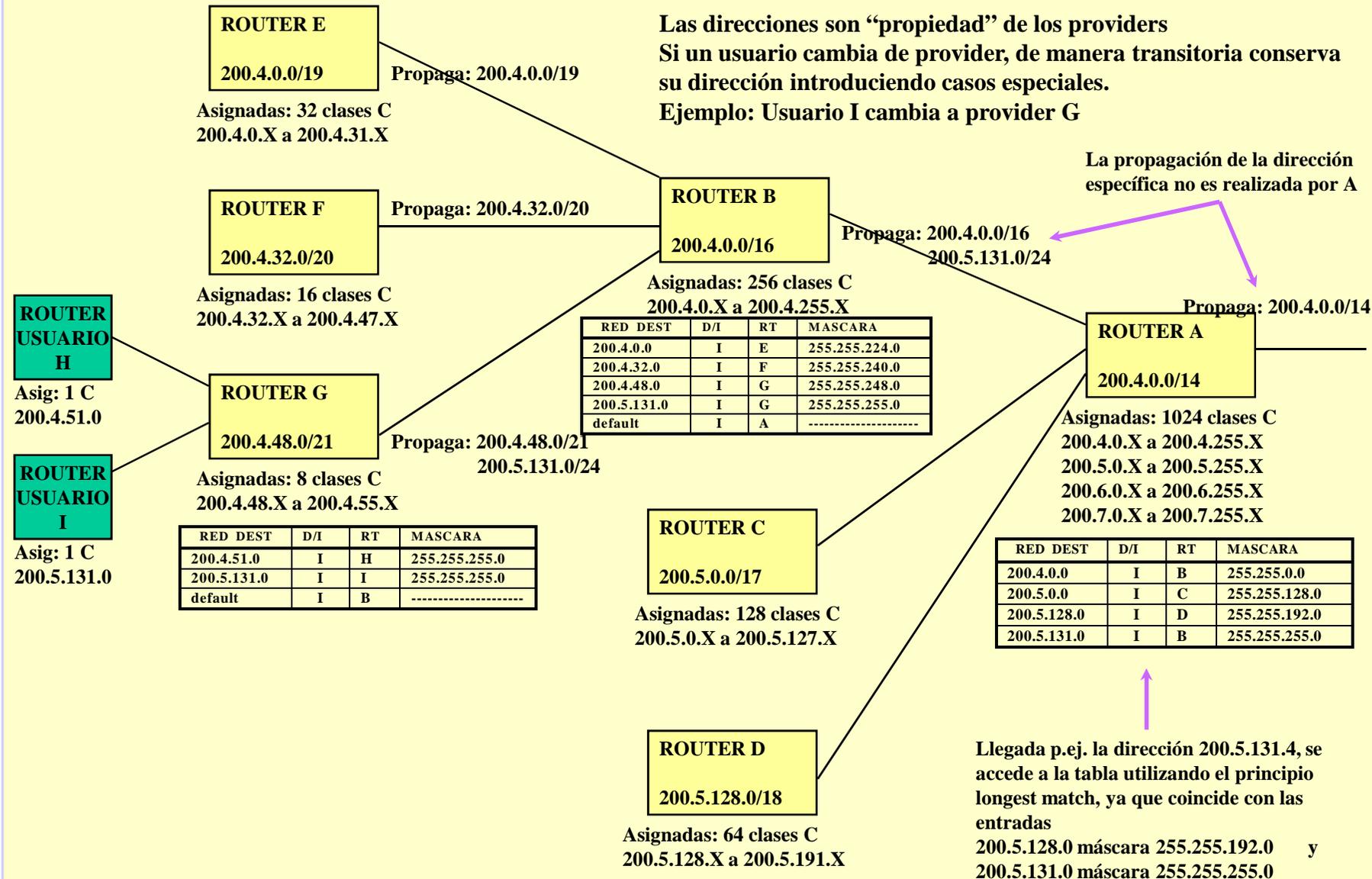
Sumarización: Toma grupos de direcciones contiguas y propaga una única dirección con máscara más corta que las recibidas (dirección menos específica)



* Las entradas en las tablas de ruteo se muestran parcialmente

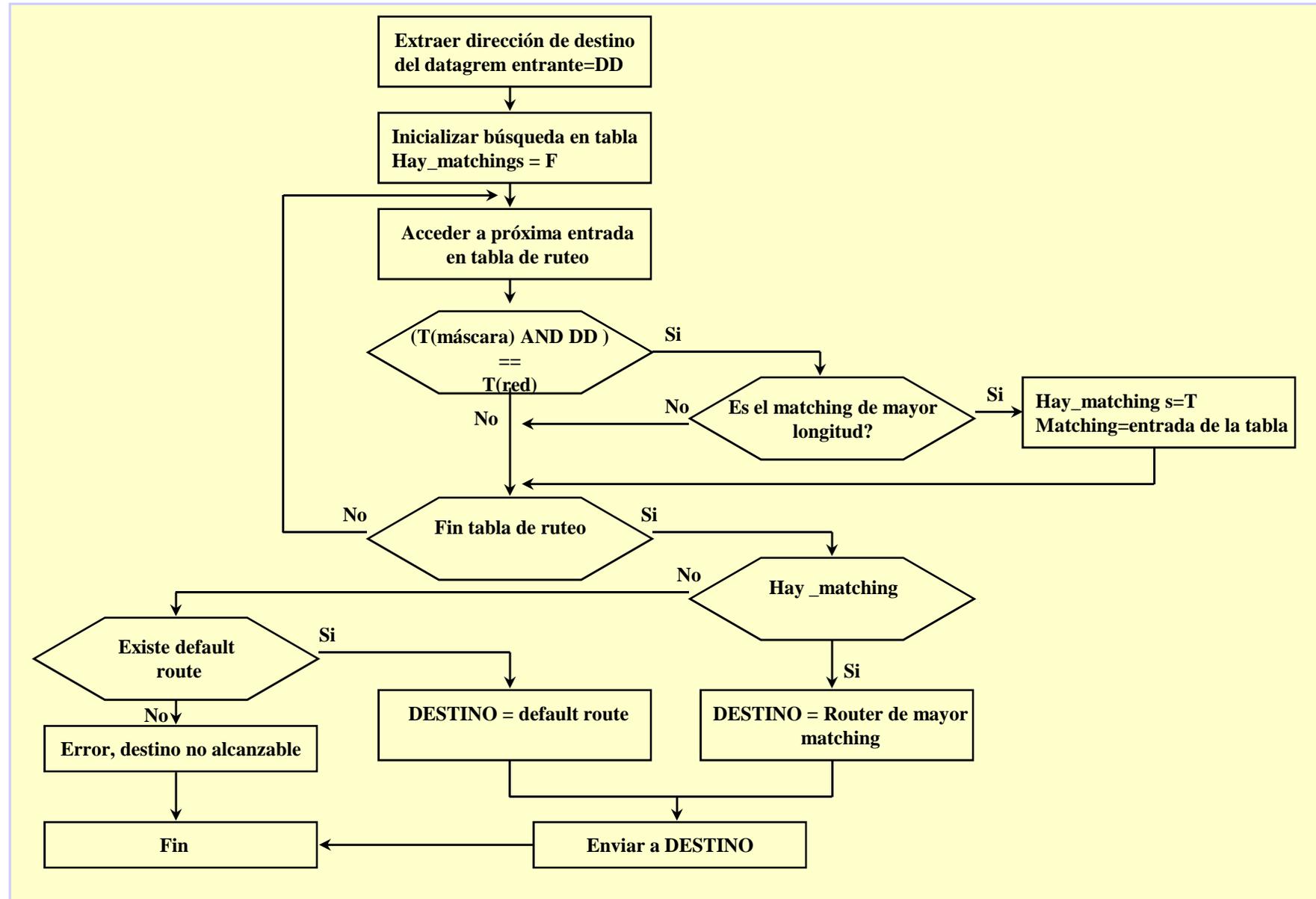
CIDR

Las direcciones son “propiedad” de los providers
 Si un usuario cambia de provider, de manera transitoria conserva su dirección introduciendo casos especiales.
 Ejemplo: Usuario I cambia a provider G



* Las entradas en las tablas de ruteo se muestran parcialmente

Algoritmo de búsqueda en tablas de ruteo con principio longest match prefix



Dirección más específica

Entrada 1:	100.100.0.0	255.255.0.0	A router R1
Entrada 2:	100.100.0.0	255.255.255.0	A router R2

Sólo entrada 1:

100.100.0.0 a 100.100.255.255 → Matching entrada 1 (16)

Agregado entrada 2:

100.100.0.0 a 100.100.0.255 → Matching entrada 1 (16)
Matching entrada 2 (24)

100.100.1.0 a 100.100.255.255 → Matching entrada 1 (16)

Entrada 1: Red 100.100.0.0/16

Entrada 2: Red 100.100.0.0/24 (más específica)

Direcciones Multicast

- **Direccionamiento soportado por la clase D**
- **28 bits para direccionar grupos de equipos**
- **Grupos permanentes y temporarios**
- **Los hosts periódicamente son preguntados acerca de su pertenencia a los distintos grupos (protocolo IGMP)**
- **Se requieren routers especiales**
- **Ruteo especial utilizando spanning trees**
- **Grupos permanentes:**
 - **224.0.0.1 Todos los sistemas en una LAN**
 - **224.0.0.2 Todos los routers en una LAN**
 - **224.0.0.5 Todos los routers OSPF en una LAN**
 - **224.0.0.6 Todos los designated routers OSPF en una LAN**