

IPv6

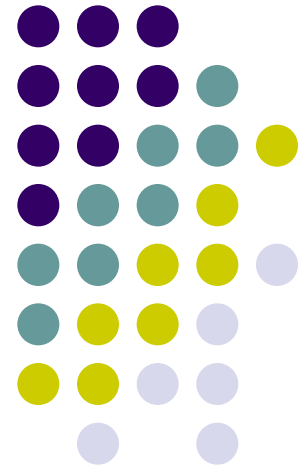
Parte 3

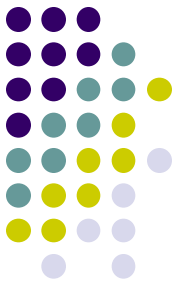
Comunicaciones

LCC

UNR

bulacio@cifasis-conicet.gov.ar





IPv6: Contenido

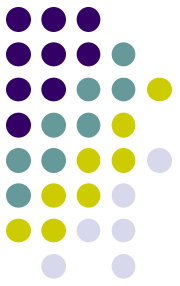
- Motivaciones y Orígenes de IPv6
- Objetivos de Diseño
- Datagrama - Cabeceras
- Direcciones
- Funcionalidades
 - ICMP/
 - Neighbor Discovery/
 - Autoconfiguration/
 - PMTUD/ QoS/
 - Coexistence issues



Direcciones de una interfaz

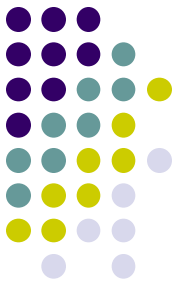
Address type	Binary prefix	IPv6 notation
-----	-----	-----
Unspecified	00...0 (128 bits)	::/128
Loopback	00...1 (128 bits)	::1/128
Multicast	11111111 (8 bits)	FF00::/8
Link-Local unicast	1111111010	FE80::/10
Unique-Local unicast	11111110	FC00::/7
Global Unicast	001	2000::/3



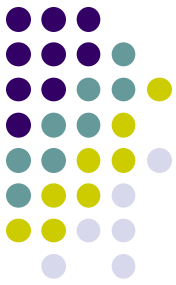


ICMP/Neighbor Discovery- Autoconfiguration/PMTUD/ QoS/Coexistence issues

Internet Control Message Protocol v6



- **ICMP/**
- Neighbor Discovery-Autoconfiguration/
- PMTUD/
- QoS/
- Coexistence issues



ICMPv6 RFC 4443

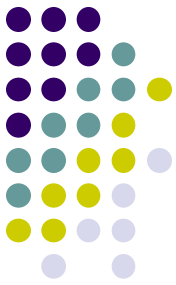
Internet Control Message Protocol

- Mismas funciones que ICMPv4 (pero no compatibles):
 - Informar características de la red;
 - Realizar diagnósticos;
 - Informar errores en el procesamiento de paquetes.
- Está después del encabezado base y extensión (si los hay)

IPv6 Base	Extensión NH=58	ICMPv6
-----------	--------------------	--------

Identificado por Next Header = 58

Se **debe** implementar en todos los nodos



ICMPv6

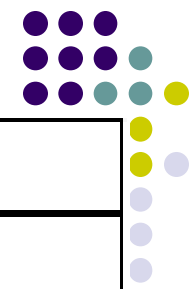
- Utilizado para las funcionalidades IPv6:
 - Gestión de grupos multicast (Multicast Listener Discovery)
 - Descubrimiento de vecinos (Neighbor Discovery, ND)
 - Movilidad IPv6
 - Descubrimiento de la Path MTU (Maximun Transmisit Unit)

Tipo	Código	Checksum
Datos		

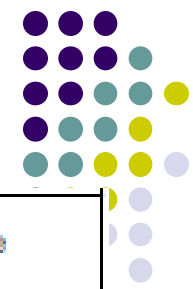


ICMPv6

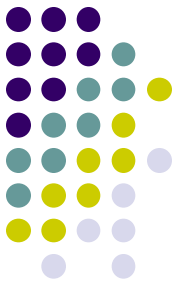
Tipo	Nombre	Descripción
1	Destination Unreachable	Indica fallas en la entrega del paquete (como dirección o puerto desconocido) o problemas en la comunicación.
2	Packet Too Big	Indica que el tamaño del paquete es mayor que la Unidad Máxima de Transferencia (MTU) de un enlace.
3	Time Exceeded	Indica que el Límite de Direccionamiento o el tiempo de ensamble del paquete fue excedido.
4	Parameter Problem	Indica un error en alguno de los campos del encabezado IPv6 o que el tipo indicado en el campo Siguiente Encabezado no fue reconocido.
100-101		Uso experimental
102-126		No utilizados
127		Reservado para la expansión de mensajes de error ICMPv6



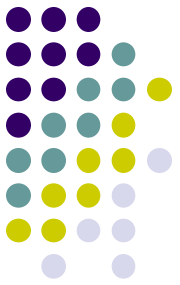
Tipo	Nombre	Descripción
128	Echo Request	Utilizados por el comando ping.
129	Echo Reply	
130	Multicast Listener Query	Utilizados en la gestión de grupos <i>multicast</i> .
131	Multicast Listener Report	
132	Multicast Listener Done	
133	Router Solicitation	Utilizados con el protocolo de Descubrimiento de Vecinos.
134	Router Advertisement	
135	Neighbor Solicitation	
136	Neighbor Advertisement	
137	Redirect Message	
138	Router Renumbering	Utilizado en el mecanismo de re-direccionamiento(<i>Renumbering</i>) de routers.
139	ICMP Node Information Query	Utilizados para descubrir datos sobre nombres y direcciones, actualmente están limitados a herramientas de diagnóstico, depuración y gestión de redes.
140	ICMP Node Information Response	



141	Inverse ND Solicitation Message	Utilizados en una extensión del protocolo de Descubrimiento de Vecinos.
142	Inverse ND Advertisement Message	
143	Version 2 Multicast Listener Report	Utilizado en la gestión de grupos <i>multicast</i> .
144	HA Address Discovery Req. Message	Utilizados en el mecanismo de Movilidad IPv6.
145	HA Address Discovery Reply Message	
146	Mobile Prefix Solicitation	
147	Mobile Prefix Advertisement	
148	Certification Path Solicitation Message	Utilizados por el protocolo SEND.
149	Cert. Path Advertisement Message	
150		Utilizado experimentalmente con protocolos de movilidad como <i>Seamoby</i> .
151	Multicast Router Advertisement	Utilizados por el mecanismo <i>Multicast Router Discovery</i>
152	Multicast Router Solicitation	
153	Multicast Router Termination	

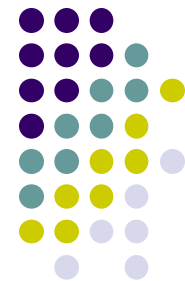


- ICMP/
- **Neighbor Discovery-Autoconfiguration/**
- PMTUD/
- QoS/
- Coexistence issues

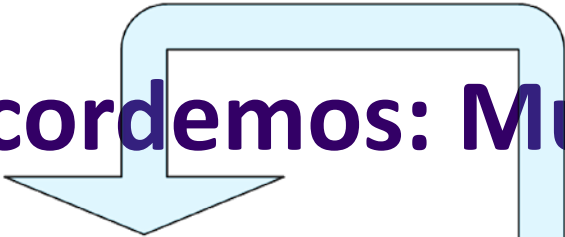


Descubrimiento de vecinos (RFC 4861)

- Utilizado por los *hosts* y *ruters* para:
 - A. Determinar la MAC de los nodos de la red;
 - B. Encontrar ruters vecinos;
 - C. Determinar prefijos y otros datos de configuración de la red;
 - D. Detectar direcciones duplicadas;
 - E. Determinar la accesibilidad de los routers;
 - F. Redireccionamiento de paquetes;
 - G. Autoconfiguración de direcciones

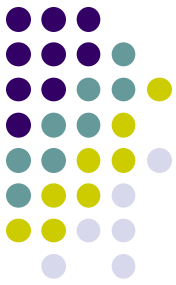


Recordemos: Multicast scope



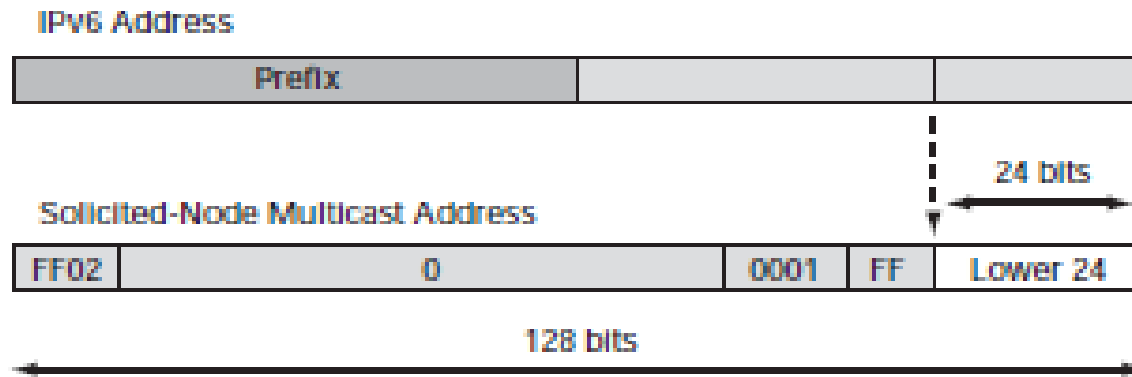
Valor Scope	Descripción
1	Interfaz (loopback)
2	Enlace
3	Subred
4	Admin (configurado)
5	Site
8	Organización
E	Global
0,F	Reservados
6,7,9,A B,C,D	No distribuidos

Dirección	Alcance	Descripción
FF01::1 FF01::2	Interfaz Interfaz	Todas las interfaces (<i>all-nodes</i>) Todos los routers (<i>all-routers</i>)
FF02::1 FF02::2 FF02::5 FF02::6 FF02::9 FF02::D FF02::1:2 FF02::1:FFXX:XXXX	Enlace Enlace Enlace Enlace Enlace Enlace Enlace Enlace	Todos los nodos (<i>all-nodes</i>) Todos los routers (<i>all-routers</i>) Routers OSFP Routers OSPF designados Routers RIP Routers PIM Agentes DHCP <i>Solicited-node</i>
FF05::2 FF05::1:3 FF05::1:4	Site Site Site	Todos los routers (<i>all-routers</i>) Servidores DHCP en un site Agentes DHCP en un site
FF0X::101	Variado	NTP (<i>Network Time Protocol</i>)

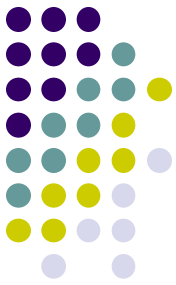


Multicast Solicited-Node

Figure 13: IPv6 Solicited-Node Multicast Address Format



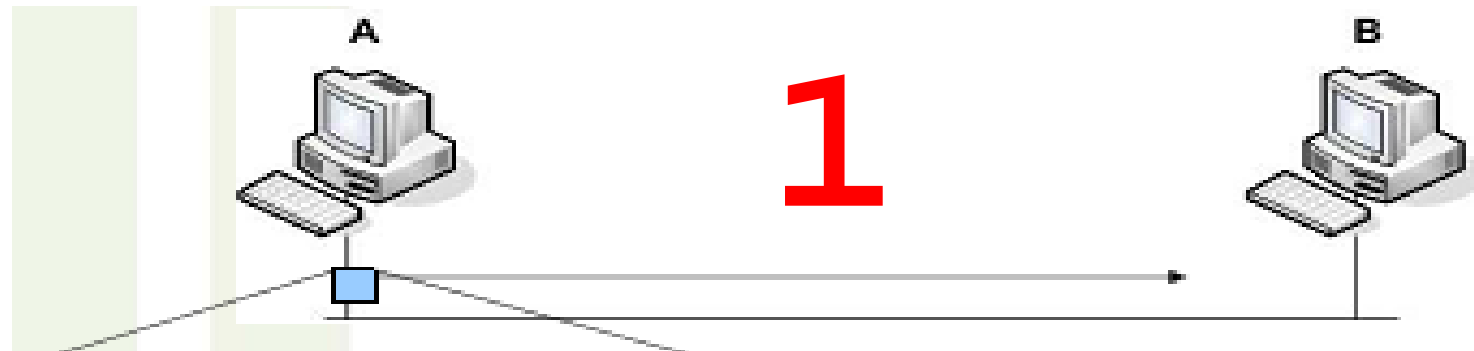
- For example, the *solicited-node multicast* address corresponding to the IPv6 address `2037::01:800:200E:8C6C` is **`FF02::1:FF0E:8C6C`**.



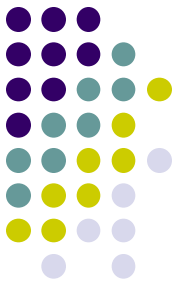
ND A- Descubrimiento de MACs

- **Determina la MAC de los vecinos del mismo enlace** (ARP IPv4).
- Usa dir. **Multicast solicited-node** en lugar de *broadcast*.

El host envía un mensaje NS: informa su MAC y solicita la MAC del vecino.

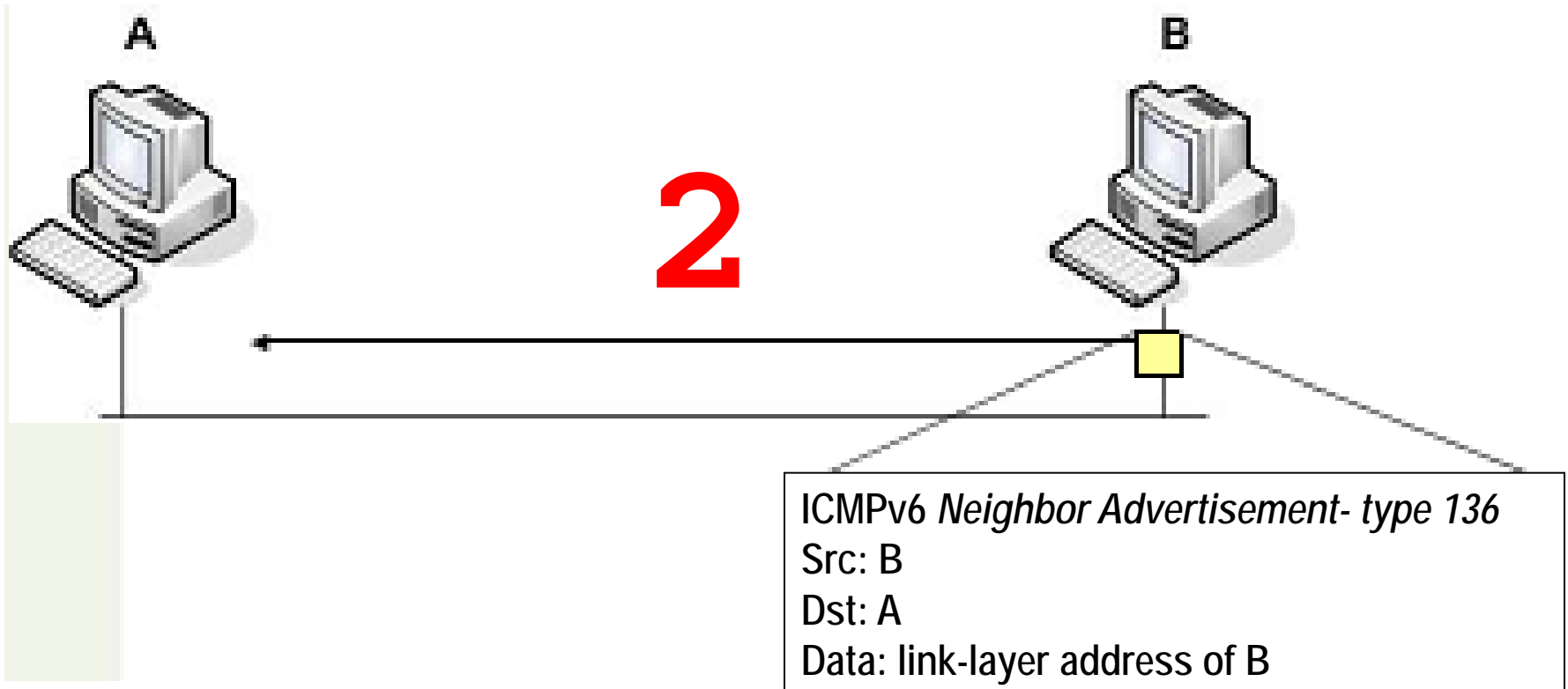


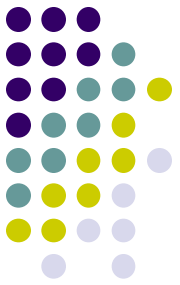
ICMPv6 Neighbor Solicitation- type 135
Src: A
Dst: Multicast solicited-node of B
Data: link-layer address of A
Query: what is your link address?



ND A- Descubrimiento de MACs

El vecino responde enviando un mensaje NA informando su dirección MAC.

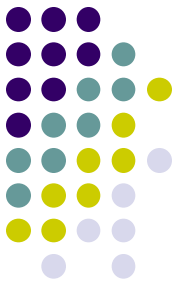




ND B- Encontrar routers vecinos;

Usado por los nodos IPv6 para descubrir los routers que están en el mismo enlace.

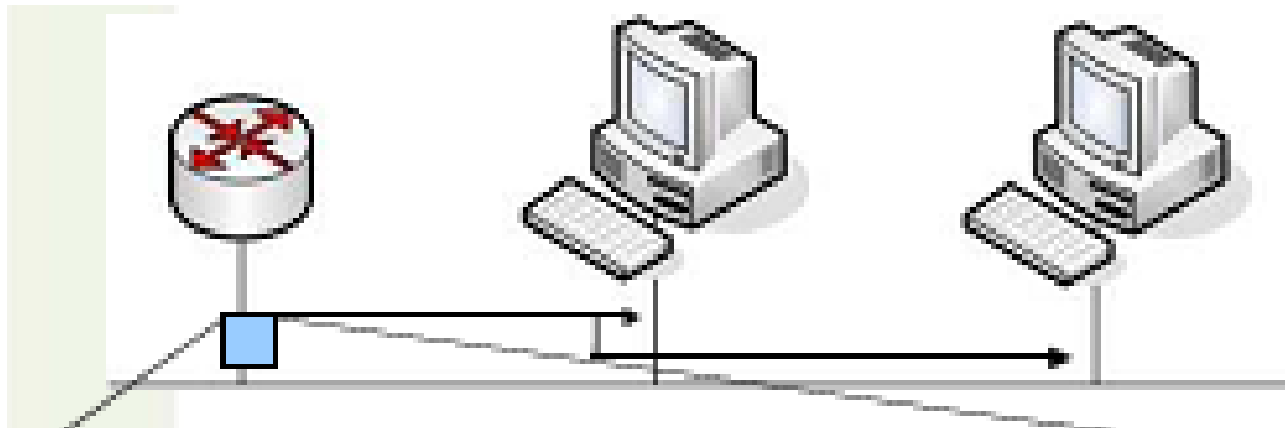
- Usa **Multicast all-nodes ::1, scope link local (2): FF02::1**
- Usa los mensajes:
 - Router advertisements
 - Router solicitations



ND B- Descubrimiento de routers y prefijos: **FF02::1**

Localizar ruters vecinos dentro del mismo enlace.

- Determina prefijos, parámetros de autoconfiguración de direcciones, hop limit, maximun transmission unit, etc.
- Los ruters envían periódicamente mensajes RA a multicast all-nodes scope link.



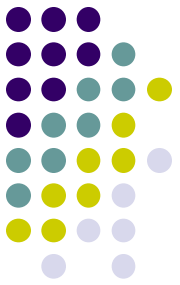
ICMPv6 Router Advertisement - type 134

Origen: Dir. Link-local del ruter

Destino: Dir multicast all-nodes-link

FF02::1

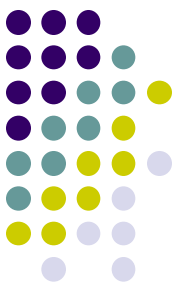
Información: opciones, prefijos, lifetime, flag de autoconfiguración



ND G-Autoconfiguración

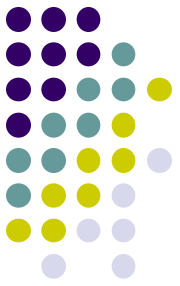
Mecanismo seguido por un HOST para autoconfigurar interfaces IPv6

- **Stateful:** provista por un servidor de dir. (DHCPv6)
- **Stateless RFC 4862:** un HOST genera su propia IP a partir de información de los ruters (Router Advertisment: prefijos asociados al enlace) y la dirección MAC.
 - **Genera una dirección para cada prefijo** informado en los mensajes RA.
 - **Si no hay ruters** en la red solamente, genera una dirección *link local*: FE80::/64+IID(MAC).

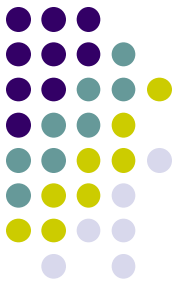


ND G- Autoconfiguración de direcciones

- 1) Se genera una dirección *link-local*.
Prefijo **FE80::/64** + IID(MAC)
- 2) Esta dirección pasa a formar parte de los grupos *multicast solicited-node* y *all-node*.
- 3) Se verifica la unicidad de la dirección
 - Si la dirección ya está siendo utilizada el proceso se interrumpe, requiriéndose una configuración manual.
 - Si la dirección es única y válida, se atribuye a la interfaz.
- 4) Dirección OK: El *host* envía un mensaje Router Solicitation al grupo *multicast all-routers*.
- 5) Todos los routers del enlace responden con mensajes Router Advertisement informando: lista de prefijos, MTUs,...

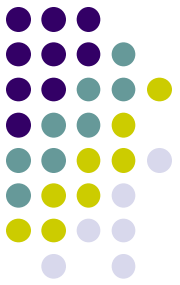


- ICMP/
- Neighbor Discovery-Autoconfiguration/
- **PMTUD/**
- QoS/
- Coexistence issues



Path MTU Discovery: PMTUD

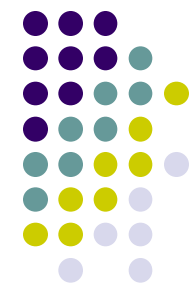
- Path MTU Discovery – Busca garantizar que el paquete sea del mayor tamaño posible.
- Fragmentación – Permite enviar paquetes mayores que la MTU de un enlace.
 - IPv4 – Todos los routers pueden fragmentar paquetes mayores que la MTU del siguiente enlace=> IPv4 puede fragmentar más de una vez durante su trayecto.
 - **IPv6 – La fragmentación se realiza solamente en el origen.**
- Todos los nodos IPv6 deben soportar PMTUD.



PMTU Discovery Process

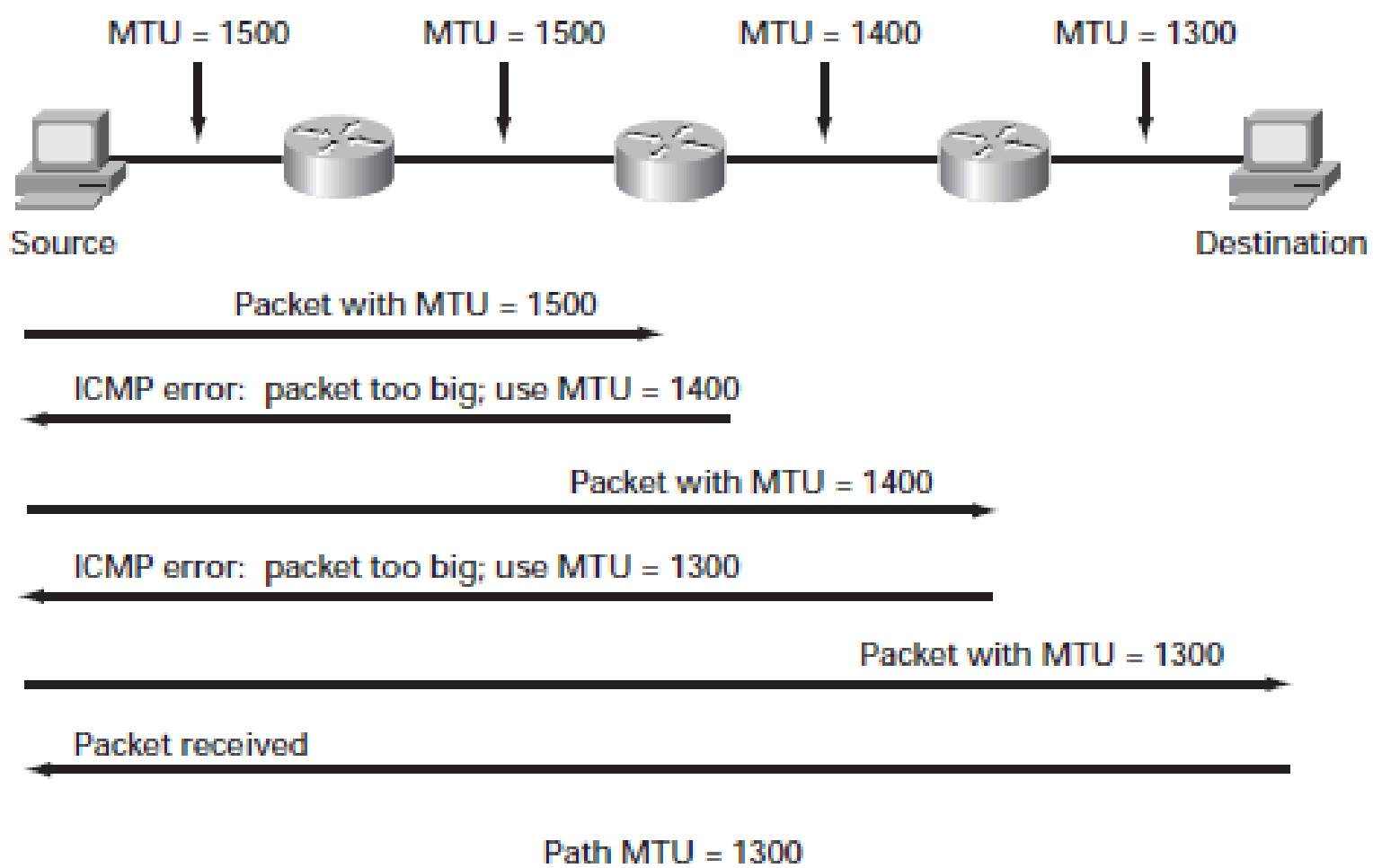
1. Send a message to the destination with MTU of your link;
2. If receive a ICMP error message, then resend the message with the new MTU;
3. Do 1 and 2 until response from destination;
4. Last MTU is the Path MTU.

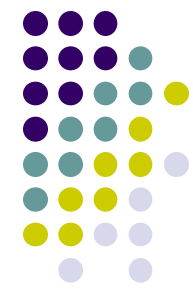
NOTA: Los paquetes enviados a un grupo multicast utilizan un tamaño igual a la menor PMTU de todo el conjunto de destinos



Ej. Fragmentación (ABCs of IP Version 6)

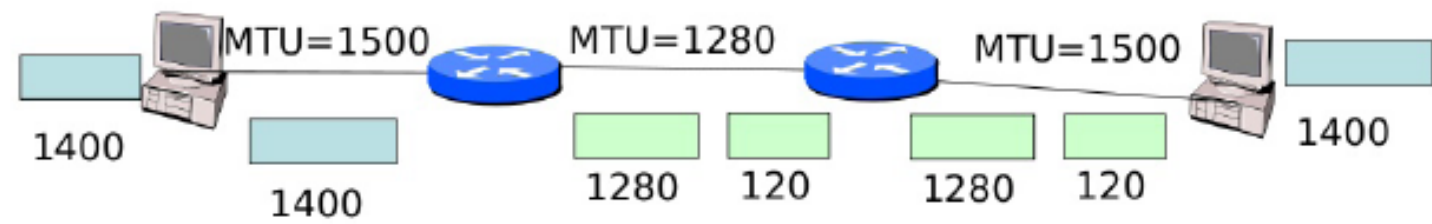
Figure 16: Path MTU Discovery



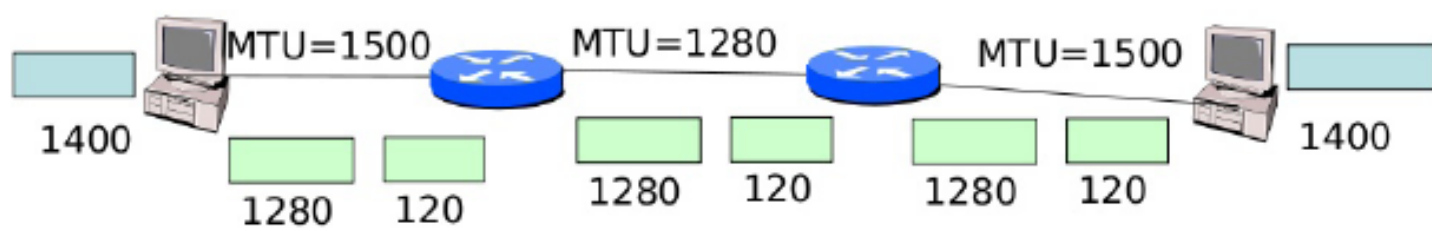


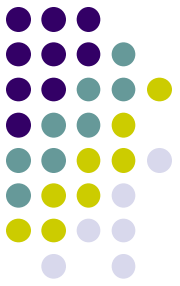
Ej. Fragmentación

IPv4

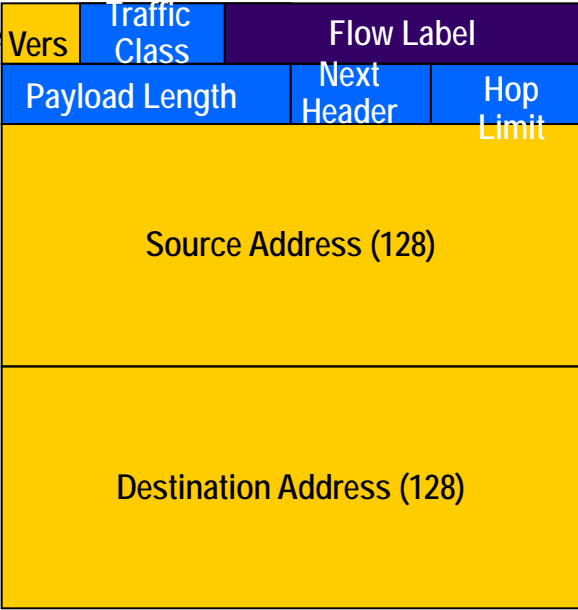


IPv6





- ICMP/
- Neighbor Discovery-Autoconfiguration/
- PMTUD/
- **QoS/**
- Coexistence issues



Calidad de Servicio:

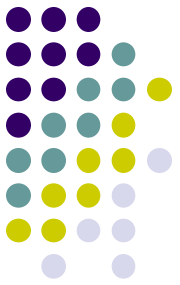
- 2 campos para QoS:



- **Clase de Tráfico:** utilizado en DiffServ (DSCP)
- **Identificador de Flujo:** identifica flujos desde un origen a un destino con una determinada QoS

Modelos:

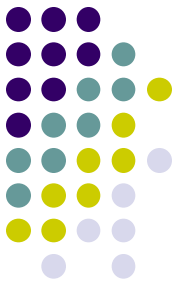
1. Best Effort Internet
2. Integrated Services (IntServ)
3. Differentiated Services (DifServ)



1. Best Effort

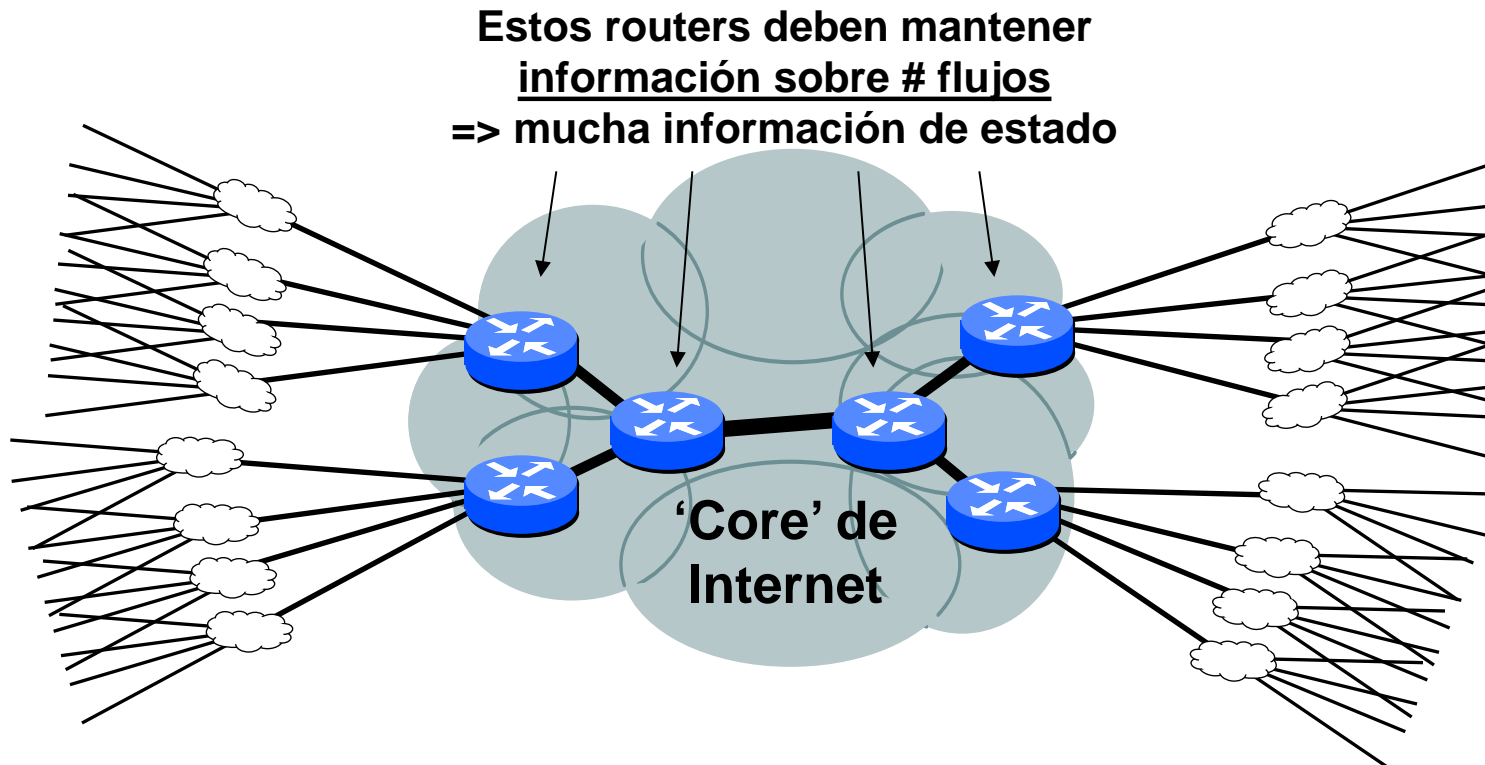
- Todos los paquetes son tratados igual
- No provee calidad o garantía de tráfico
 - AB, retardo, jitter no predecibles

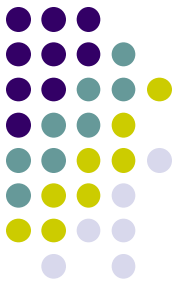
Las garantías se proveen con
sobre-provisionamiento



2. Integrated Services

- Hacen reserva de recursos (RSVP).
- Desventajas:
 - **RSVP** es complejo. **Señalización y reserva** en cada ruter por cada flujo
 - No escalable





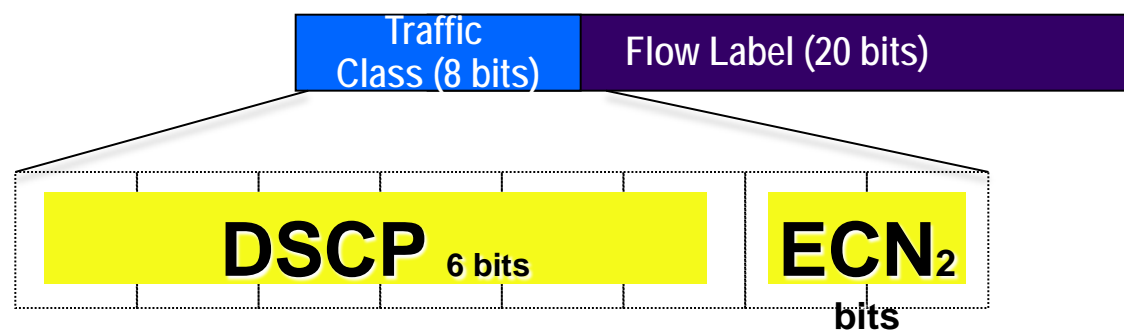
3. DiffServ RFC 2474

Modelo basado en el mercado de paquetes según la QoS.

- Conjunto de **categorías**.
- Codificación en el **DSCP** (DiffServ Code Point).
- Contrato de servicio usuario-proveedor: **SLA** (Service Level Agreement).
- Dominios **DS** con **políticas comunes** de suministro de servicios.
- Los routers **no guardar información**.

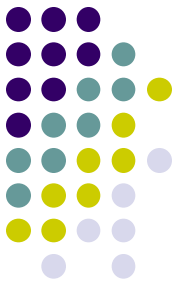


DiffServ: Campo DS (traffic Class)

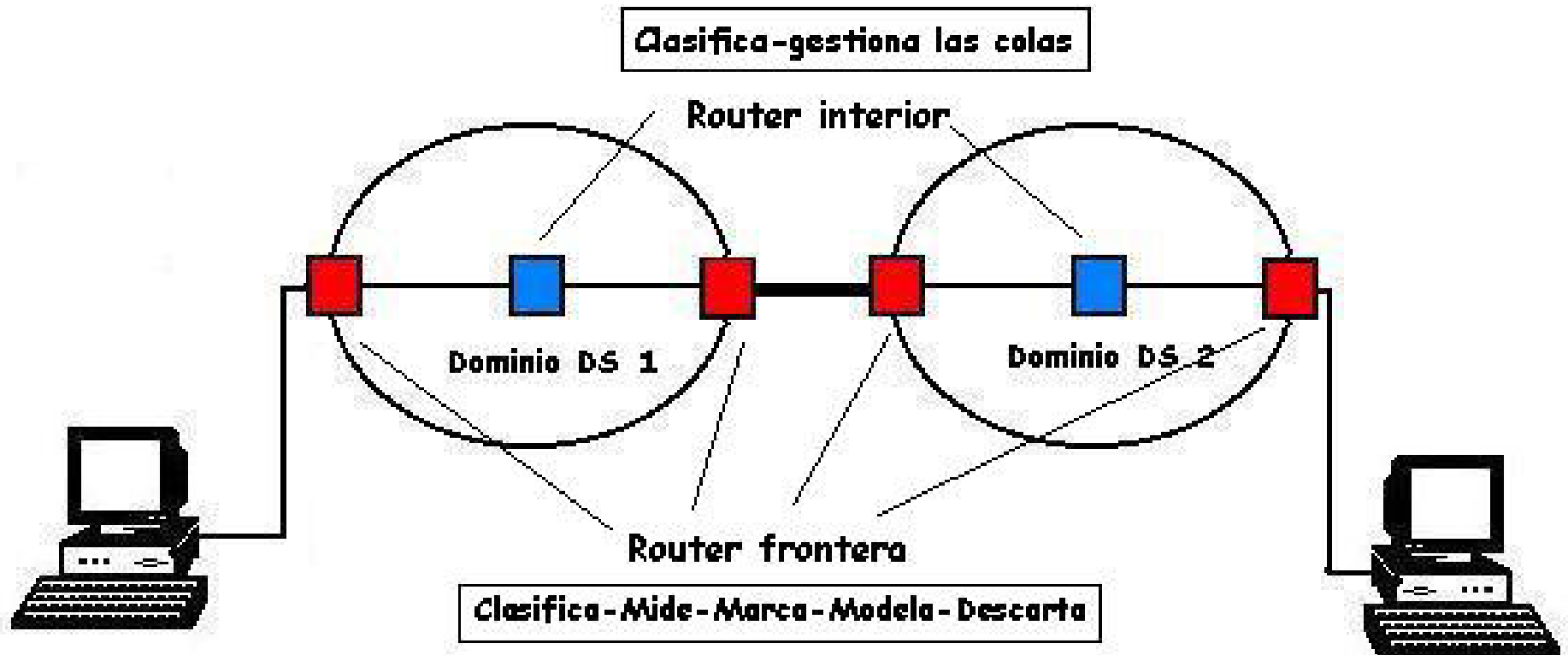


- **DSCP:** 3 bits codifican la clase + 3 bits detalles de la clase.
- **ECN:** Explicit congestion Notification (2 bits), indica congestión en un nodo.

Clases	Características DiffServ
‘Expedited Forwarding’ o ‘Premium’	- Es el mejor. <u>Equivaldría a una línea dedicada</u> - Garantiza Caudal, tasa de pérdidas, retardo y jitter - DSCP en 101110
‘Assured Forwarding’	- Da trato preferente, pero sin garantías (no hay SLA) - Define 4clases, c/u con 3 niveles de descarte de paquetes
‘Best Effort’ con prioridad	-Sin garantías, pero mejor que ‘best effort sin prioridad’ - DSCP 000xxx
‘Best Effort’ sin prioridad	-Ninguna garantía -- DSCP 000000

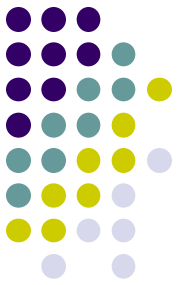


DiffServ: funciones de routers





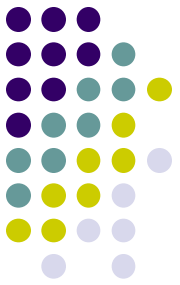
- ICMP/
- Neighbor Discovery-Autoconfiguration/
- PMTUD/
- QoS/
- **Coexistence issues**



Transición IPv4-IPv6

Mecanismos (RFC 1933)

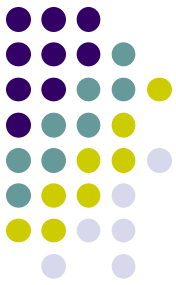
- Capa IP dual: los routers y los host soportan IPv4 e IPv6
- Túneles de IPv6 sobre IPv4: los paquetes IPv6 se encapsulan con encabezados de IPV4



Coexistencia y transición

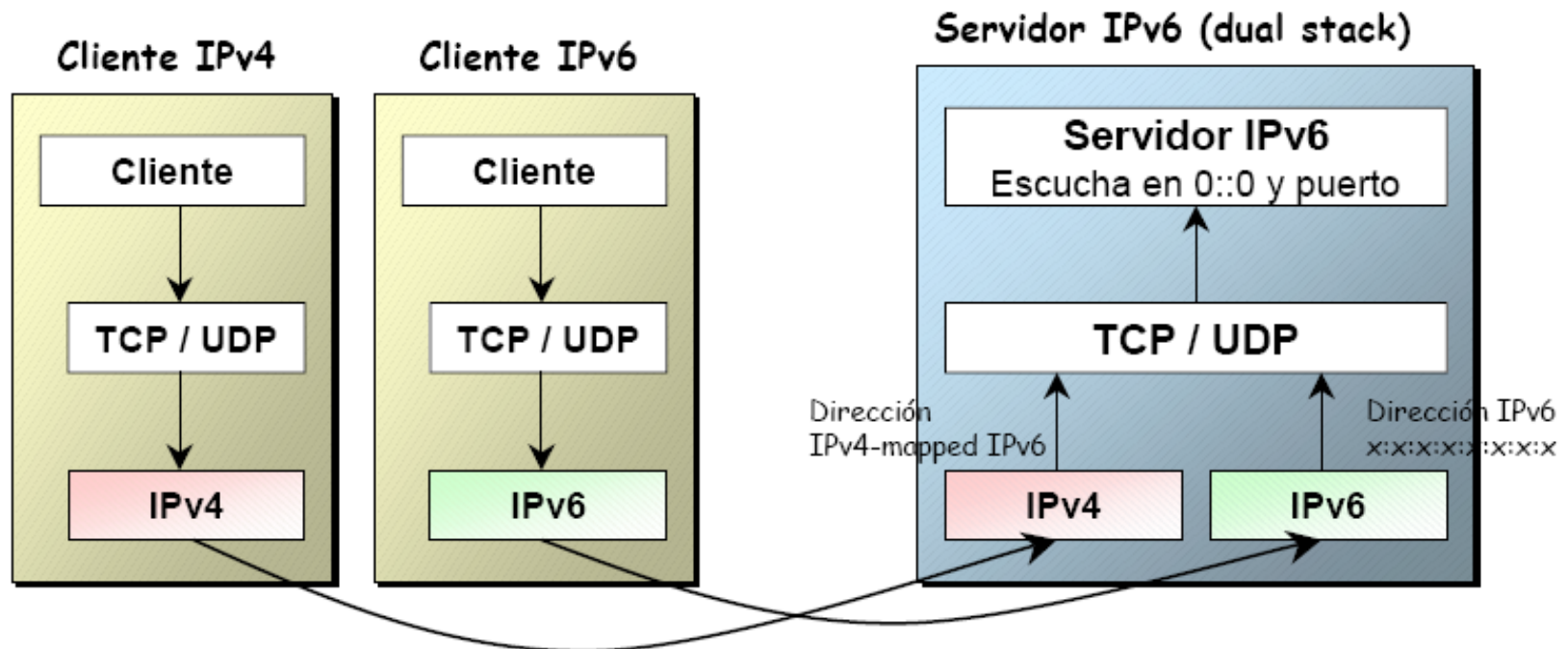
Estas técnicas de transición se dividen en 3 categorías:

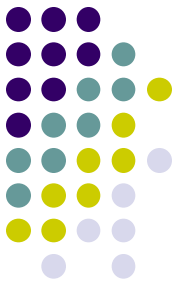
- **Doble pila**
 - Provee soporte a ambos protocolos en el mismo dispositivo.
- **Tunelización**
 - Permite el tráfico de paquetes IPv6 sobre la estructura de la red IPv4 existente.
- **Traducción**
 - Permite la comunicación entre nodos que solo soportan IPv6 y nodos que solo soportan IPv4..



Cliente IPv4 - Servidor IPV6

- Servidores IPv6 sobre una máquina con dual stack aceptan conexiones de clientes IPv4 e IPv6.
- Necesitan al menos una dirección para cada pila. Para IPv4, p.ej., DHCP; para IPv6 , p.ej., autoconfiguraciónstateless





Doble Pila

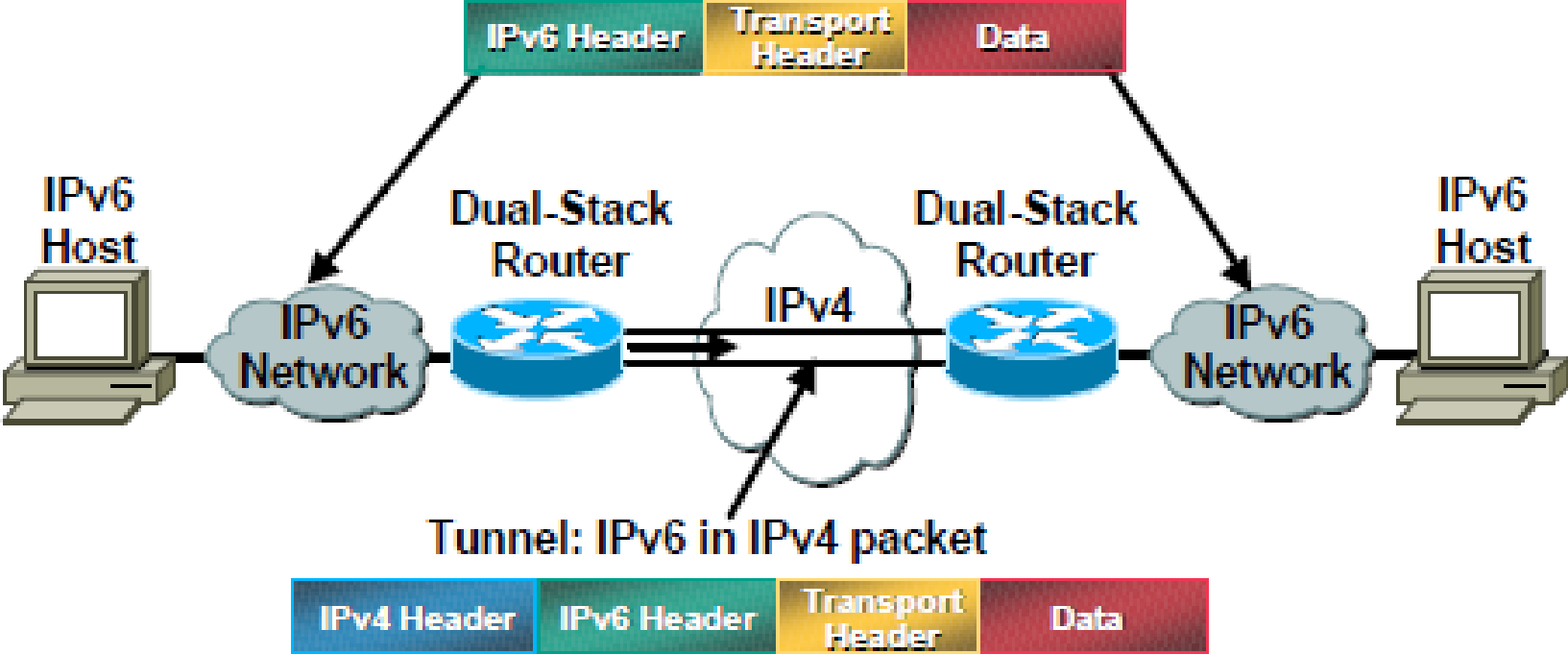
Una red doble pila es una infraestructura capaz de encaminar ambos tipos de paquetes.

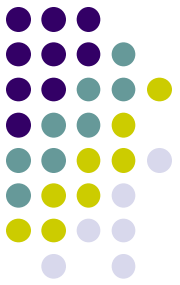
Exige analizar algunos aspectos:

- Configuración de los servidores de DNS;
- Configuración de los protocolos de enrutamiento;
- Configuración de los *firewalls*;
- Cambios en la administración de las redes.



Tunneling

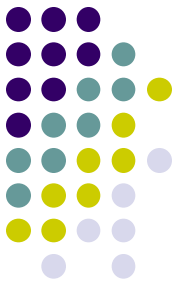




Tunneling: técnicas

Existen diferentes formas de encapsulamiento:

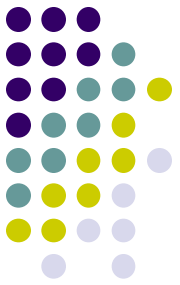
- Paquetes IPv6 encapsulados en paquetes IPv4;
 - Protocolo 41.
 - 6to4, ISATAP y *Tunnel Brokers*.
- Paquetes IPv6 encapsulados en paquetes GRE;
 - Protocolo GRE.
- Paquetes IPv6 encapsulados en paquetes UDP;
 - TEREDO.



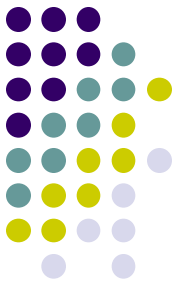
Traducción RFC 4966

- Posibilitan un enrutamiento transparente en la comunicación entre los nodos de una red IPv6 y los nodos de una red IPv4 y viceversa.
- Pueden actuar de diversas maneras y en capas distintas:
 - Traduciendo encabezados IPv4 en encabezados IPv6 y viceversa;
 - Convirtiendo direcciones;
 - Convirtiendo APIs de programación;
 - Actuando en el intercambio de tráfico TCP o UDP

Revisión Funcionalidades



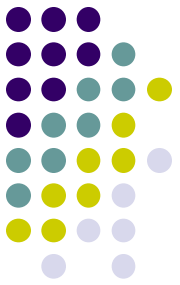
1. Describa para qué se usan y cómo son los mecanismos de:
 - Descubrimiento de vecinos
 - Autoconfiguración
 - Path MTU discovery
2. Describa los campos de la cabecera usados para proveer calidad de servicio
3. Describa los distintos tipos de servicio
4. Describa los mecanismos de coexistencia IPV6-IPV4



Bibliografía Adicional

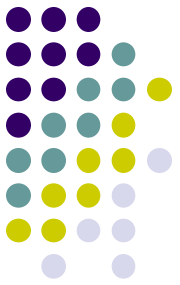
- TCP/IP Tutorial and Technical Overview. Rodriguez, Gatrell, Karas, Peschke. Ibm Redbooks, 2006.
- IPv6: The New Internet Protocol. Christian Huitema. Prentice Hall, 1998.
- IPng and the TCP/IP Protocols. Stephen A. Thomas. JohnWiley & Sons, 1996.
- IP Next Generation. <http://playground.sun.com/pub/ipng/tml/ipng-min.html>
- IPv6 Forum. <http://www.ipv6forum.com>
- IP Next Generation. R.M. Hinden. Connexions, vol. 9, núm. 3, Marzo 1995
- Kame distribution: <http://www.kame.net/>
- IPv6 applications: <ftp://ftp.kame.net/pub/kame/misc/>
- MRTd routing daemon: <http://www.mrtd.net/>
- Tunnel server: <http://www.freenet6.net>
- Tunnel broker: <http://carmen.cselt.it/ipv6/download.html>
- Viagénie's IPv6 project: <http://www.viagenie.qc.ca/>

RFC



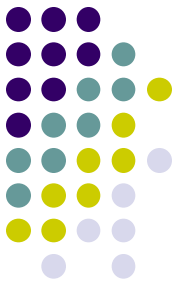
- **"Core spec"**
 - RFC2460, Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification, S. Deering, R. Hinden, Draft standard, 1998-12-01.
 - RFC2461, Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6), T. Narten, E. Nordmark, W. Simpson, Draft standard, 1998-12-01.
 - RFC2462, IPv6 Stateless Address Autoconfiguration, S. Thomson, T. Narten, Draft Standard, 1998-12-01.
 - RFC2463, Internet Control Message Protocol (ICMPv6) for the Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification, A. Conta, S. Deering, Draft standard, 1998-12-01.
 - RFC1981, Path MTU Discovery for IP version 6, J. McCann, S. Deering, J. Mogul, Proposed standard, 1996-08-01.
- **Addressing**
 - RFC2373, IP Version 6 Addressing Architecture, R. Hinden, S. Deering, 1998-07-01.
 - RFC2374, An IPv6 Aggregatable Global Unicast Address Format, R. Hinden, M. O'Dell, S. Deering, Proposed standard, 1998-07-01.
 - RFC2450, Proposed TLA and NLA Assignment Rule, R. Hinden, Informational, 1998-12-01

RFC



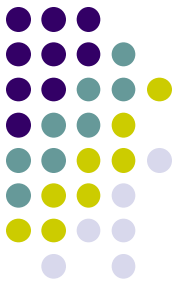
- **Routing**
 - RFC2080, RIPng for IPv6, G. Malkin, R. Minnear, Proposed Standard, 1997-01-01
 - RFC2283, Multiprotocol Extensions for BGP-4, T. Bates, R. Chandra, D. Katz, Y. Rekhter, Proposed Standard, 1998-02-01
 - RFC2545, Use of BGP-4 Multiprotocol Extensions for IPv6 Inter-Domain Routing, P. Marques, F. Dupont, Proposed standard, 1999-03-01.
- **Transition scenarios**
 - RFC1933, Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers, R. Gilligan, E. Nordmark, Proposed standard, 1996-04-01.
 - RFC2185, Routing Aspects of IPv6 Transition, R. Callon, D. Haskin, Informational, 1997-09-01
 - RFC2529, Transmission of IPv6 over IPv4 Domains without Explicit Tunnels, B. Carpenter, C. Jung, Proposed standard, 1999-03-01.
- **API**
 - RFC2292, Advanced Sockets API for IPv6, W. Stevens, M. Thomas, Informational, 1998-02-01
 - RFC2553, Basic Socket Interface Extensions for IPv6, R. Gilligan, S. Thomson, J. Bound, W. Stevens, Informational, 1999-03-01.

RFC



- **IPv6 over "foo"**
 - RFC2472, IP Version 6 over PPP, D. Haskin, E. Allen, Proposed standard, 1998-12-01
 - RFC2464, Transmission of IPv6 Packets over Ethernet Networks, M. Crawford, Proposed standard, 1998-12-01.
 - RFC2467, Transmission of IPv6 Packets over FDDI Networks, M. Crawford, Proposed standard, 1998-12-01.
 - RFC2470, Transmission of IPv6 Packets over Token Ring Networks, M. Crawford, T. Narten, S. Thomas, Proposed standard, 1998-12-01.
 - RFC 2491, IPv6 over Non-Broadcast Multiple Access (NBMA) networks, G. Armitage, P. Schulter, M. Jork, G. Harter, Proposed standard, 1999-01-01.
 - RFC2492, IPv6 over ATM Networks, G. Armitage, P. Schulter, M. Jork, Proposed standard, 1999-01-01.
 - RFC2497, Transmission of IPv6 Packets over ARCnet Networks, I. Souvatzis, Proposed standard, 1999-01-01.
- **DNS**
 - RFC1886, DNS Extensions to support IP version 6, S. Thomson, C. Huitema, proposed standard, 1995-12-01

RFC



- **MIBs**
 - RFC2465, Management Information Base for IP Version 6: Textual Conventions and General Group, D. Haskin, S. Onishi, Proposed standard, 1998-12-01.
 - RFC2466, Management Information Base for IP Version 6: ICMPv6 Group, D. Haskin, S. Onishi, Proposed standard, 1998-12-01.
 - RFC2452, IP Version 6 Management Information Base for the Transmission Control Protocol, M. Daniele, Proposed standard, 1998-12-01.
 - RFC2454, IP Version 6 Management Information Base for the User Datagram Protocol, M. Daniele, Proposed standard, 1998-12-01.
- **Others**
 - RFC2147, TCP and UDP over IPv6 Jumbograms, D. Borman, Proposed standard, 1997-05-01
 - RFC2375, IPv6 Multicast Address Assignments, R. Hinden, S. Deering, 1998-07-01.
 - RFC2473, Generic Packet Tunneling in IPv6 Specification, A. Conta, S. Deering, Proposed Standard, 1998-12-01
 - RFC2526, Reserved IPv6 Subnet Anycast Addresses, D. Johnson, S. Deering, Proposed standard, 1999-03-01.

