



Bloque IV: El nivel de red

Tema 10: IPv6



Índice

- Bloque IV: El nivel de red
 - Tema 10: IPv6
 - Limitaciones de IPv4
 - Características de IPv6
 - Cabecera IPv6
 - Direccionamiento IPv6
 - DNS e ICMPv6
 - Transición IPv4 a IPv6
- **Lecturas recomendadas:**
 - Capítulo 4, sección 4.4.4, de “Redes de Computadores: Un enfoque descendente”. James F. Kurose, Keith W. Ross. Addison Wesley.
 - “IPv6 Essentials”, Silvia Hagen, O’Reilly.



Limitaciones de IPv4

- “Pocas” direcciones (32 bits – 4000 millones):
 - Estructura de dos niveles (id. de red y de host):
 - Usar un id. de red → reservar todos sus id. de host.
 - Gran proliferación de redes (crecimiento exponencial de Internet).
 - Uso de TCP/IP en nuevas tecnologías (móviles, tablets, TV...)
 - Múltiples IP por ordenador.
- Saturación del espacio de direcciones:
 - Limita el crecimiento de Internet.
 - Enrutamiento ineficiente (tablas de enrutamiento muy grandes en la red troncal) → Tiempos de respuesta grandes.
 - Uso de NAT (Network Address Translation).
- Soporte inadecuado para aplicaciones con restricciones de calidad de servicio:
 - No garantiza anchos de banda, tiempos de respuesta, seguridad.
- Se requieren mecanismos de seguridad en la capa de red:
 - No fue diseñado para ser seguro.
 - Seguridad en los niveles superiores: SSL, HTTPS, IPsec.



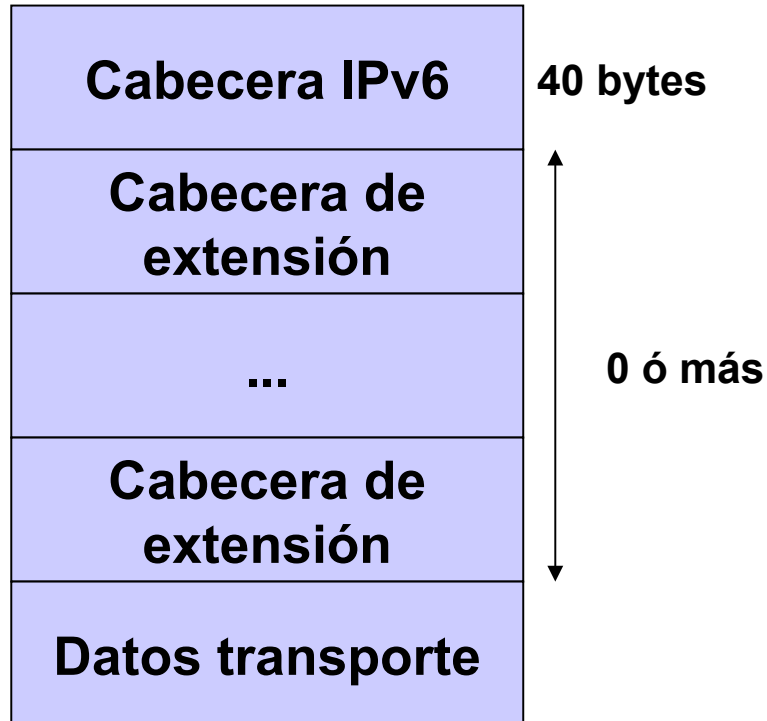
Características de IPv6

- Espacio de direcciones ampliado y mecanismos de autoconfiguración:
 - **Direcciones de 128 bits** → Incremento en 2^{96} .
 - Permite una arquitectura jerárquica de direcciones → Agregación de direcciones en el backbone.
 - **Autoconfiguración** (plug&play) de los equipos.
 - Mejora de multicast (concepto de ámbito) e introducción de las direcciones **anycast**.
 - **Simplificación** del formato de la cabecera:
 - Tamaño fijo de 40 bytes: dos direcciones IP de 16 bytes y 6 campos más.
 - Procesamiento más rápido y barato en los routers.
 - Soporte mejorado de extensiones y opciones usando **Cabeceras de Extensión**.
 - **Seguridad** intrínseca en el núcleo del protocolo: soporta autenticación y dispone de extensiones para la integridad y confidencialidad de los datos.
 - Capacidad para **etiquetado de flujos**:
 - Paquetes del mismo flujo de datos pueden ser etiquetados en origen → Calidad de Servicio (QoS).
-



Cabecera IPv6

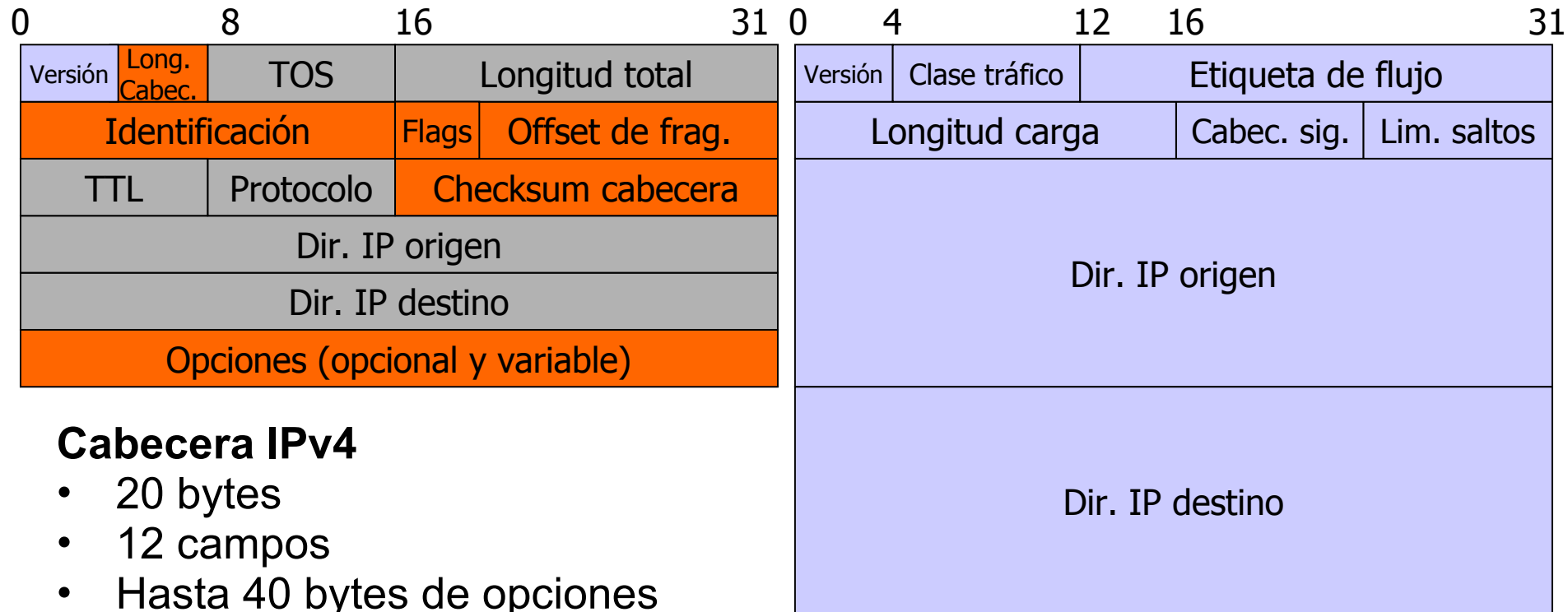
Datagrama IPv6



- Sólo se requiere una cabecera: Cabecera IPv6 (40 bytes)
- Y se definen varias cabeceras de extensión (opcionales):
 - Cabecera de opciones salto-a-salto
 - Cabecera de encaminamiento
 - Cabecera de fragmentación
 - Cabecera de las opciones para el destino
 - Cabecera de autenticación
 - Cabecera Encapsulating Security Payload (ESP)



Cabecera IPv6



Cabecera IPv4

- 20 bytes
- 12 campos
- Hasta 40 bytes de opciones

Modificado

Borrado

Cabecera IPv6 (RFC 2460)

- 40 bytes y 8 campos
- Cabeceras de extensión ilimitadas (opciones)



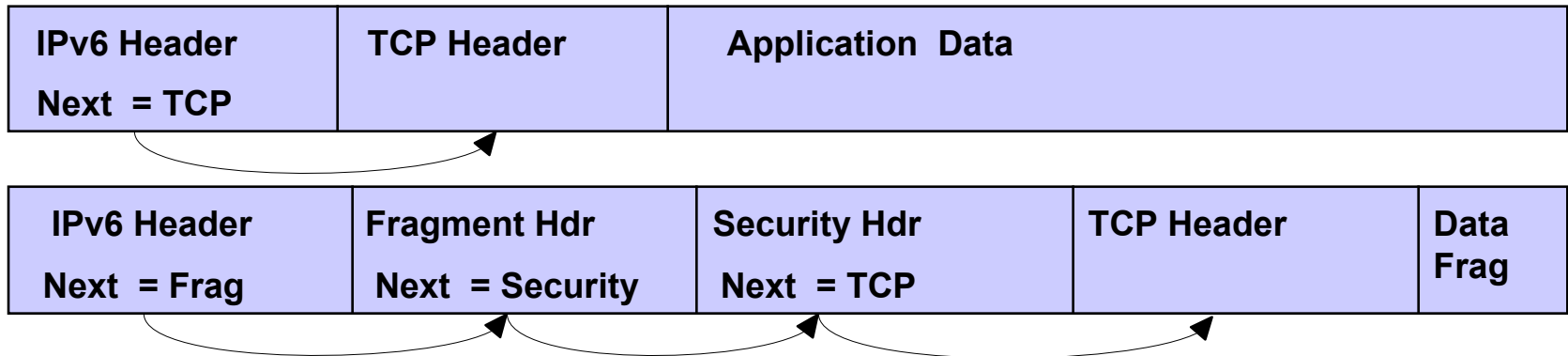
Cabecera IPv6

- **Versión** (4 bits): versión del protocolo (6).
- **Clase de tráfico** (1 byte): identifica diferentes clases o prioridades de paquetes (sustituye al campo TOS de IPv4) → DS (6 bits) + ECN (2 bits).
- **Etiqueta de flujo** (20 bits): permite diferenciar aquellos paquetes que requieren un tratamiento similar.
 - Especialmente útil para tráfico multimedia y en tiempo real.
 - Etiqueta de flujo + clase de tráfico: mecanismo potente de control de flujo y de asignación de prioridades diferenciadas según los tipos de servicios.
- **Longitud de carga** (2 bytes): longitud del paquete después de la cabecera IP (cabeceras extensión + datos).
 - En IPv4, el campo Longitud incluía la longitud de la cabecera + datos
 - En IPv6, no se considera la cabecera IPv6 (tamaño fijo), y las cabeceras de extensión se consideran parte de la carga.
 - Máximo tamaño de carga: $2^{16} = 64\text{Kbytes}$
 - IPv6 permite la definición de Jumbogramas: paquetes de más de 64 KB, que sólo tienen sentido si el MTU del nivel de enlace es superior a 64 KB.



Cabecera IPv6

- **Cabecera siguiente** (1 byte): identifica el tipo de cabecera que sigue a la cabecera IPv6.
 - Las cabeceras deben ser procesadas en el orden riguroso en que aparecen.
 - Las sucesivas cabeceras no son examinadas en cada nodo de la ruta, sino sólo en el nodo o nodos destino finales (excepto cuando se trata de la cabecera de opciones salto a salto).



- **Límite de saltos** (1 byte): número restante de saltos permitidos.
 - Análogo al campo TTL.
- **Dirección origen** (16 bytes)
- **Dirección destino** (16 bytes): normalmente, dirección IP del destino del paquete.
 - Puede no ser el último destinatario del paquete, si está presente la cabecera de enrutamiento.



Cabecera IPv6

- Se eliminan 5 campos de la cabecera IPv4:
 - Longitud cabecera: necesario en IPv4 al incluirse las opciones en la cabecera (longitud entre 20 y 60 bytes).
 - Inútil en IPv6 (cabecera fija de 40 bytes + cabeceras de extensión).
 - Identificación, flags y offset de fragmentación: necesarios para la fragmentación en IPv4.
 - Si es necesaria, se realiza extremo a extremo (Path MTU Discovery), utilizando la cabecera de extensión para fragmentación.
 - **¡Los routers no fragmentan!**
 - Checksum cabecera: eliminado para mejorar el rendimiento → Así, los routers no tienen que calcular y actualizar el checksum.
 - Ya se realiza en el nivel de enlace (probablemente) y en el nivel de transporte.
 - IP no es fiable → Fiabilidad en los niveles superiores.



Direccionamiento IPv6: Notación

- Dirección IPv6: 128 bits = 16 bytes
- Se representa mediante 8 bloques de 16 bits en hexadecimal, separados por ":"
 - FEDC:BA98:7654:3210:FEDC:BA98:7654:3210
 - FE80:0000:0000:0000:0202:B3FF:FE1E:8329
- Se pueden eliminar los ceros por la izquierda en cada bloque
 - FE80:0:0:0:202:B3FF:FE1E:8329
- Se eliminan bloques consecutivos de ceros utilizando el carácter "::"
 - FE80::202:B3FF:FE1E:8329
 - Sólo puede aparecer una vez en la dirección
 - CAFF:CA01:0000:0056:0000:ABCD:EF12:1234
 - CAFF:CA01::56:0:ABCD:EF12:1234
 - CAFF:CA01:0:56::ABCD:EF12:1234



Direccionamiento IPv6: Tipos

- Especificado en el RFC 2373 (que deja obsoleto el RFC 1884).
- Hay tres tipos de direcciones:
 - **Unicast**: identifica unívocamente **una** interfaz de un nodo IPv6. Un paquete dirigido a una dirección unicast se envía a la interfaz asociada a esa dirección.
 - **Multicast**: identifica un grupo de interfaces IPv6. Procesado por **todos** los miembros del grupo (sustituye a las direcciones de broadcast). Prefijo **FFxx/8**.
 - **Anycast**: se asigna a múltiples interfaces (típicamente en múltiples nodos). Enviado a sólo **una de esas** interfaces (normalmente, la más próxima).
- Las direcciones IP se asignan a interfaces (como en IPv4): cada interfaz necesita, al menos, una dirección unicast y puede tener asignadas múltiples direcciones de cualquier tipo.

UNICAST

- **Unicast global** (2000::/3 – rango asignable actualmente): similares a las IPv4 públicas y enrutables en Internet.
 - Consta de tres partes: prefijo de enrutamiento global (~ IPv4 id. red), identificador de subred (~ IPv4 id. subred) e identificador de interfaz (~ IPv4 id. host).
- **Link-local** (FE80::/10): utilizadas en un mismo enlace local y limitada a un único enlace
- **Local única** (FC00::/7 – FDFF::/7): similares a las IPv4 privadas → Se usan para direccionamiento dentro de un sitio o entre una cantidad limitada de sitios
- **Loopback** (::1/128) y dirección sin especificar (::/128)



IPv6: DNS e ICMPv6

- **DNS:** se requieren unos cambios para resolver las peticiones de direcciones IPv6 → RFC 1886.
 - Petición DNS IPv6: AAAA
 - A partir de un nombre, obtendrá la dirección IPv6 asociada.
 - *dig @8.8.8.8 www.udc.es AAAA*
- **ICMPv6:** se define una nueva versión del protocolo en el RFC 4443.
 - Reorganiza los tipos y códigos existentes, y define nuevos tipos.
 - Incorpora funciones de IGMP (Internet Group Management Protocol).
 - Introduce el protocolo NDP (Neighbor Discovery Protocol)
 - Incorpora funciones ARP.
- **Autoconfiguración:** dos mecanismos
 - Stateless Address Autoconfiguration (SLAAC)
 - DHCPv6.



Transición IPv4 a IPv6

- IPv6 e IPv4 van a coexistir durante muchos años.
- Se han definido múltiples técnicas para la transición, que se agrupan en tres categorías:
 - Pila dual: permiten a IPv4 e IPv6 coexistir en los mismos dispositivos y redes. Soporte completo de las dos versiones de los protocolos en los nodos.
 - Tunneling: permiten transportar tráfico IPv6 sobre infraestructuras IPv4 existentes. El tráfico IPv6 se encapsula en paquetes IPv4.
 - NAT: permiten a los nodos IPv6 puros comunicarse con los nodos IPv4 puros. Traduce una dirección IPv6 en una dirección IPv4.
- Estas técnicas pueden (y deben) utilizarse de manera combinada.
- Definidas en el RFC 2893 – “Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers”.