

REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS

MODELO DE CAPAS E INTRODUCCIÓN A IPv6

Javier Schandy
Inst. de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería
Universidad de la República (Uruguay)

AGENDA

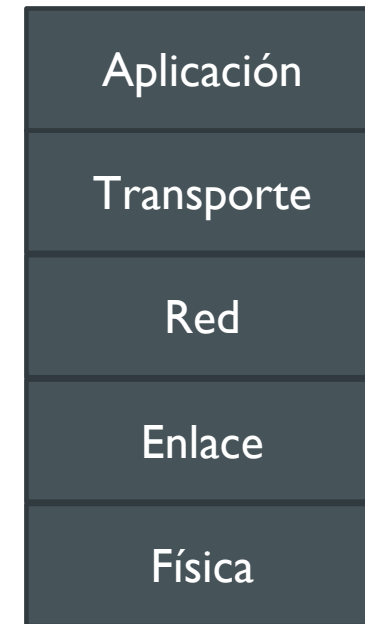
- Modelo de Capas
 - Introducción y principales conceptos
 - Ejemplos
 - Definiciones
- IPv6
 - Introducción
 - Formato de paquetes
 - ICMPv6
 - Direcciones y notación
 - Asignación de Network ID
 - Generación de IID
 - Ejemplos



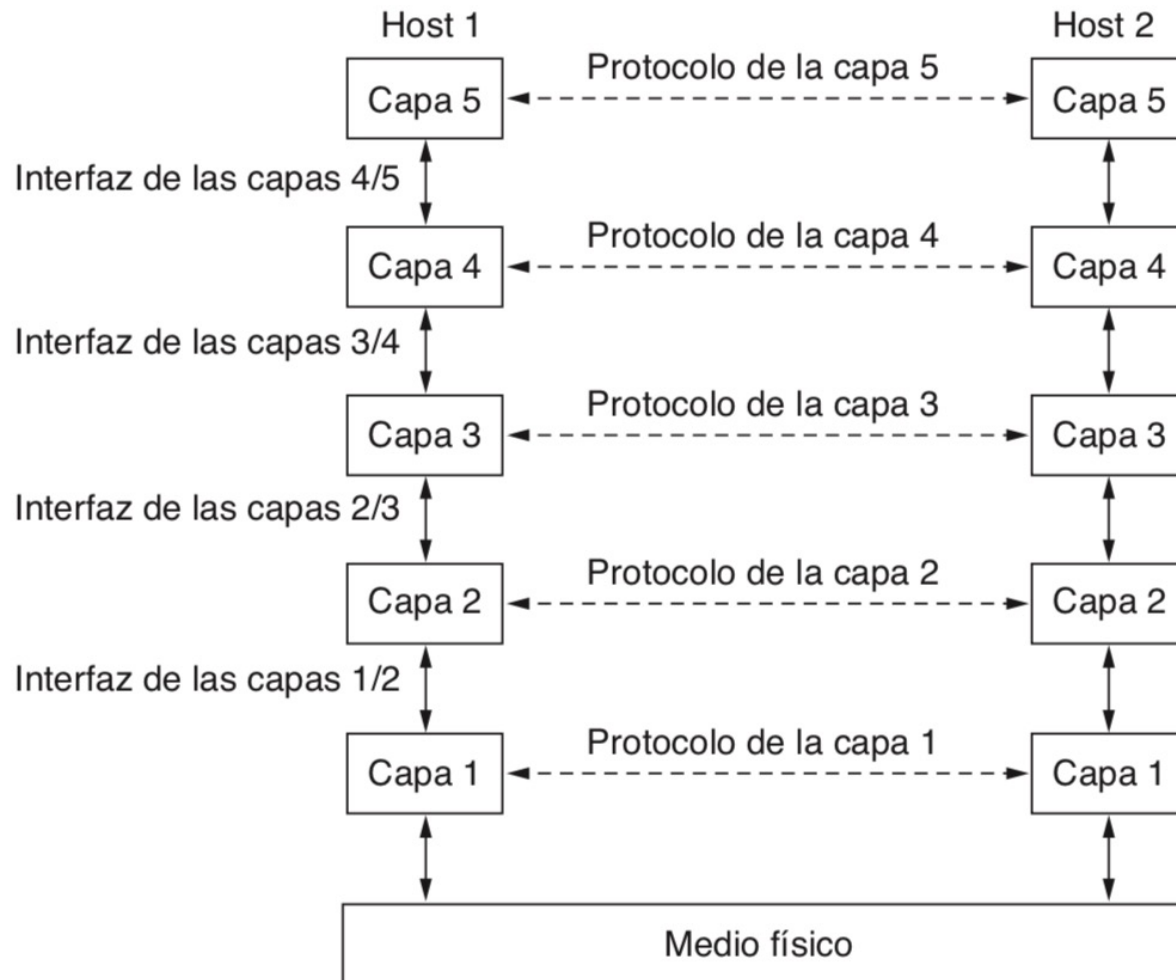
MODELO DE CAPAS

MODELO DE CAPAS

- Surge para mejorar compatibilidad
- Las redes se organizan como una pila de capas
- Una capa es una abstracción
- Su propósito es ofrecer servicios a las capas superiores
- Cada capa está:
 - Construida a partir de la que está abajo
 - Tiene una función específica
 - Usa servicios de la capa inferior, y provee servicios a la superior

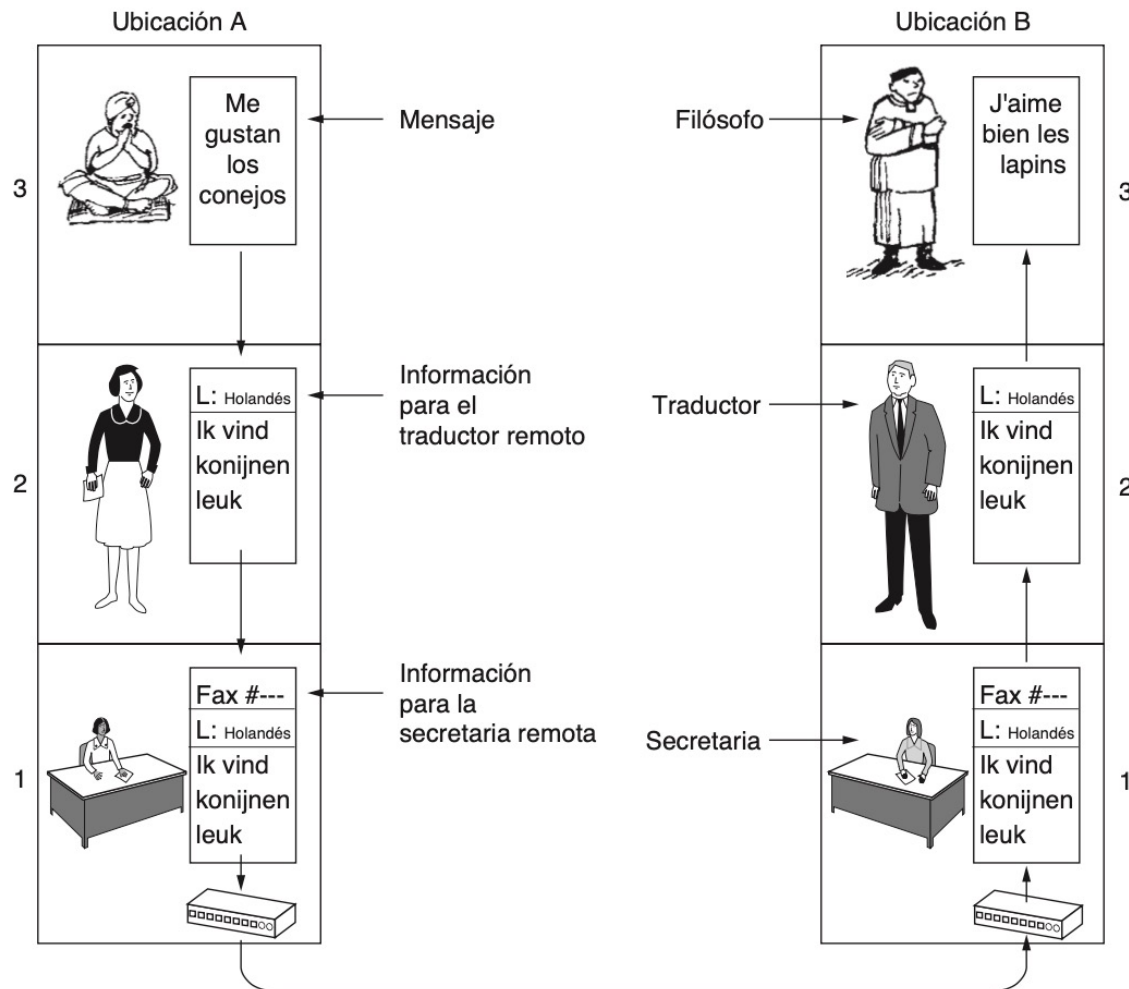


MODELO DE CAPAS



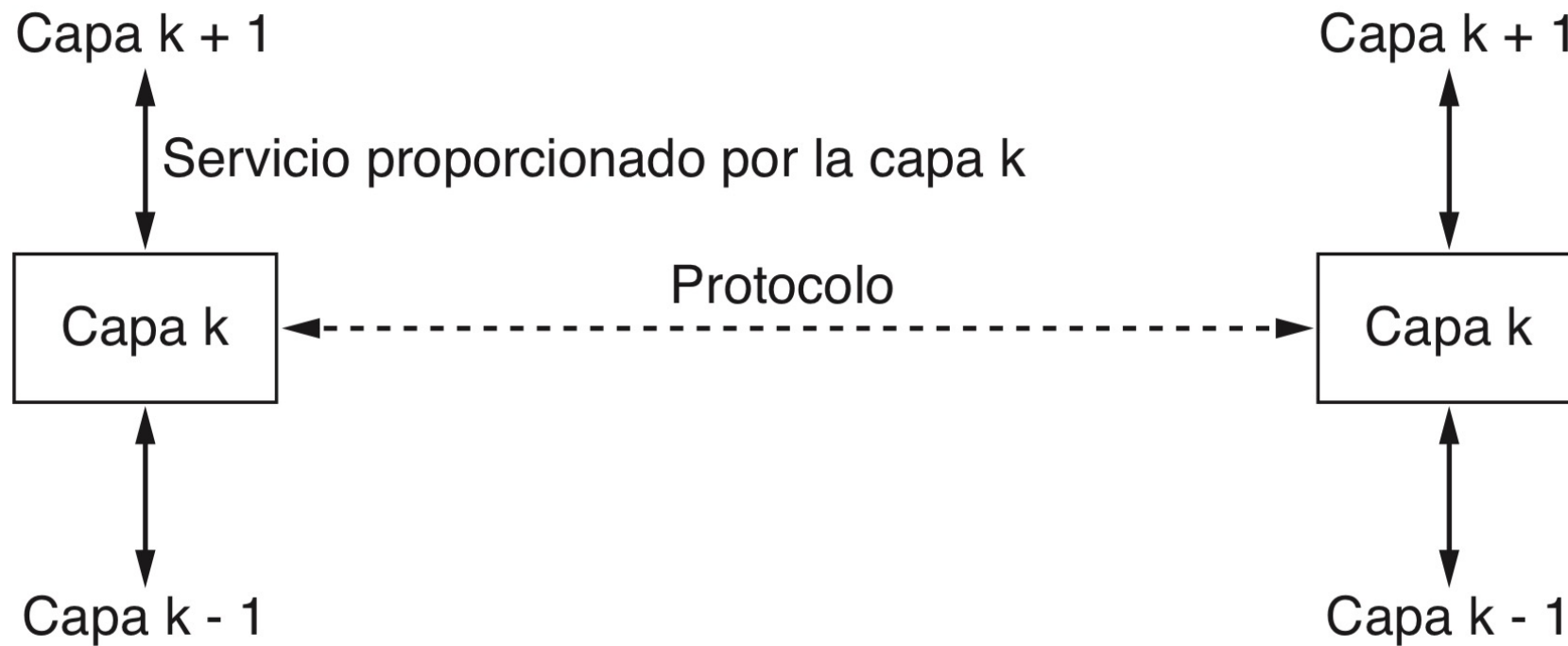
Fuente: Andrew S. Tanenbaum, "Computer Networks" 5th Edition (slides, pag. 18)

MODELO DE CAPAS: EJEMPLO DE DIÁLOGO REAL



Fuente: Andrew S. Tanenbaum, "Computer Networks" 5th Edition.

MODELO DE CAPAS: DEFINICIONES



Fuente: Andrew S. Tanenbaum, "Computer Networks" 5th Edition (slides, pag. 24)

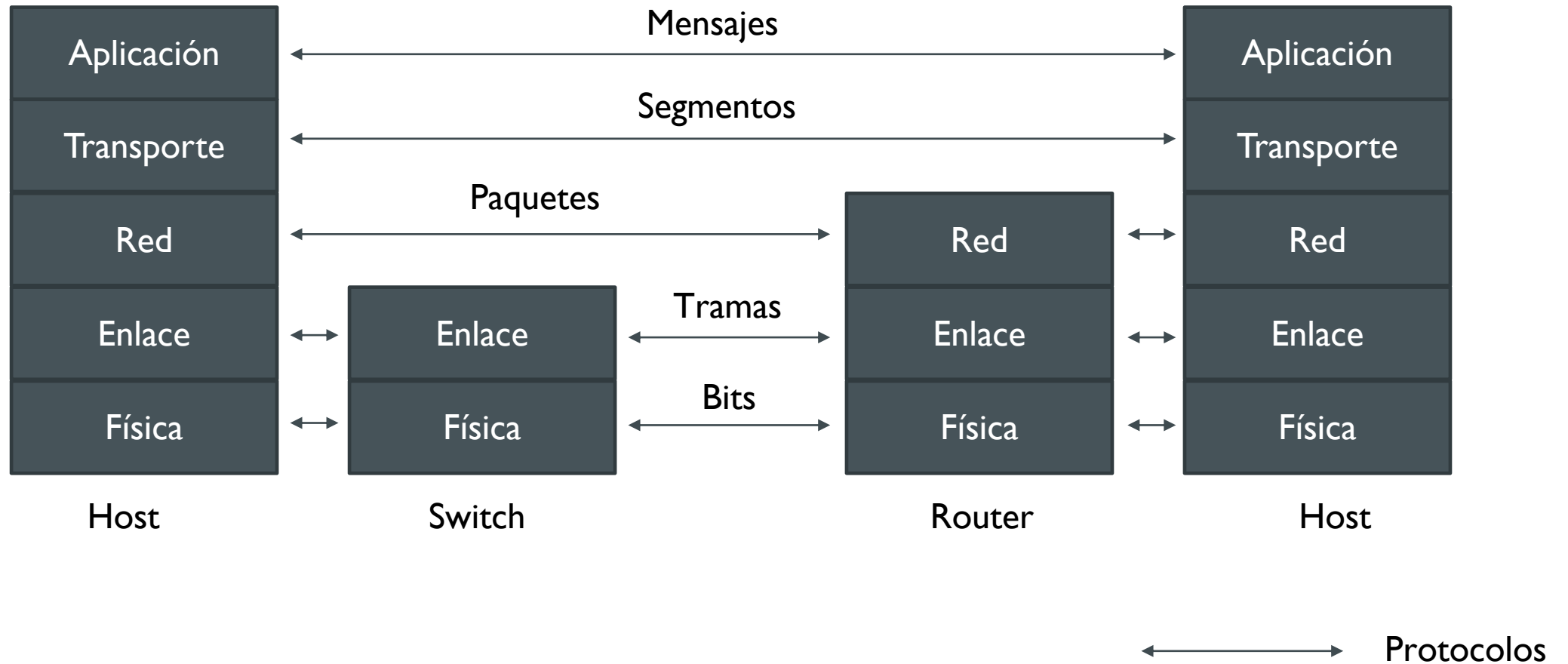
MODELO DE CAPAS: DEFINICIONES

- Entidades:
 - Elementos activos que implementan los servicios
- Arquitectura de red:
 - un conjunto de capas y protocolos
- Stack de protocolos:
 - el conjunto de protocolos utilizados en una arquitectura de red

MODELO DE CAPAS: DEFINICIONES

- Los protocolos se pueden clasificar por:
 - Conexión:
 - Orientado a conexión
 - No orientado a conexión
 - Confiabilidad
 - Confiable
 - No confiable

MODELO DE CAPAS: DEFINICIONES



INTRODUCCIÓN A IP

- IP: Internet Protocol
 - Solución para interconectar redes de datos.
 - Protocolo “de facto” para todo tipo de comunicaciones digitales.
 - Estandarizado por IETF (Internet Engineering Task Force) garantiza compatibilidad entre dispositivos.
- IPv4
 - Diseñado originalmente para comunicar centros de investigación y universidades.
 - Direcciones de 4 bytes (4.294.967.296)
 - Crecimiento exponencial de la mano de las páginas web provocó generó la necesidad de ampliar la cantidad de direcciones IPv4.
 - Se pudo prolongar su uso gracias al uso de NAT
 - Uso en comunicaciones cliente-servidor

INTRODUCCIÓN A IPV6

- IPv6

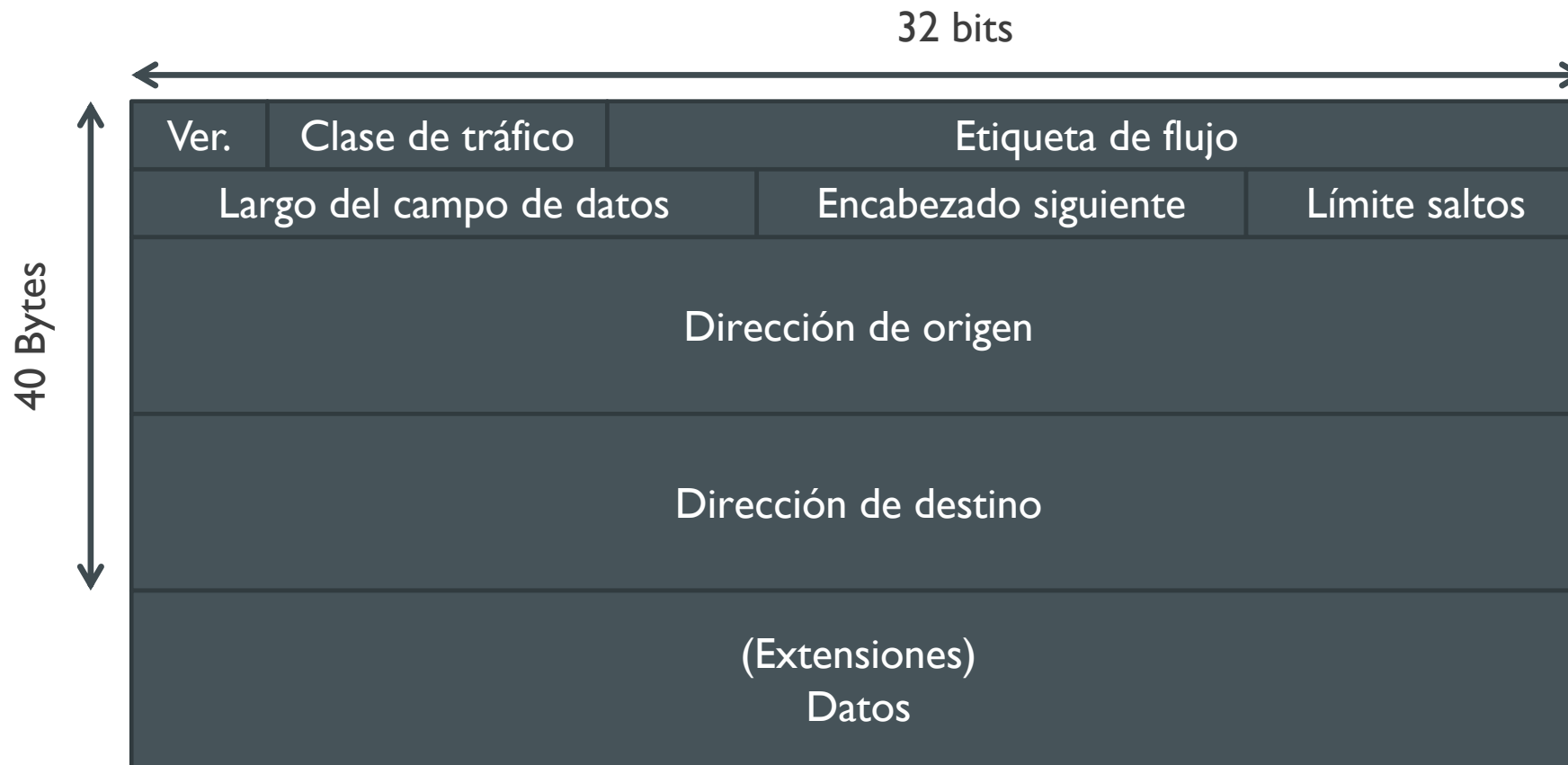
- Tamaño de direcciones:

2^{128}

(65.536 direcciones por cada partícula de polvo del planeta)

- Permite mecanismos de autoconfiguración sencillos
 - Facilita la administración y el delegamiento de direcciones.
 - Más niveles de jerarquía para agrupación de rutas.

IPV6: FORMATO DE UN PAQUETE



IPV6: FORMATO DE UN PAQUETE

- Versión (4 bits)
 - Versión de protocolo IP, en nuestro caso: 6
- Clase de tráfico (8 bits)
 - Utilizado para dar distintas prioridades a los paquetes
- Etiqueta de flujo (20 bits)
 - Indicación para los routers sobre cómo debe ser manejado el paquete
- Largo del campo de datos (16 bits)
 - El largo en bits de los datos que vienen a continuación del encabezado
- Encabezado siguiente (8 bits)
 - Referencia indicando el próximo encabezado de extensión
- Límite de saltos (8 bits)
 - Máxima cantidad de veces que un paquete puede ser reenviado
- Dirección de origen/destino (128 bits)
 - Dirección IPv6 del transmisor y receptor

IPV6: FORMATO DE UN PAQUETE

- 8 campos que ocupan un espacio fijo de 40 bytes
- Alineados con 64 bits para facilitar forwarding por hardware en routers
- Tamaño de direcciones de 16 bytes
- Encabezados de extensión:
 - Dan mayor flexibilidad al permitir por ejemplo proporcionar seguridad encriptando los datos del paquete.
 - Optimiza el procesamiento ya que se procesan solo en origen y destino.
 - Se definen como una lista encadenada, que comienza en el encabezado básico, y siempre apunta al próximo encabezado de extensión.

IPV6: ICMPV6

- Mensajes de control del protocolo IPv6
- Se identifican con el valor 58 en el campo de Encabezado siguiente.
- Contenido
 - Tipo (8 bits)
 - 0-127: Mensajes de error
 - 128-255: Mensajes de Información
 - Código (8 bits)
 - Opciones adicionales
 - Checksum (16 bits)

IPV6: ICMPV6

```
▶ Frame 1: 64 bytes on wire (512 bits), 64 bytes captured (512 bits)
▶ IEEE 802.15.4 Data, Dst: Broadcast, Src: NitLab_08:00:08:08:08
▶ 6LoWPAN
▼ Internet Protocol Version 6, Src: fe80::212:7408:8:808 (fe80::212:7408:8:808), Dst: ff02::1a (ff02::1a)
  ▶ 0110 .... = Version: 6
  ▶ .... 0000 0000 .... .... = Traffic class: 0x00000000
    .... .... 0000 0000 0000 0000 = Flowlabel: 0x00000000
    Payload length: 6
    Next header: ICMPv6 (58)
    Hop limit: 64
    Source: fe80::212:7408:8:808 (fe80::212:7408:8:808)
    Destination: ff02::1a (ff02::1a)
    [Source GeoIP: Unknown]
    [Destination GeoIP: Unknown]
▼ Internet Control Message Protocol v6
  Type: RPL Control (155)
  Code: 0 (DODAG Information Solicitation)
  Checksum: 0xe8f6 [correct]
  Flags: 0
  Reserved: 00
```

0000	41 c8 83 cd ab ff ff 08	08 08 00 08 74 12 00 41	A..... ..t..A
0010	60 00 00 00 00 06 3a 40	fe 80 00 00 00 00 00 00: @
0020	02 12 74 08 00 08 08 08	ff 02 00 00 00 00 00 00	..t.....
0030	00 00 00 00 00 00 00 1a	9b 00 e8 f6 00 00 f1 65

IPV6: NOTACIÓN

1. 8 grupos de 16 bits separados por “:”
2. Notación hexadecimal para cada nibble (4 bits)
3. No distingue mayúsculas de minúsculas
4. Los ceros a la izquierda en cada grupo de 16 bits pueden ser omitidos
5. Más de un grupo de ceros consecutivos pueden ser sustituidos por “::” **UNA SOLA VEZ**
6. Los prefijos de red se escriben con el formato Prefijo / Largo del prefijo
 - El largo del prefijo es la cantidad de bits fijos en la dirección

IPV6: EJEMPLO DE NOTACIÓN

- Dirección (1-2-3):

2001:0db8:4004:0010:0000:0000:6543:0ffd



- 2001:db8:4004:10:0:0:6543:ffd



- 2001:db8:4004:10::6543:ffd

IPV6: EJEMPLO DE NOTACIÓN

- El prefijo de red **2001:db8:1::/48** representa:

2001:0db8:0001:0000:0000:0000:0000:0000

- $3 \times 16 = 48$ bits fijos
- $5 \times 16 = 80$ bits variables
- Puedo definir prefijos más pequeños dentro del mismo:
 - 2001:db8:1:a::/64
 - 2001:db8:1:b::/64
- A partir del subprefijo **2001:db8:1:b::/64** puedo definir la dirección de un host:
 - **2001:db8:1:b:1:2:3:4**

IPV6: EJERCICIOS DE NOTACIÓN

1. ¿Cuál de las siguientes es una dirección IPv6 válida?

- 2001:0db8::F:A::B
- 2001:db8:A:B:C:D::1
- 2001:db8:000A:B00::1:3:2:F
- 2001:db8:G1A:A:FF3E::D

2. ¿Cuáles de los siguientes sub-prefijos pertenecen al prefijo 2001:db8:0A00::/48?

- 2001:db9:0A00:0200::/56
- 2001:db8:0A00:A10::/64
- 2001:db8:0A:F:E::/64
- 2001:db8:0A00::/64

IPV6: EJERCICIOS DE NOTACIÓN

3. Comprimir las siguientes direcciones:

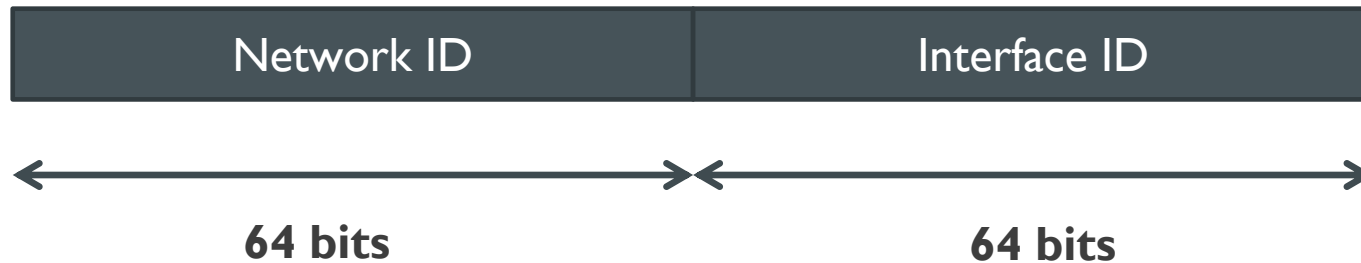
- 2001:0db8:00A0:7200:0fe0:000B:0000:0005
- 2001:0db8::DEFE:0000:C000
- 2001:0db8:DAC0:0FED:0000:0000:0B00:12

4. Descomprimir las siguientes direcciones:

- 2001:db8:0:50::A:123
- 2001:db8:5::1
- 2001:db8:C00::222:0CC0

IPV6: DIRECCIONES

- Se usan prefijos de 64 bits, llamados NID (Network Identifier).
- Los 64 bits restantes se llaman IID (Interface Identifier) porque identifican inequívocamente la interfaz del host en la red definida por el NID



IPV6: TIPOS DE DIRECCIONES

- **Unicast**

- Uno a uno
- Utilizadas para enviar paquetes de datos desde un nodo a otro

- **Multicast (ff00::/8)**

- Uno a varios
- Se utilizan para propagar datos en una cierta zona de la red

- **Anycast**

- Uno al más cercano
- Envía el paquete la dirección más cercana dentro de un rango con una cierta métrica dada por el protocolo de ruteo.

- **Reservadas**

- Reservadas por ejemplo para documentación y ejemplos
- No especificada: ::/128 (0:0:0:0:0:0:0:0)
- Loopback: ::1/128 (0:0:0:0:0:0:0:1)
- Documentación: 2001:db8::/32

IPV6: DIRECCIONES UNICAST

- **Link local**

- Las direcciones Link-local son creadas para comunicaciones dentro de una red local. Comienzan con el prefijo fe80::/10 y no está garantizado que sean únicas. Tampoco se puede mandar paquetes a otras redes a través de un router.

- **Unique Local Address (ULA)**

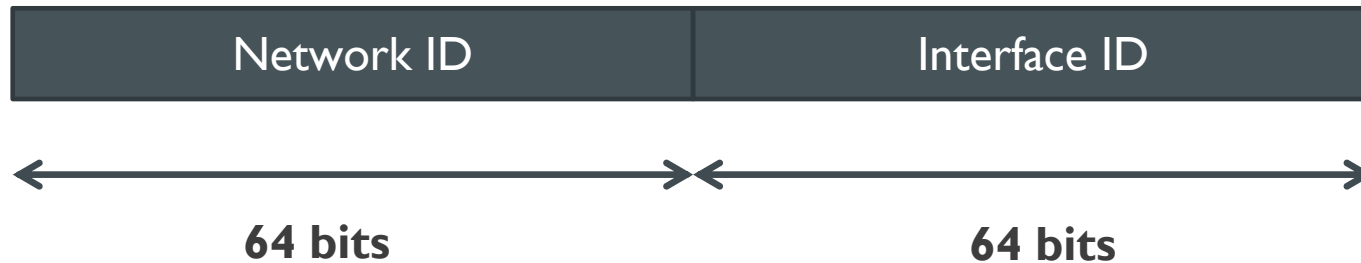
- Las direcciones ULA utilizan el prefijo fc00::/7 y se utilizan para comunicaciones locales. Se pueden usar para comunicaciones dentro de un sitio pero no son únicas en todo el internet.

- **Global Unicast**

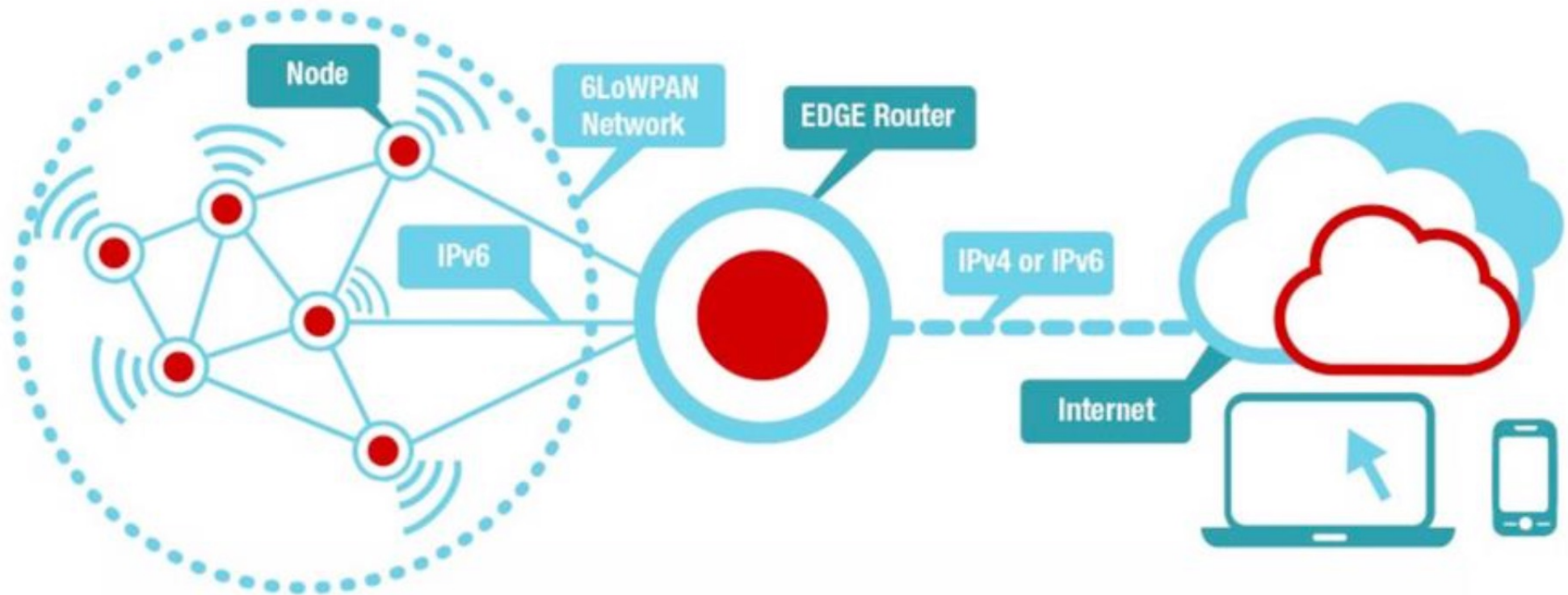
- Únicas en todo el internet y pueden ser utilizadas para mandar un paquete entre dos dispositivos cualesquiera conectados a internet

IPV6: ASIGNACIÓN DE NETWORK ID

- El Network ID de las direcciones Global Unicast se puede definir de varias maneras:
 - Asignado por el ISP si está conectado directamente a internet
 - Asignado por un Border Router, si el nodo se conecta a internet a través de uno de éstos



IPV6: CONEXIÓN A INTERNET

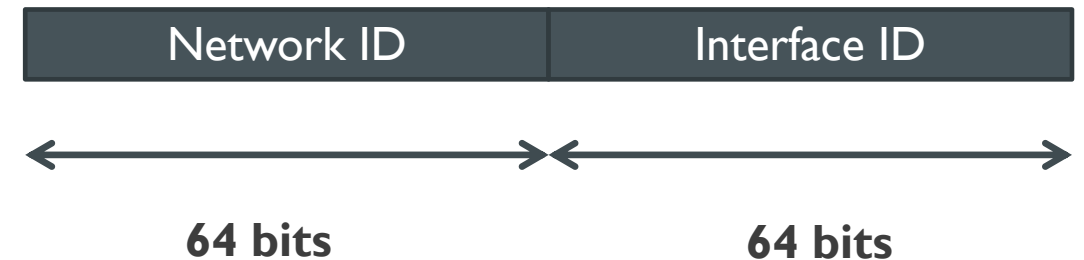


IPV6: GENERACIÓN DE IID

- Hay varias formas de obtener el IID a partir de distintos identificadores únicos del hardware
- Los Re-Mote traen un identificador IEEE EUI-64 único grabado en la memoria flash. Para obtener el IID se debe:
 - Invertir el séptimo bit contando de la izquierda
 - Agrupar los bytes de a dos
- Ejemplo:

EUI-64: 00:11:22:33:44:55:66:77

IID: 02:11:22:33:44:55:66:77 → 0211:2233:4455:6677



Más info en RFC 3513 – Apéndice A: Creating Modified EUI-64 format Interface Identifiers

IPV6: EJERCICIO DE GENERACIÓN DE IID

- Los Re-Mote permiten sobrescribir los últimos dos bytes de su identificador IEEE EUI-64 por un Node ID definido en tiempo de compilación.
- Suponga que un nodo:
 - Se compila con el Node ID 0xCAFE
 - El identificador IEEE EUI-64 del nodo es 00:12:4B:00:06:0D:62:4E
- ¿Cómo quedaría la dirección Link-local del nodo?

PLANIFICACIÓN DE CLASES

1. Introducción RSI
2. **Modelado e introducción a IPv6**
3. Plataforma de hardware
4. Plataforma de software: Contiki OS I
5. Plataforma de software: Contiki OS II
6. Capa de aplicación: CoAP / MQTT
7. Capa de red: RPL
8. Subcapa MAC
9. IEEE 802.15.4 / 6lowpan
10. Capa Física & antenas
11. IoT y las RSI



- ¿PREGUNTAS?