

# IoT sobre IPv6

18 de abril, 2018

LACNIC webinar

Gabriel Montenegro (Microsoft)

*co-chair [6lo WG IETF](#), [IAB](#)*

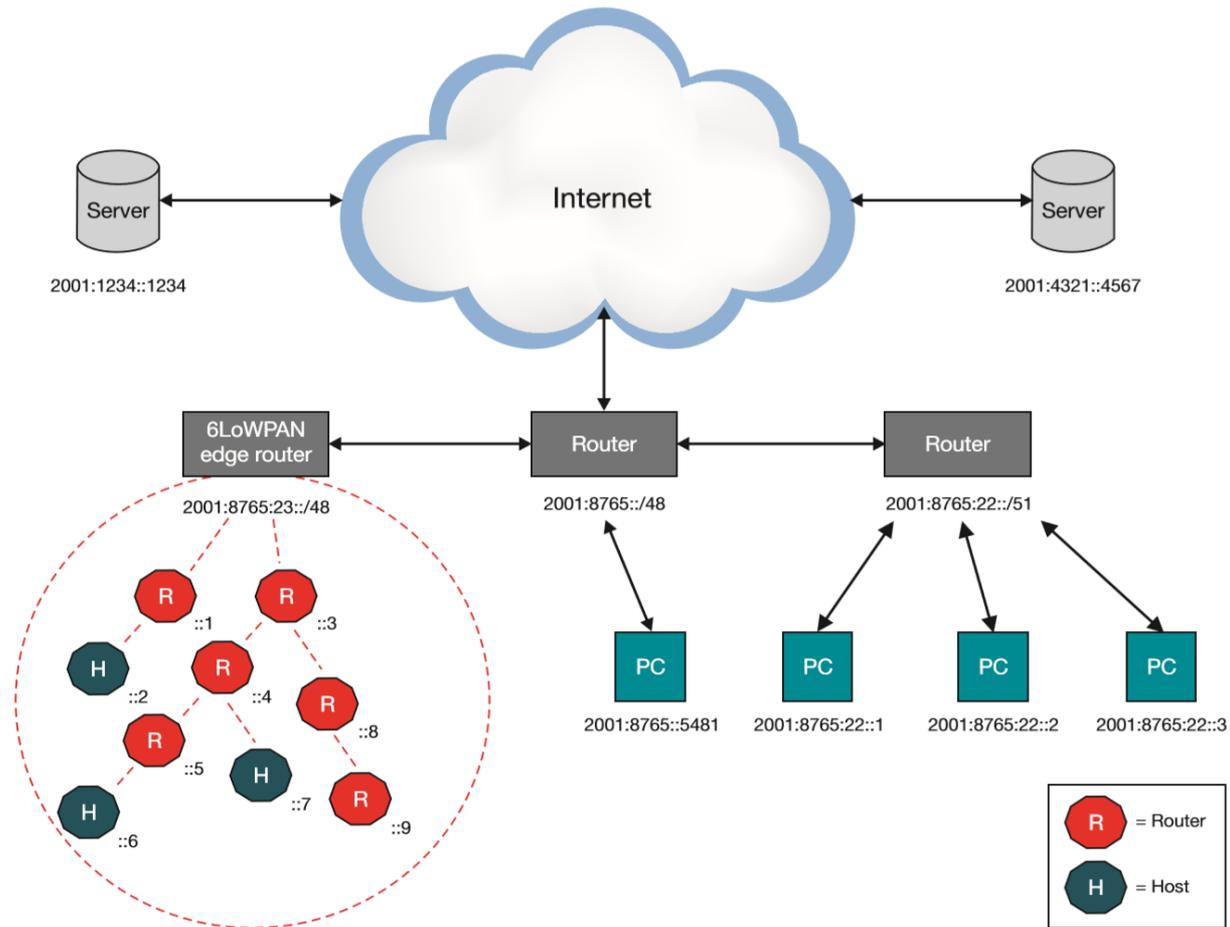
# Introducción

- Motivación, porqué IP, porqué IPv6
- Historia
- Desafíos y Soluciones
- Estado actual del mercado y estándares

# Motivaciones

- Edificios inteligentes
  - Mucho del costo de adecuamiento de un edificio comercial está en el cableado e instalaciones relacionadas
  - Johnsson Controls, Honeywell, etc
- Compañías de energía
  - Fino monitoreo de demanda y control de producción
  - Enormes ahorros energéticos
- Hogar inteligente
  - automatización del hogar (candados, termostatos, luces, riego, etc)
  - Monitoreo y control
- Aplicaciones médicas
  - Monitoreo y tendencias constantes versus una o dos visitas anuales
  - Mayor autonomía para personas de la tercera edad
- Agricultura de precisión
  - Control preciso de riegos y abonos
  - Monitoreo preciso de la cosecha

# Red con 6lowpan



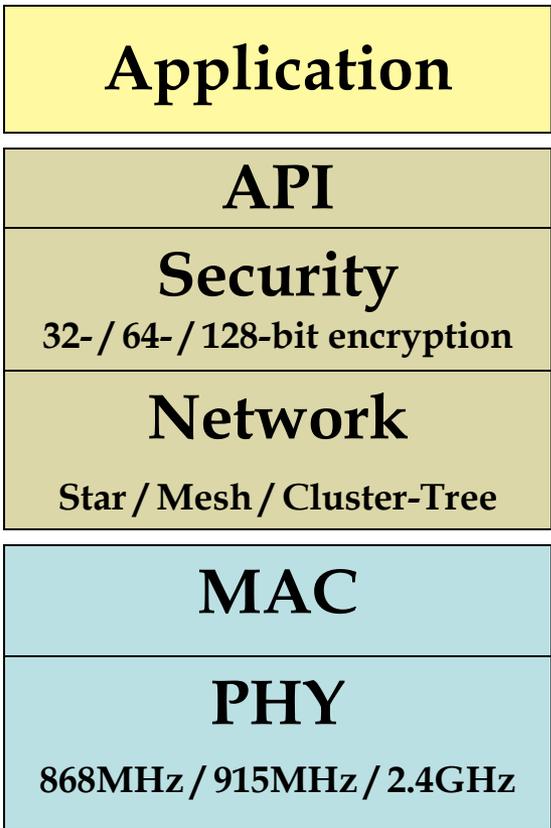
# Porqué IPv6?

- Enorme número de dispositivos
  - capacidad de direccionamiento va más allá de IPv4
- Necesidad de autoconfiguración
- Necesidad de compresión de encabezados
  - IPv6 es más comprimible que IPv4
- Restricciones de memoria
  - frecuentemente es obligatorio escoger una sola pila de redes
- Razones prácticas que justifican IP
  - Uso de infraestructura existente
  - Tecnología conocida
  - Implementaciones y librerías disponibles
  - Herramientas de diagnóstico existentes
  - Obviar la necesidad de intermediarios

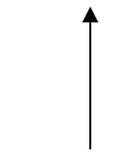
# Historia de IPv6 para IoT

- ZigBee como motivación
- Discusión inicial en Grenoble (2003/2004)
- Problemas iniciales de ZigBee
- Fundación en IETF del 6lowpan working group
  - Propuesto en 2004
  - Fundado en 2005: primer grupo IoT (“sensores”) en IETF
- Relevo a **6lo** a partir del 2013

# IEEE 802.15.4 & ZigBee In Context



Customer



ZigBee Alliance



IEEE 802.15.4



## ZigBee Alliance

- "the software"
- Network, Security & Application layers
- Brand management

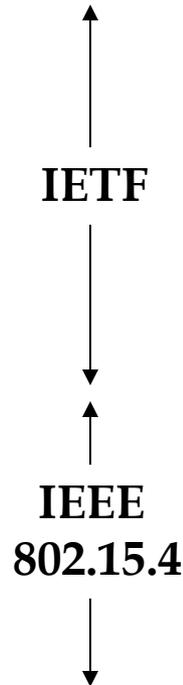
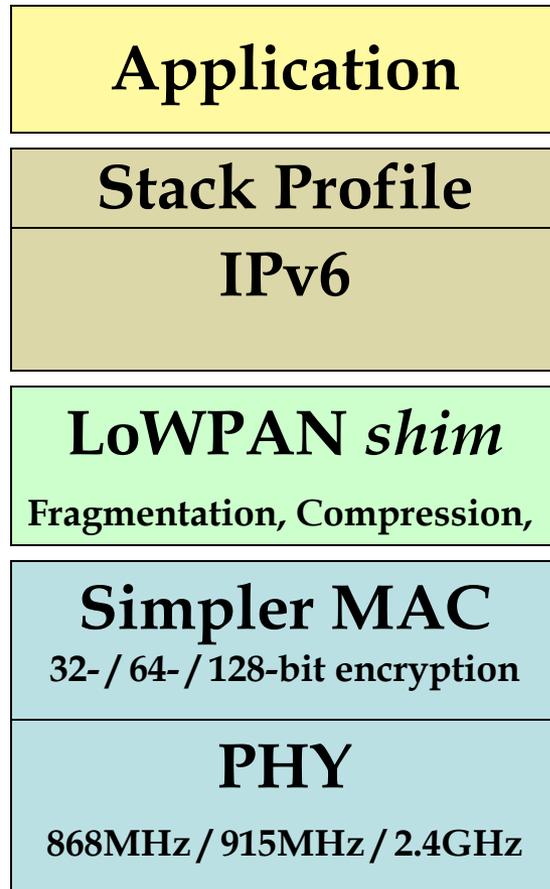
## IEEE 802.15.4

- encryption
- Physical & Media Access Control layers
- 127 bytes payload

Silicon
  Stack
  App



# IEEE 802.15.4 & 6LoWPAN



## 6LoWPAN

- IPv6 adaptation

## IEEE 802.15.4

- encryption
- Physical & Media Access Control layers
- 127 bytes payload

# Desafíos de IPv6 (1/2)

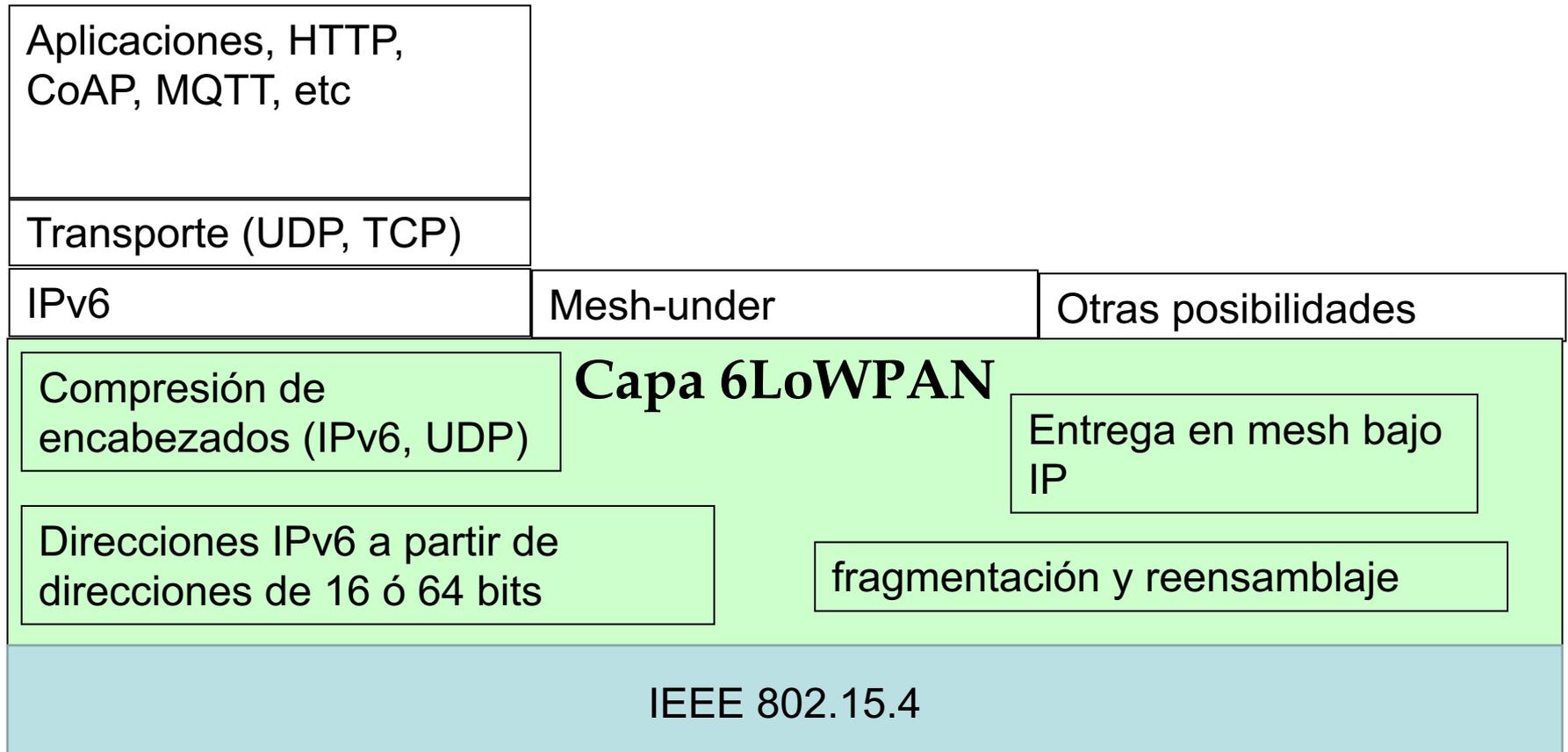
- Fragmentación y reensamblaje de paquetes
  - 1280 octetos para IPv6
  - tamaños máximos reducidos: e.g., 127 octetos para 802.15.4
- Compresión de encabezados
  - IPv6 sin compresión no es utilizable
  - desperdicio de energía

# Desafíos de IPv6 (2/2)

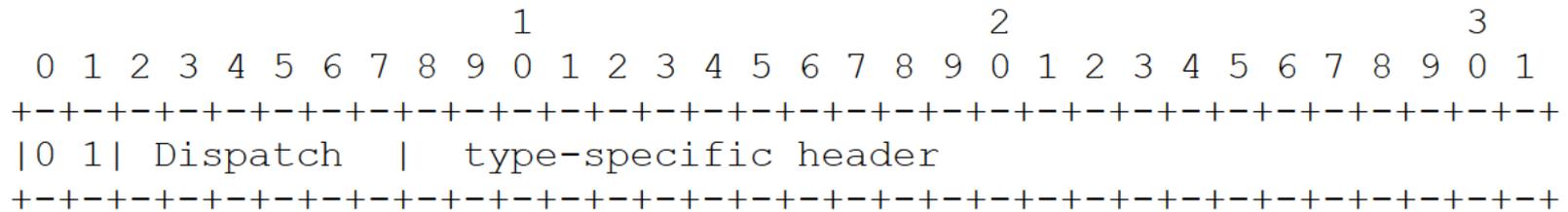
- Medio inalámbrico
  - Neighbor Discovery en IPv6 es ineficiente
- Topologías diversas
  - Redes en estrella o en mesh
- Privacidad y Seguridad son más complejos
  - Los dispositivos se encuentran al alcance físico de atacantes potenciales
  - Carencia de recursos (versus un PC o smartphone) para lidiar con estos retos

# 6LoWPAN y 802.15.4

No solo para IPv6, estrictamente hablando



# Dispatch (similar a “Ethernettype”)



Dispatch                      6-bit selector. Identifies the type of header immediately following the Dispatch Header.

type-specific header        A header determined by the Dispatch Header.

# Valores originales de Dispatch (RFC4944)

Pattern	Header Type
00 xxxxxx	NALP - Not a LoWPAN frame
01 000000	ESC - RFC6282
01 000001	IPv6 - Uncompressed IPv6 Addresses
01 000010	<del>LOWPAN_HC1 - LOWPAN_HC1 compressed IPv6</del>
01 000011	reserved - Reserved for future use
...	reserved - Reserved for future use
01 001111	reserved - Reserved for future use
01 010000	LOWPAN_BC0 - LOWPAN_BC0 broadcast
01 010001	reserved - Reserved for future use
...	reserved - Reserved for future use
01 100000	LOWPAN_IPHC- RFC6282
...	LOWPAN_IPHC- RFC6282
01 111110	<del>reserved - Reserved for future use</del>
01 111111	LOWPAN_IPHC- RFC6282
01 111111	<del>ESC - Additional Dispatch byte follows</del>
10 xxxxxx	MESH - Mesh Header
11 000xxx	FRAG1 - Fragmentation Header (first)
11 001000	reserved - Reserved for future use
...	reserved - Reserved for future use
11 011111	reserved - Reserved for future use
11 100xxx	FRAGN - Fragmentation Header (subsequent)
11 101000	reserved - Reserved for future use
...	reserved - Reserved for future use
11 111111	reserved - Reserved for future use

# Compresión libre de estado o con estado compartido

- Compresión óptima del encabezado IPv6 (2 octetos en lugar de 40)
  - Versión IP = IPv6
  - IPv6 origen y destino son *link local* o *prefijo conocido* ( $CID == 0$ )
  - IID (interface identifier) derivado de 802.15.4
  - longitud obtenida de IEEE 802.15.4 o del encabezado de fragmentos
  - Traffic Class y Flow Label ambos 0
  - Next Header es UDP, ICMP or TCP
  - Hop Limit: valor conocido

# Ejemplos de compresión

## IPv6 header

Ver	Traffic class	Flow label	Payload length	Next header	Hop limit	Source address 64-bit prefix, 64-bit HD	Destination address 64-bit prefix, 64-bit HD	40 bytes
-----	---------------	------------	----------------	-------------	-----------	--	---	----------

1. Compressed header, FE80::CAFE:00FF:FE00:0100 → FE80::CAFE:00FF:FE00:0200

Dispatch	Compr. header	2 bytes
----------	---------------	---------

2. Compressed header, 2001::DEC4:E3A1:FE24:9600 → 2001::4455:84C6:39BB:A2DD

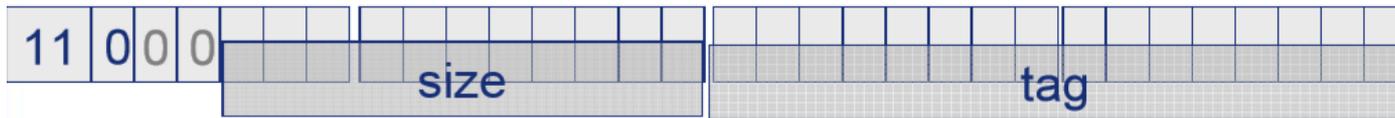
Dispatch	Compr. header	CID	Hop limit	Destination address 64-bit HD	12 bytes
----------	---------------	-----	-----------	----------------------------------	----------

3. Compressed header, 2001::DEC4:E3A1:FE24:9600 → 2001::4455:84C6:39BB:A2DD

Dispatch	Compr. header	CID	Hop limit	Source address 64-bit prefix	Destination address 64-bit prefix, 64-bit HD	20 bytes
----------	---------------	-----	-----------	---------------------------------	---	----------

# Encabezado de Fragmentos

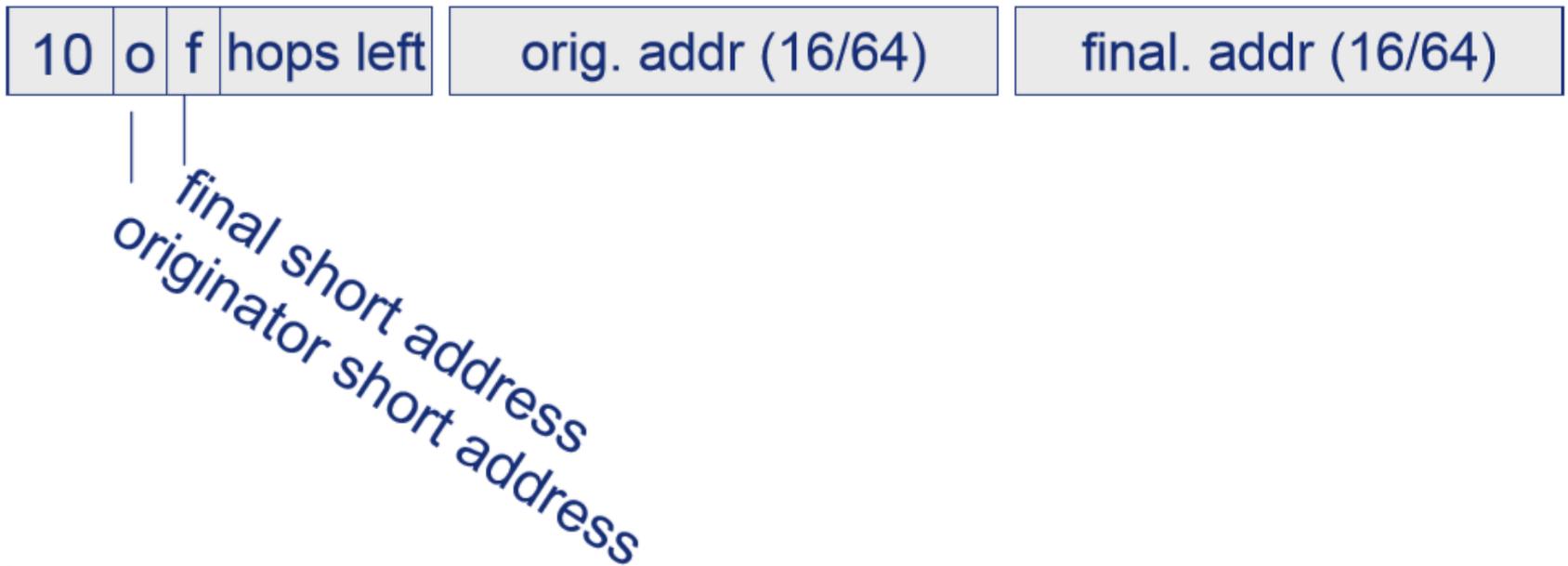
First fragment



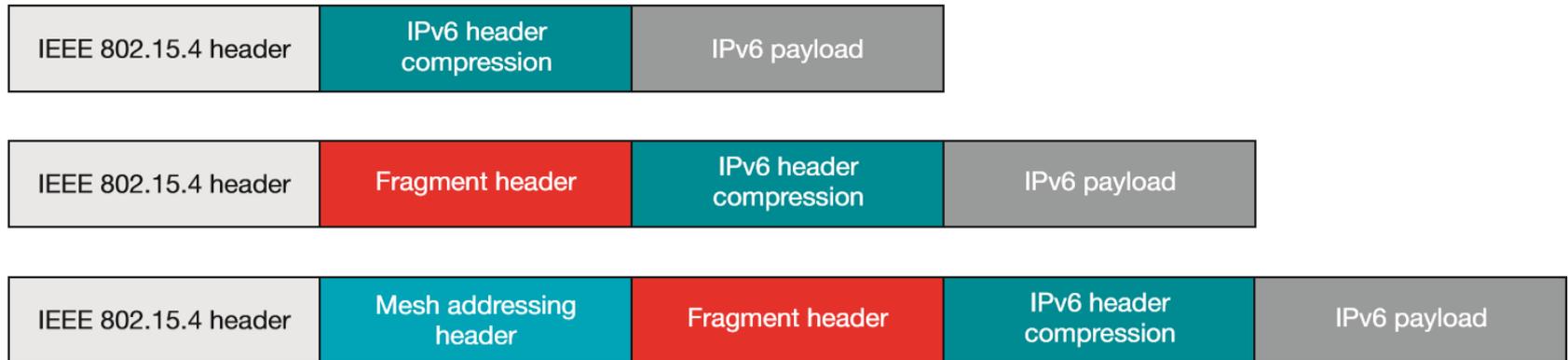
Rest of the fragments



# Encabezado de Mesh



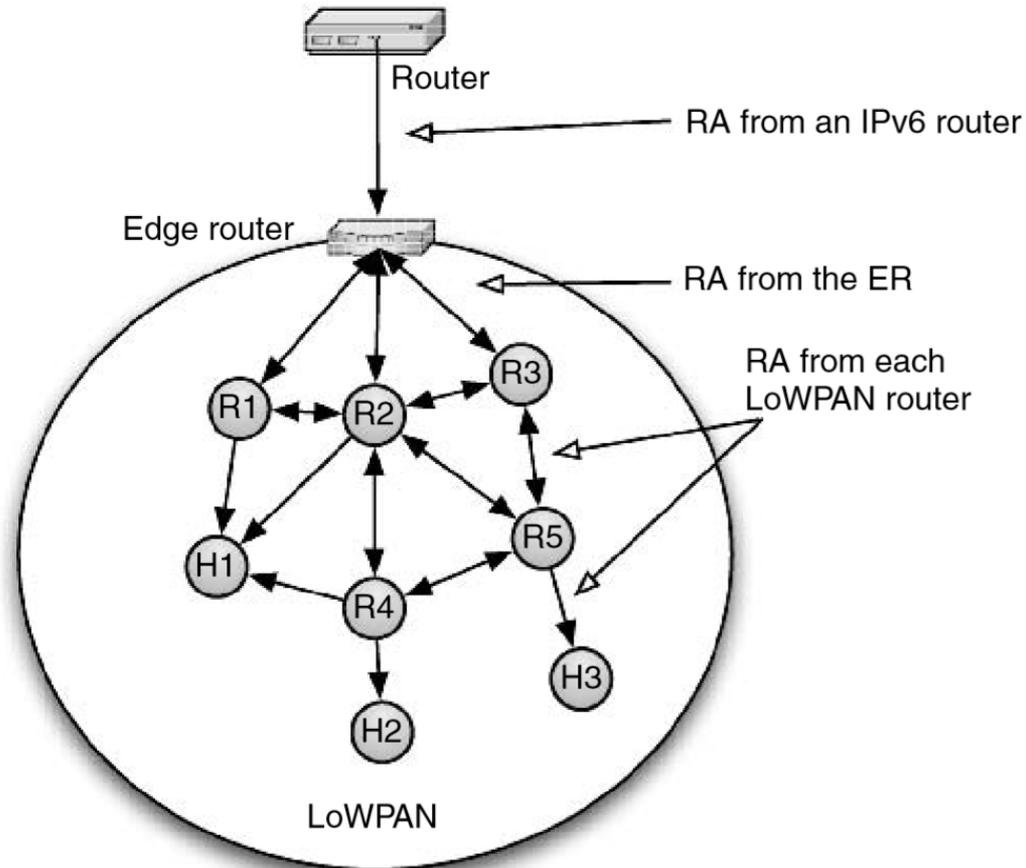
# Mesh y Fragmentación



# Neighbor Discovery (RFC6775)

- ND clásico asume Ethernet
  - Segmento IEEE 802 multicast/broadcast
  - Uso frecuente de multicast
- Una LoWPAN tiene enlaces inciertos
  - Pérdidas
  - Bajo consumo (dispositivos durmientes)
  - Bajo ancho de banda
- Enlaces asimétricos y no transitivos
- Amalgama de enlaces

# Topología típica



# Opciones ND en RFC6775

- Interacciones iniciadas por nodos les permite dormir
- Eliminación de resolución de direcciones via multicast
- Registro de direcciones de nodos via unicast (NS/NA)
- Distribución de contextos de compresión y prefijos
- Multihop para diseminar información y detectar duplicados (DAD) (reemplazable por un protocolo de enrutamiento)
- Etc (el trabajo continúa)

# 6LoWPAN y 6lo

- 6lowpan
  - RFC4944 (adaptación básica de IPv6)
  - RFC6282 (compresión de encabezados)
    - Reemplaza la compression de RFC4944
  - RFC6775 (modificaciones a neighbor discovery para IoT)
- 6lo
  - Extensiones (de ND, compresión, códigos)
  - Privacidad
  - Otras tecnologías de redes (Bluetooth LE, DECT ULE, MS/TP, ITU-T G.9959 (Zwave), NFC, etc)

# 6Lo y otras tecnologías de redes

Extensiones de Neighbor Discovery

MIB

Compresión genérica

Otras extensiones y actualizaciones (privacidad, extensibilidad, tecnología mesh, etc)

Aplicaciones, HTTP, CoAP, MQTT

Transporte (UDP, TCP), Seguridad (TLS, DTLS)

IPv6, Route over: RPL, AODV, OLSR...

Compresión de encabezados (IPv6, UDP)

**6LoWPAN layer**

Entrega en mesh bajo IP

Direcciones IPv6 a partir de direcciones de 16 ó 64 bits

fragmentación y reensamblaje

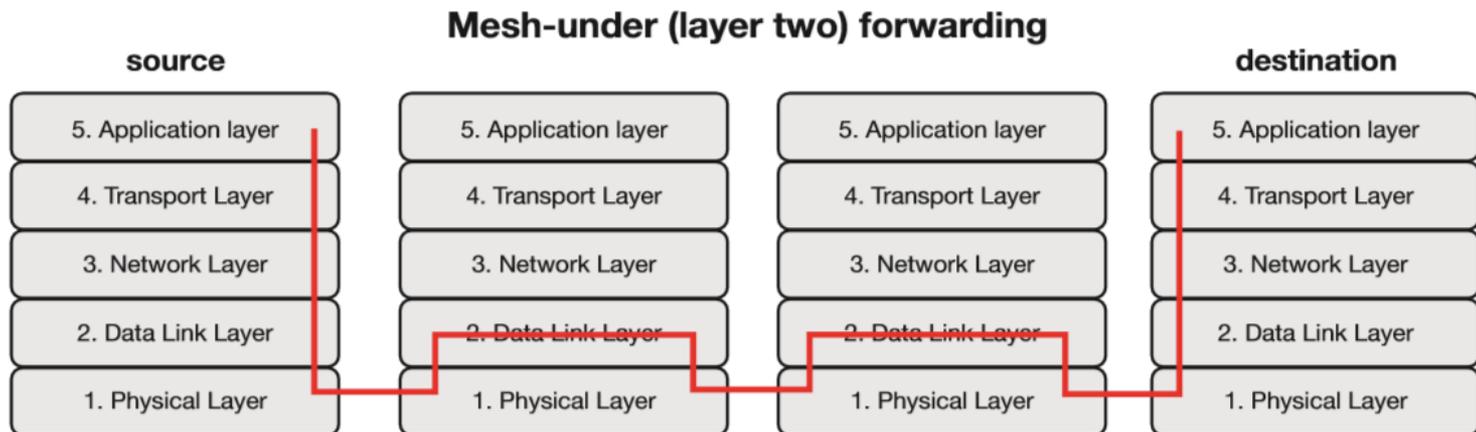
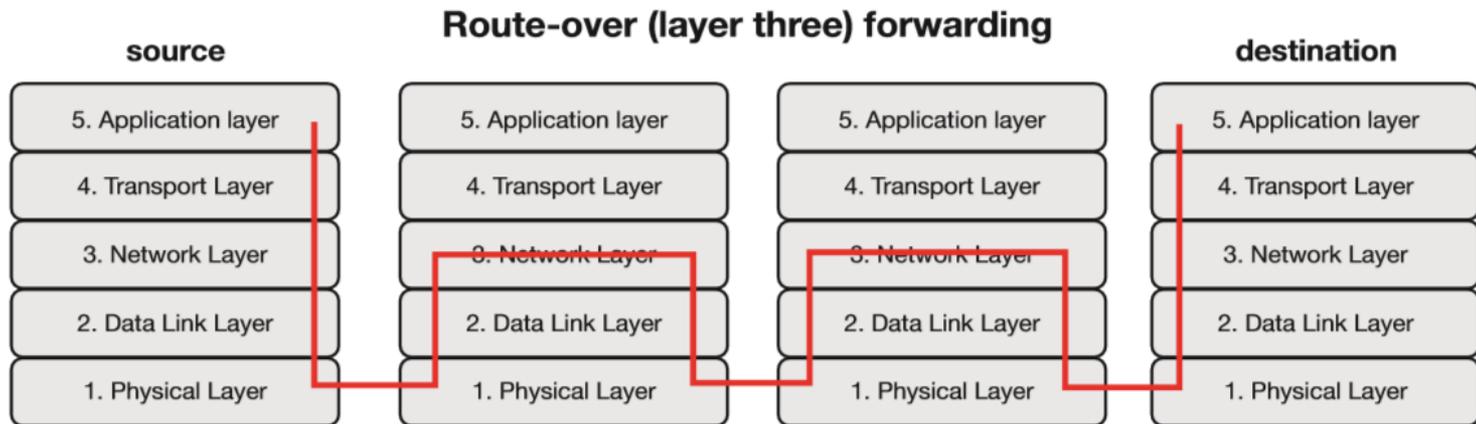
**Bluetooth LE**

**ITU-T G.9959  
(Zwave)**

**MS/TP (BacNet)**

**DECT ULE**

# Mesh-under y route-over



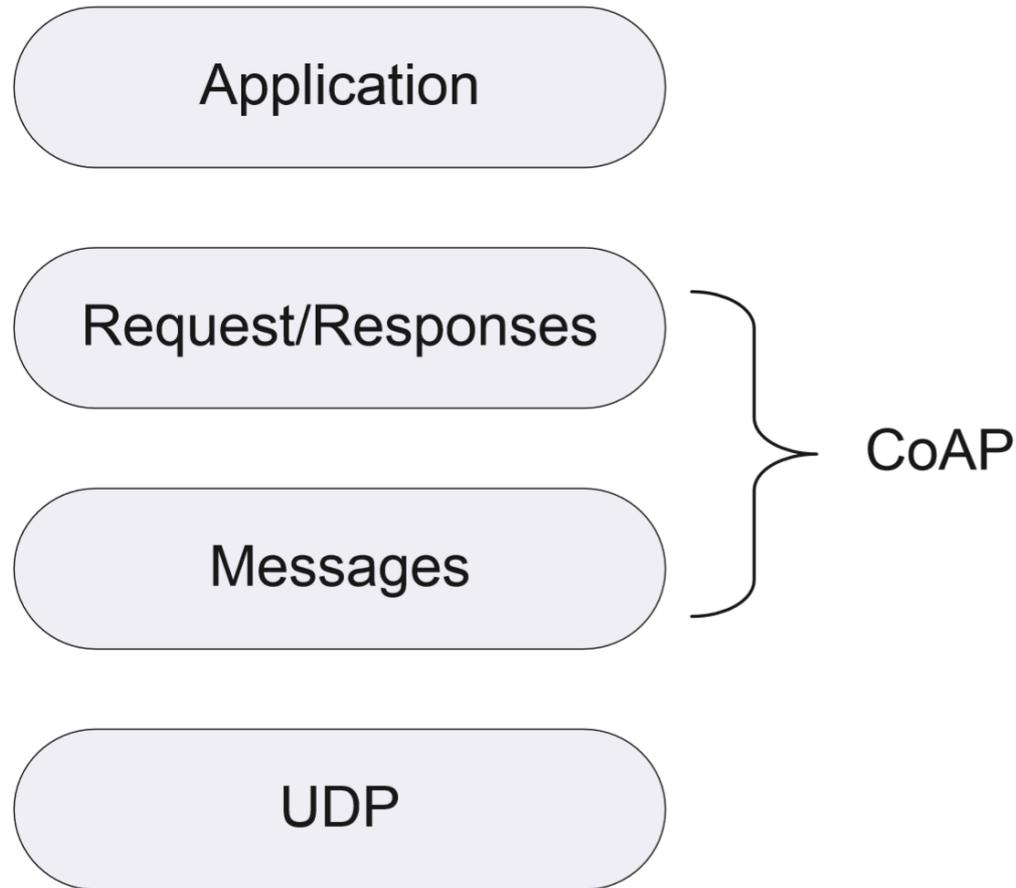
# Mesh-under vs Route-over

- Fragmentos reensamblados en el destino
- Direcciones L2 (MAC)
- Un IP link, un dominio IEEE 802 broadcast/multicast
- Típicamente 1 border router
- Aplicaciones del enlace local no ven ninguna diferencia
- *Fragmentos reensamblados en cada hop (salto)*
- Direcciones L3 (IP)
- Múltiples IP links y dominios IEEE 802 broadcast/multicast
- Típicamente múltiples border routers
- Aplicaciones no ven un solo enlace local
- **ROLL WG**

# Otras actividades IoT del IETF

- 6TiSCH – 802.15.4 “determinístico”
- ROLL
  - RPL – protocolo de enrutamiento y extensiones
- CoRE – CoAP, subscripción de notificaciones, directorio, congestión, etc
- DICE – perfil TLS/DTLS
- ACE – autenticación
- SUIT – actualizaciones de software para IoT
- LPWAN – redes de largo alcance y bajísimo consumo, MTU tan bajo como 20 octetos
- T2TRG – thing-2-thing research Group

# COAP (Inspirado en HTTP)



# HTTP/2 adecuado para IoT

- Un transporte moderno
  - Binario y compacto: 9 octetos de encabezado
  - Código reducido
  - Compresión de encabezado de fácil computación
  - Reutilización de una conexión TCP
  - PUSH para suscripciones
- security de transporte: una opción necesaria
  - Con DTLS/TLS (~12 octets):
    - HTTP/2 : 9 octets → 21 octets
    - CoAP : 4 (1+ con opciones) → 16+ octets
- Congestión, confiabilidad
  - Lo mejor de TCP
  - NOTA: QUIC como punto interesante para el futuro

*Trabajo con Sandra Céspedes, Prof. Universidad de Chile*

# Perfil IoT para HTTP/2

- HTTP/2: parámetros y sus consideraciones
  - SETTINGS\_HEADER\_TABLE\_SIZE: e.g., 512 (versus 4096)
  - SETTINGS\_ENABLE\_PUSH: 1 (0 ok en ciertos casos)
  - SETTINGS\_MAX\_CONCURRENT\_STREAMS: valor: 1 or 2 or 3? (versus infinito)
  - SETTINGS\_INITIAL\_WINDOW\_SIZE: valor: unos pocos kb (versus 64K)
  - SETTINGS\_MAX\_FRAME\_SIZE: dejarlo grande (e.g., 16K) y usar control de flujo
  - SETTINGS\_MAX\_HEADER\_LIST\_SIZE: unos pocos kb (versus infinito)

# Desafíos generales

- Seguridad
- Privacidad
- Interoperabilidad
- Multiplicidad de pilas de protocolos e insuficiencia de estándares
  - Organizaciones de estándares vs
  - Organizaciones de certificación

# Estado de 6lo

- Aceptación
- Wi-Sun, Contiki, TinyOS, ISA 100, ZigBee, ITU-T G.9903 (G3-PLC for Smartgrid)
- Thread Group – consorcio de fabricantes basados sobre IPv6, 802.15.4 y 6lowpan