

# 6LoWPan

IPv6 over Low-Power Wireless  
Personal Area Networks

# Agenda

## 1. Endereçamento

1.1. Endereço de Interface

1.2. IPv6 Link Local

## 2. Compressão

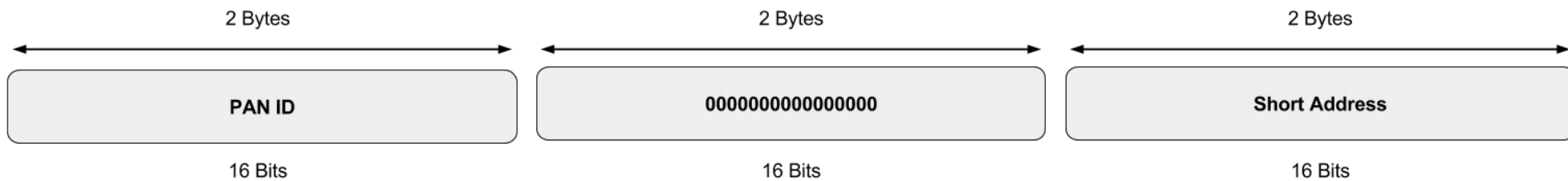
2.1. Definida em RFC 4944

2.2. Definida em RFC 6282

# Endereço de Interface

- Obtenção automática do endereço da interface IPv6
- Originalmente deve-se utilizar o identificador de 64 bits do IEEE 802.15.4
- Caso contrário deve-se utilizar o identificador de 16 bits de outra forma:
  - Gerar um endereço de 48 bits
  - Concatenar PAN\_ID + (zeros) + identificador de 16 bits
  - Caso o PAN\_ID não seja conhecido substituir por zeros

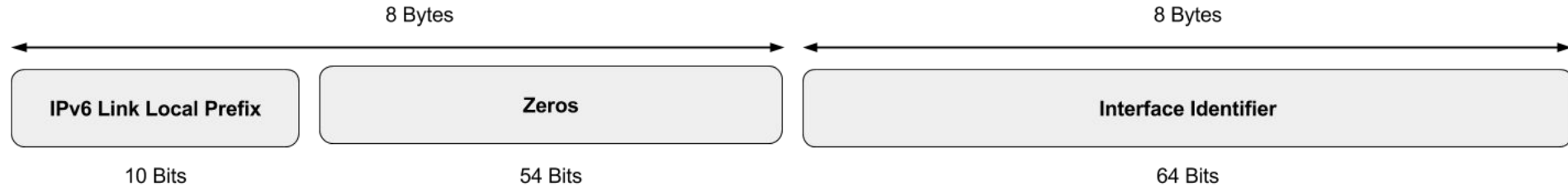
# Endereçamento de Interface



# IPv6 Link Local

- Utilizado para comunicação na rede local IPv6
- Utiliza o prefixo IPv6 padrão de Link Local
  - FE80::/64
- Formado pela concatenação do prefixo de Link Local e o endereço da interface IPv6

# IPv6 Link Local



# Compressão

- Utilizado via cabeçalho de despacho
- Consiste em omitir campos que podem ser obtidos de outras formas
  - Valor default
  - Presente em outros cabeçalhos do pacote
  - Calculado por outros campos
- Campos que não puderem ser omitidos serão colocados de forma íntegra no pacote

# Compressão

- Definido em mais de uma RFC
  - RFC 4944 (2007)
  - RFC 6282 (2011)
- Conceito base é o mesmo
- Versão mais recente utiliza conceitos mais avançados de compactação
- Implementação deve ser retrocompatível



# Compressão

- Definido em mais de uma RFC
  - RFC 4944 (2007)
  - RFC 6282 (2011)
- Conceito base é o mesmo
- Versão mais recente utiliza conceitos mais avançados de compactação
  - Baseada em contexto
- Implementação deve ser retrocompatível

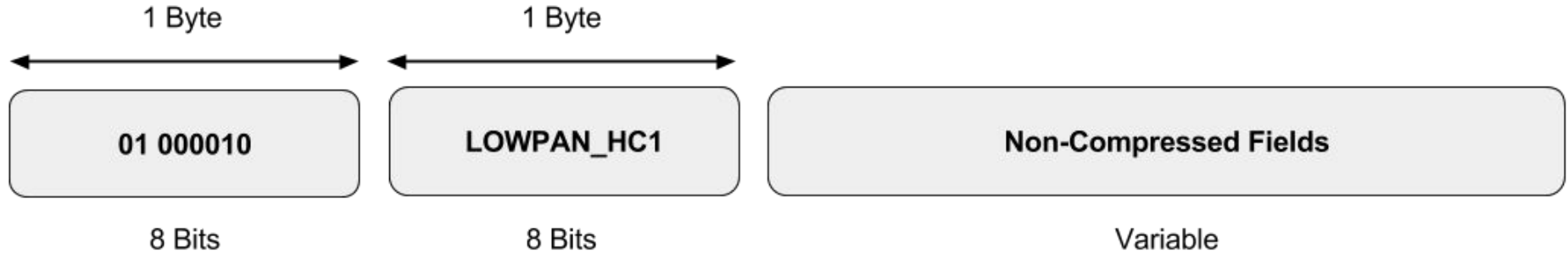
# Compressão - RFC 4944

- Utiliza apenas compressão stateless
- Modelo simplificado
- Pode não funcionar bem para boa parte dos casos
  - Impossível inferir valor dos campos
- Define compressão para IPv6 e UDP

# Compressão - LOWPAN\_HC1

- Define compressão dos campos IPv6
- Precedido por um cabeçalho de despacho
  - 10 000010 (Dispatch LOWPAN\_HC1)
- Cabeçalho ocupa 1 byte
- No melhor caso comprime 40 bytes para 2 bytes
  - 1 byte (Cabeçalho) + 1 byte (Hop Limit)

# Compressão - LOWPAN\_HC1



# Compressão - LOWPAN\_HC1

- Comportamento dos campos IPv6
  - **Version:** Sempre será omitido por ser um valor fixo
  - **Payload Length:** Pode ser calculado baseado em outras camadas
  - **Hop Limit:** Sempre será utilizado de forma íntegra
- Os demais campos podem ser omitidos ou comprimidos

**Version  
(4 bits)**

**Traffic Class  
(8 bits)**

**Flow Label  
(20 bits)**

**Payload Length  
(16 bits)**

**Next Header  
(8 bits)**

**Hop Limit  
(8 bits)**

**Source Address  
(128 bits)**

**Destination Address  
(128 bits)**

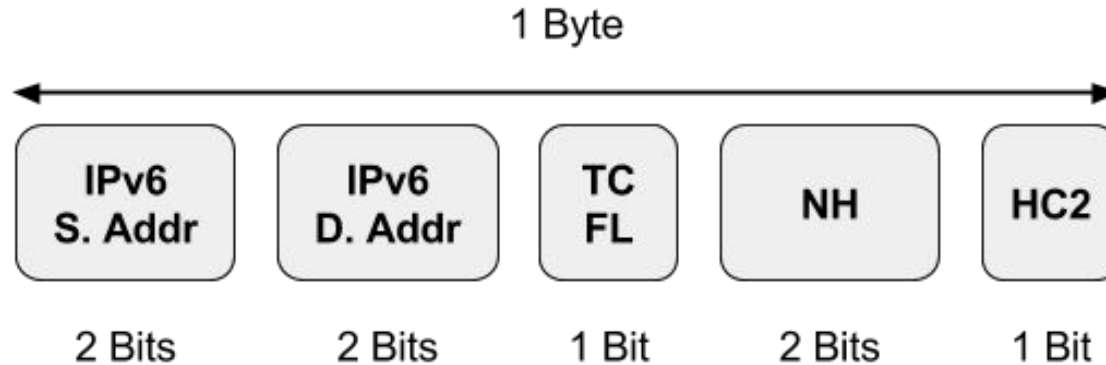
# Compressão - LOWPAN\_HC1

- Campos IPv6 que podem ser comprimidos são mapeados no cabeçalho

## LOWPAN\_HC1

- Traffic Class
- Flow Label
- Next Header
- IPv6 Source Address
- IPv6 Destination Address

# Compressão - LOWPAN\_HC1





# Compressão - Endereços IPv6

- **PI** - Prefixo IPv6 sem compressão no pacote
- **PC** - Prefixo IPv6 de Link Local omitido
- **II** - Identificador de interface sem compressão no pacote
- **IC** - Identificador de interface omitido (obtido do endereço de outra camada)

# Compressão - Endereços IPv6

- Representado pelos bits
  - Source Address (0 e 1)
  - Destination Address (1 e 2)
- Endereço formado por prefixo + sufixo
- Usando as definições temos as seguintes possibilidades
  - PI + II (00)
  - PI + IC (01)
  - PC + II (10)
  - PC + IC (11)

# Compressão - Traffic Class e Flow Label

- **Traffic Class:** (DSCP) + (ECN)
  - DSCP: Agrupamento de tráfego em diferentes classes
  - ECN: Controle de congestionamento
- **Flow Label:** Utilizado para auxiliar a determinar rotas
- Grande chance de ambos terem valor 0
- Representados pelo bit 4
  - 0 - Ambos são carregados sem compressão no pacote
  - 1 - Ambos os campos são omitidos pois tem valor 0

# Compressão - Next Header

- Utiliza os valores mais comuns para reduzir o tamanho do campo
- Definido pelos bits 5 e 6:
  - 00 - Campo Next Header é enviado sem compressão
  - 01 - UDP
  - 10 - ICMP
  - 11 - TCP

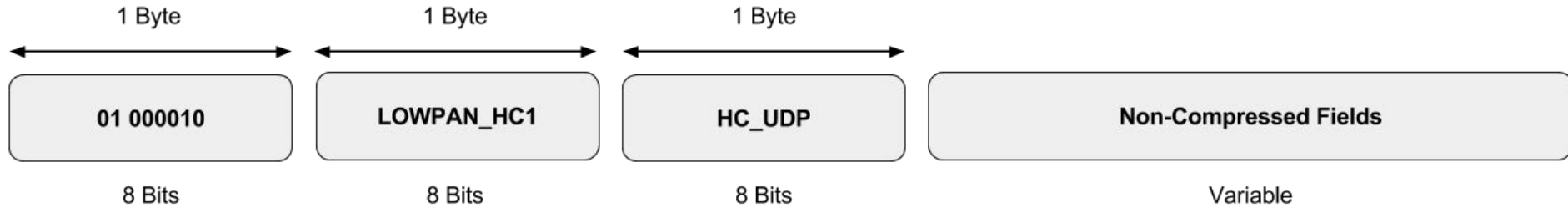
# Compressão - HC2 Encoding

- Define se o próximo cabeçalho será comprimido
- Representado pelo bit 7:
  - 0 - Próximo cabeçalho não será comprimido
  - 1 - Próximo cabeçalho será comprimido
- Cabeçalho HC2 vem logo depois do fim do cabeçalho HC1

# Compressão - LOWPAN\_HC2

- Campo Next Header de HC1 define qual cabeçalho será compactado
  - UDP, TCP ou ICMP
- Cabeçalho HC2 permite a compactação de qualquer um desses cabeçalhos
- RFC 4944 define apenas a compactação para UDP
  - HC\_UDP

# Compressão - HC\_UDP

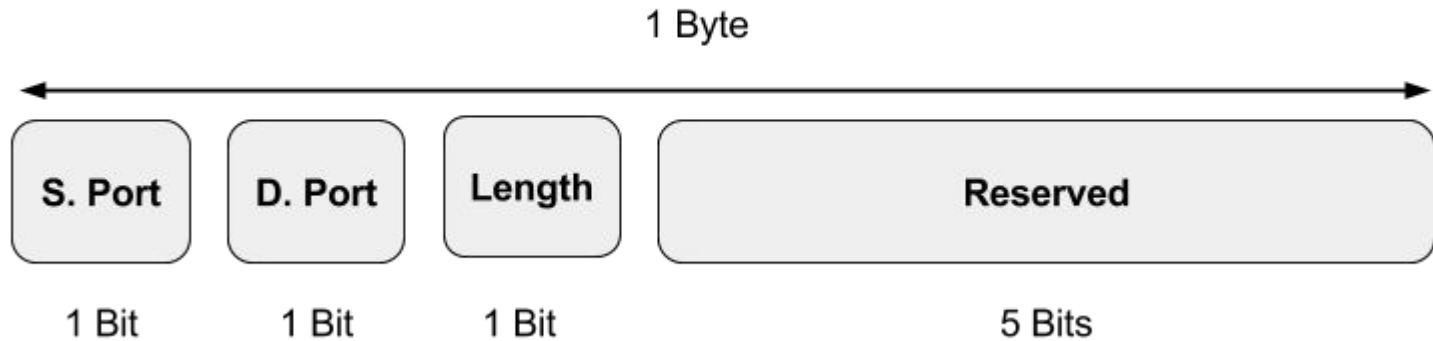


# Compressão - HC\_UDP

- Mesma abordagem utilizada em HC1
- Campo de checksum não pode ser comprimido
- Os demais campos podem ser comprimidos
  - Source Port
  - Destination Port
  - Length
- Apenas 3 bits utilizados, os últimos 5 estão reservados para uso futuro



# Compressão - HC\_UDP



# Compressão - Portas UDP

- Utiliza range restrito para permitir compressão
  - 61616 à 61631
- Representado pelo bit
  - 0 - Source Port
  - 1 - Destination Port
- Quando o bit assumir valor
  - 0 - A porta é não é comprimida
  - 1 - A porta é comprimida e 4 bits são carregados depois do cabeçalho HC\_UDP

# Compressão - Tamanho

- Pode ser derivado do cabeçalho IPv6
- Representado pelo bit 2
  - 0 - O tamanho será carregado sem compressão no pacote
  - 1 - O tamanho será comprimido pela derivação do cabeçalho IPv6

# Compressão - Campos Não Comprimidos

- Os campos não comprimidos de HC1 devem ser colocados após todos os cabeçalhos de compressão na ordem especificada por HC1
  - Sendo que o primeiro campo sempre é o Hop Limit
- Os campos não comprimidos de HC\_UDP devem ser colocados após todos os cabeçalhos de compressão na ordem original do cabeçalho UDP
- Após a compressão é possível que não seja obtido múltiplos de 8 bits
  - Dessa forma devemos acrescentar bits de padding com valor 0

# Compressão - Exemplo

| 0   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 1                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 2                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 3                            |   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------------------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 0   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0                            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0                            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0                            | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| +--+--+--+--+--+--+--+--+--+                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   | +--+--+--+--+--+--+--+--+--+ |   |   |   |   |   |   |   |   |   | +--+--+--+--+--+--+--+--+--+ |   |   |   |   |   |   |   |   |   | +--+--+--+--+--+--+--+--+--+ |   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0 1 0 0 0 0 1 0   1 1   1 1   1   0 1   1   1   1   1   _____ |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Hop Limit                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                              |   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| +--+--+--+--+--+--+--+--+--+                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   | +--+--+--+--+--+--+--+--+--+ |   |   |   |   |   |   |   |   |   | +--+--+--+--+--+--+--+--+--+ |   |   |   |   |   |   |   |   |   | +--+--+--+--+--+--+--+--+--+ |   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Sport   Dport   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | UDP Checksum                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   | UDP Data...                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                              |   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| +--+--+--+--+--+--+--+--+--+                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   | +--+--+--+--+--+--+--+--+--+ |   |   |   |   |   |   |   |   |   | +--+--+--+--+--+--+--+--+--+ |   |   |   |   |   |   |   |   |   | +--+--+--+--+--+--+--+--+--+ |   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| LOWPAN_HC1   SAE   DAE   C   NH   1   S   D   L   _____       |   |   |   |   |   |   |   |   |   | N.-C. fields...              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                              |   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| \_ dispatch \_ /  |   |   |   |   |   |   |   |   |   | \_ HC1 header \_ /           |   |   |   |   |   |   |   |   |   | \_ HC2 header \_ /           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                              |   |  |  |  |  |  |  |  |  |

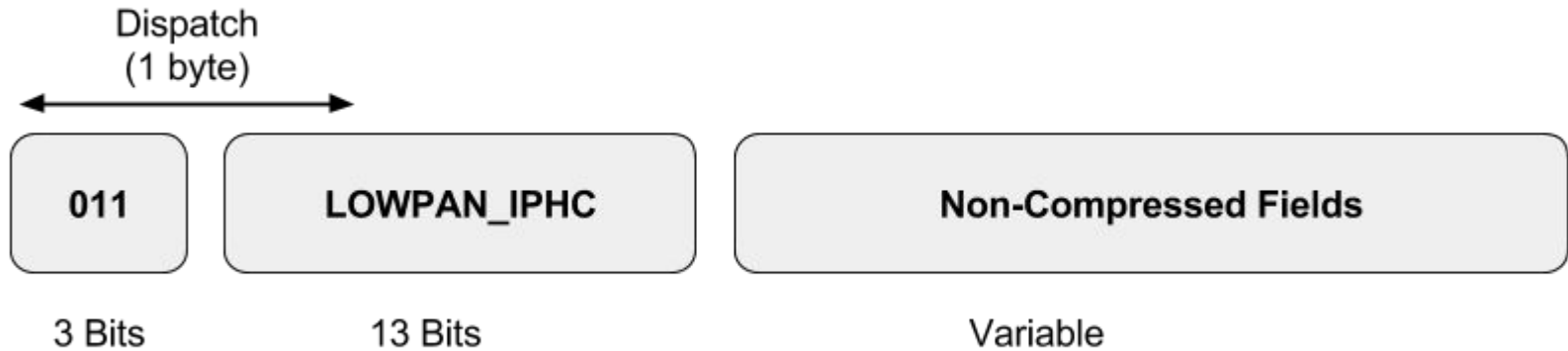
# Compressão - RFC 6282

- Objetivo do 6LoWPAN: Comunicação direta entre sensores e internet
- Não será fácil omitir sempre os endereços IPv6
  - Prefixo utilizado não pode ser inferido
  - Endereço de interface de destino também não
- A RFC propõe um modelo de compressão statefull
- A compressão stateless também está presente

# Compressão - LOWPAN\_IPHC

- Cabeçalho utiliza 5 bits do cabeçalho de despacho
- Para isso é necessário alterar a tabela definida anteriormente
  - ESC tinha valor 11 111111
  - Agora ele é definido como 01 000000
- Consome 32 opções despacho que antes eram 64
- Cabeçalho possui 13 bits
  - 5 bits (despacho) + 8 bits

# Compressão - LOWPAN\_IPHC

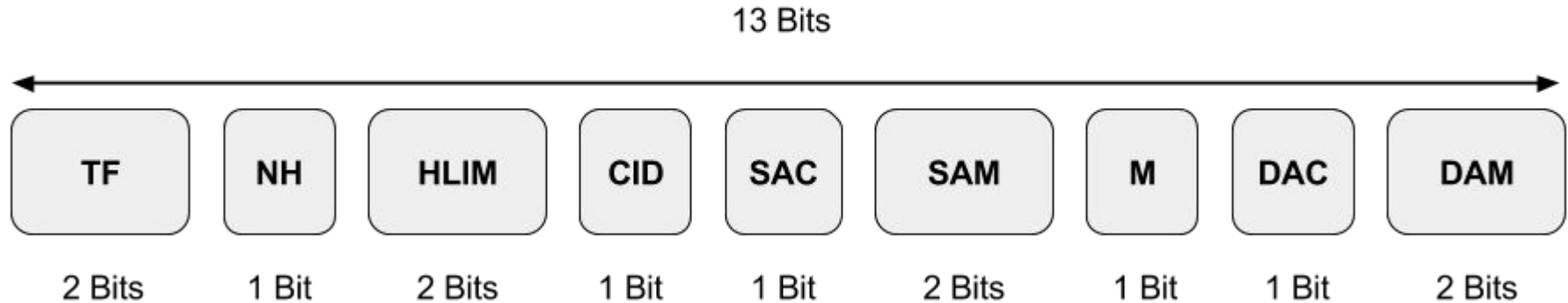




# Compressão - LOWPAN\_IPHC

- Similar ao HC1 em boa parte dos campos
- Também omite o campo de versão e de tamanho
- Cria uma compactação para o Hop Limit
  - Valores mais usados: 1, 64, 255
- Compactação por contexto entre dois nós

# Compressão - LOWPAN\_IPHC



# Compressão - LOWPAN\_IPHC

- **TF:** Traffic Class e Flow Label
- **NH:** Next Header
- **HLIM:** Hop Limit
- **CID:** Context Identifier Extension
- **SAC:** Source Address Compression
- **SAM:** Source Address Mode
- **M:** Multicast Compression
- **DAC:** Destination Address Compression
- **DAM:** Destination Address Mode

# Compressão - LOWPAN\_IPHC

- Ao utilizar compressão statefull fica a cargo do protocolo de camada superior o fornecimento das informações de contexto
- Ao utilizar CID com valor 1 habilitamos um byte extra de contexto
  - 4 bits de contexto para source address
  - 4 bits de contexto para destination address
- SAC e DAC definem se a compressão será stateless ou statefull
  - Caso tenham valor 1 e CID seja 0, o ID de contexto utilizado é 0

# Compressão - LOWPAN\_IPHC

- O Campo NH diz se o próximo cabeçalho será ou não comprimido pelo cabeçalho LOWPAN\_NHC
- LOWPAN\_NHC também define compressão para UDP
- Similar ao HC\_UDP

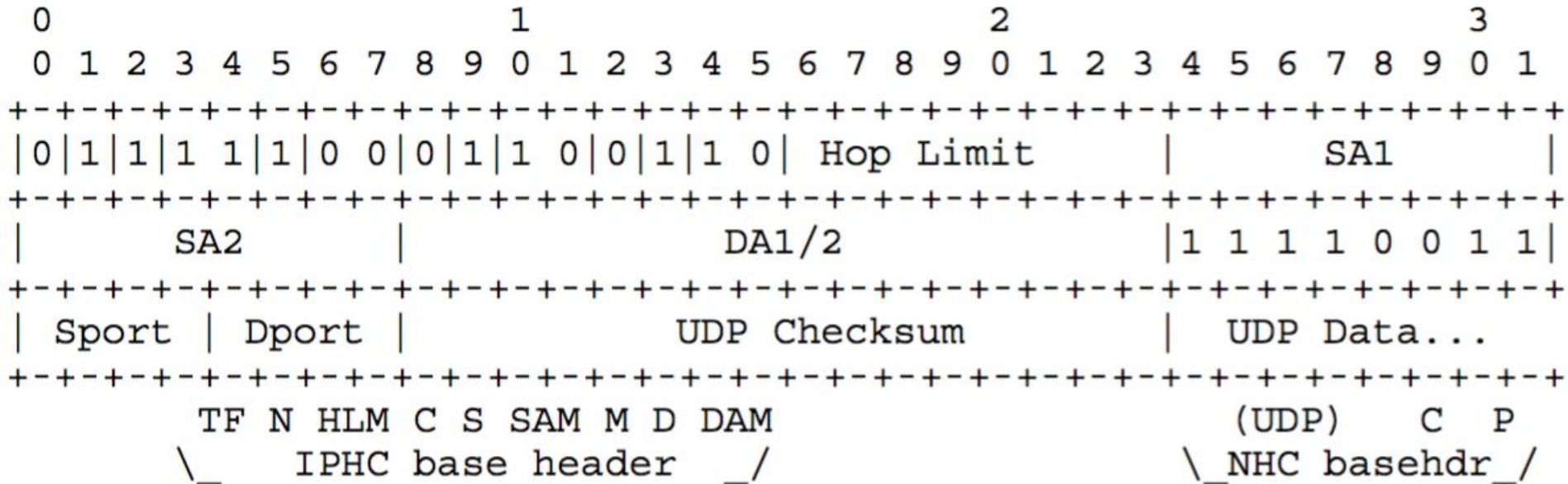
# Compressão - LOW\_IPHC - Melhor Caso

```

0                               1                               2                               3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | Sport | Dport |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                               UDP Checksum                               | UDP Data...
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
      TF  N  HLM  C  S | SAM | M | D | DAM      (UDP)      C  P
      \__  IPHC base header  __/  \__ NHC basehdr  __/

```

# Compressão - LOW\_IPHC - Roteamento Externo



# Referências

- RFC 4944 - Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4
- RFC 6282 - Compression Format for IPv6 Datagrams in Low Power and Lossy Networks (6LoWPAN)
- 6LoWPAN - The Wireless Embedded Internet