

6LoWPan

IPv6 over Low-Power Wireless
Personal Area Networks

Agenda

1. Visão Geral

- 1.1. Requisitos e Características
- 1.2. Benefícios ao utilizar IP
- 1.3. Desafios
- 1.4. Objetivos

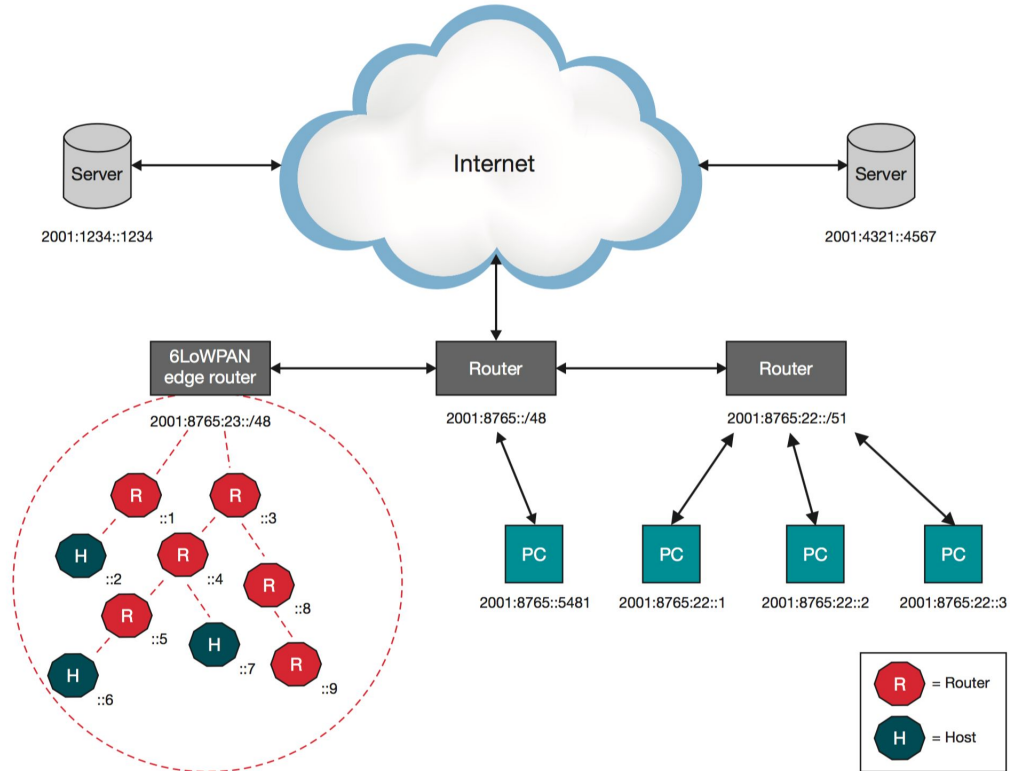
2. Arquitetura

- 2.1. IEEE 802.15.4
- 2.2. Camada de Adaptação
- 2.3. Autoconfiguração de Endereço

Visão Geral

- Idealizado para atender cenários de Internet das Coisas (IoT)
- Permitir a comunicação transparente entre sensores e a internet comum
- Funciona sobre IEEE 802.15.4 (Compõe L1 e L2)
- Conexão sem fio

Visão Geral



Requisitos e Características

- Pacotes pequenos
- Suporta dois tipos de endereçamento:
 - 16-bit (Único dentro da PAN)
 - 64-bit
- Banda reduzida
 - 250 kbps, 40 kbps e 25kbps
 - 2.4 GHz, 915 MHz e 868 MHz

Requisitos e Características

- Suporte a topologia star e mesh
- Baixo consumo de energia
 - Dispositivos energizados a bateria
- Baixo poder de processamento e memória
 - Rede majoritariamente composta por sensores
- Redes com grande número de dispositivos
- Localização física dos dispositivos em condições adversas

Requisitos e Características

- Dispositivos pouco confiáveis
 - Conexão via radio incerta
 - Consumo de bateria
 - Variações das condições físicas
- Tempo sem comunicação dos dispositivos
 - Dispositivos passam grande parte do tempo "dormindo" para poupar energia

Benefícios ao utilizar rede IP

- Permite a utilização da infraestrutura já existente
- Arquitetura aberta e bem conhecida
- O grande número de dispositivos utilizados requer um grande espaço de endereçamento que pode ser facilmente obtido com IPv6

Desafios - IPv6 sobre LoWPAN

- Adaptar os cabeçalhos grandes do protocolo IPv6 para os frames reduzidos do IEEE 802.15.4
- Reduzir o tamanho dos cabeçalhos com compactação
- Suportar fragmentação de pacotes
 - MTU do IPv6 é de 1280 bytes
 - Cada pacote IEEE 802.15.4 fornecerá para payload apenas 81 bytes

Desafios - Topologia

- Devem ser suportados tanto topologia star quanto mesh
- Topologias em mesh necessitam de roteamento multi-hop
- Esse protocolo de roteamento deve impor o mínimo overhead possível
 - Não aumentar muito o cabeçalho dos pacotes
 - Não trocar muitas mensagens
- O protocolo deve levar em conta que nós da rede podem estar dormindo

Desafios - Outros

- Trabalhar com tamanho limitado de pacotes
- Adaptação de protocolos custosos para serem tratados em dispositivos com baixo poder de processamento
- Lidar com possível fragmentação
- Difícil configuração e gerência dos dispositivos de campo

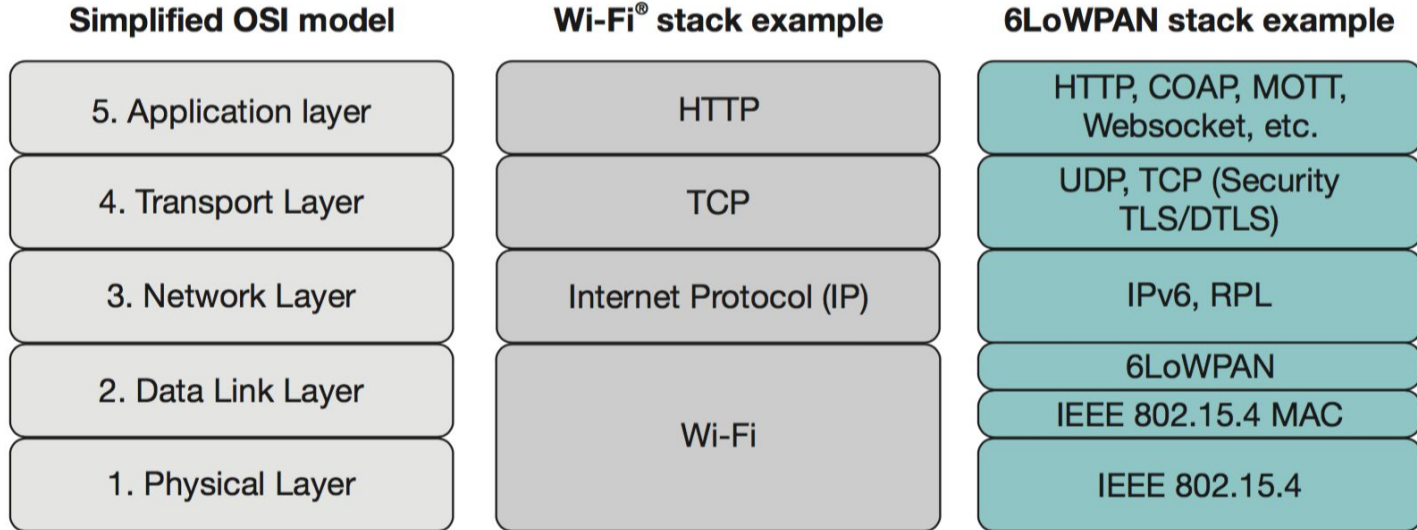
Objetivos

- De forma geral o objetivo é reduzir o overhead dos pacotes, consumo de banda, processamento e bateria
- Implementação de uma camada de adaptação
 - IEEE 802.15.4 para IPv6
- Controle de fragmentação
- Compressão de cabeçalho

Objetivos

- Autoconfiguração de endereçamento
- Protocolo de roteamento que suporte multi-hop em redes mesh
- Sugerir e especificar protocolos de alto nível que sejam adequados para 6LoWPAN
 - Protocolos de alto nível que requerem alto poder de processamento podem não ser ideais

Arquitetura



IEEE 802.15.4

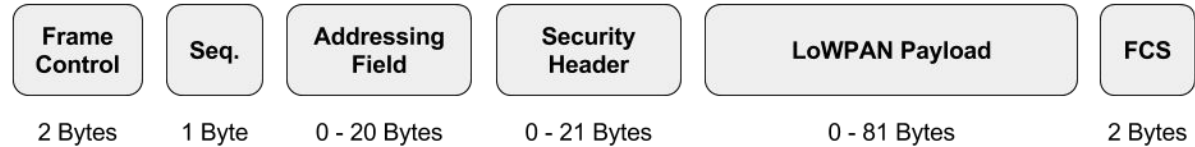
- Define quatro tipos de frames: beacon, MAC command, acknowledgement e data frames
- Os pacotes IPv6 sempre devem utilizar data frames
- Permite utilização de endereços 64 bits ou de 16 bits depois de um evento de associação com um coordenador da PAN
- Tamanho do frame disponível depois da camada física é de 127 bytes

IEEE 802.15.4

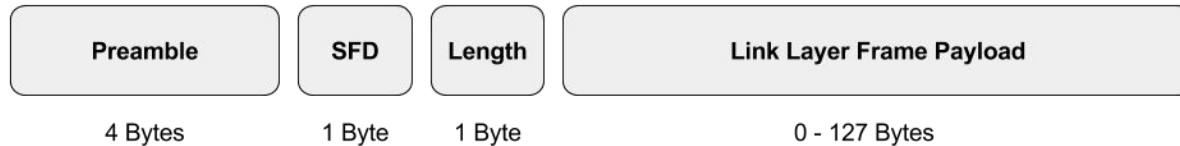
LoWPAN Adaptation Layer
Link Layer (L2)



IEEE 802.15.4 MAC
Link Layer (L2)



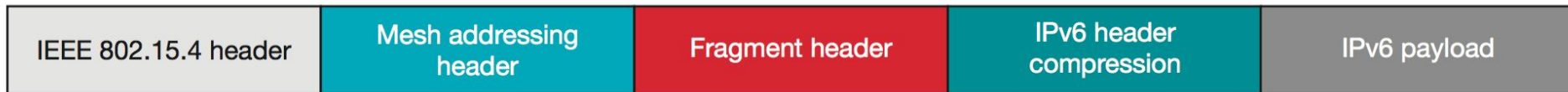
IEEE 802.15.4
Physical Layer (L1)



Camada de Adaptação

- Conhecida como encapsulamento LoWPAN
- Possui três tipos de cabeçalho: Dispatch, Mesh, Fragmentation
- Todos esses cabeçalhos possuem dois bits iniciais que definem seu tipo
- Todos os pacotes encapsulados LoWPAN devem possuir pelo menos um desses cabeçalhos
- Quando mais de um deles existir eles devem seguir a seguinte ordem:
 - Mesh, Broadcast (Dispatch Específico), Fragmentation, Dispatch

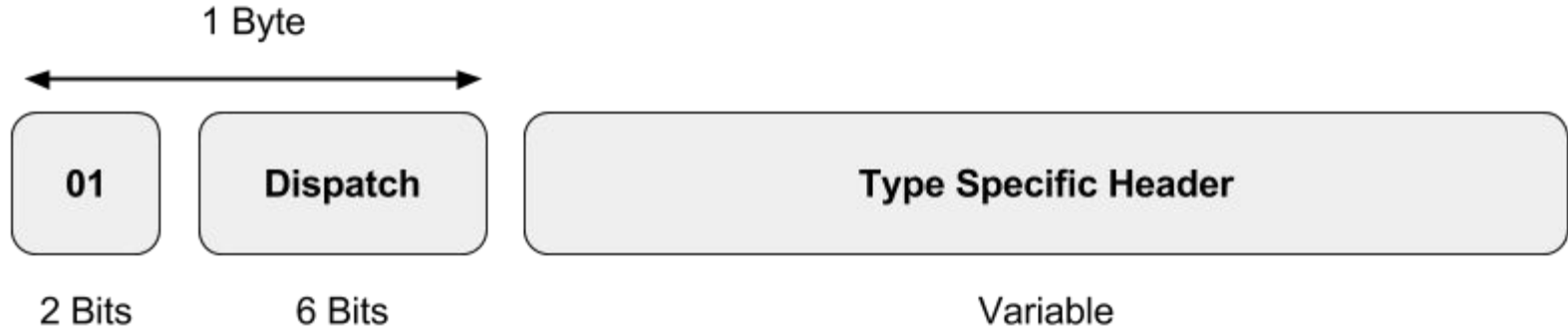
Camada de Adaptação



Camada de Adaptação - Cabeçalho de Despacho

- O cabeçalho de despacho é utilizado para identificar o conteúdo do que esta sendo enviado pelo pacote
 - Ex: IPv6, IPv6 Comprimido, Broadcast
- Os dois primeiros bits do cabeçalho de despacho são: 01
- Os seis bits subsequentes são utilizados para identificar esse conteúdo
- Existe uma tabela que define esses identificadores
- A maioria dos valores são reservados para uso futuro

Camada de Adaptação - Cabeçalho de Despacho



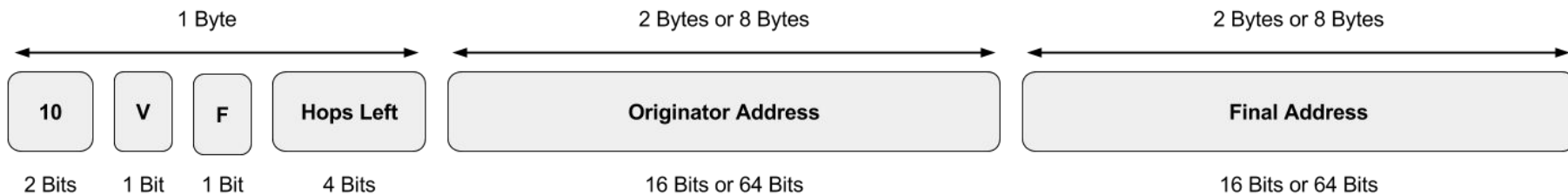
Camada de Adaptação - Cabeçalho de Despacho

Pattern	Header Type	Description
00 xxxxxx	NALP	Not a LoWPAN frame
01 000001	IPv6	Uncompressed IPv6 addresses
01 000010	LOWPAN_HC1	LOWPAN_HC1 compressed IPv6
01 010000	LOWPAN_BC0	LOWPAN_BC0 broadcast
01 111111	ESC	Additional Dispatch byte fallows
10 xxxxxx	MESH	Mesh Header
11 000xxx	FRAG1	Fragmentation Header (first)
11 100xxx	FRAGN	Fragmentation Header (subsequent)

Camada de Adaptação - Cabeçalho Mesh

- Cabeçalho utilizado para roteamento na PAN
- Os dois primeiros bits do cabeçalho mesh são: 10
- Possui campos de 1 bit para identificar o tipo dos endereços utilizados:
 - 0 para endereços de 16 bits
 - 1 para endereços de 64 bits
- Possui um campo representando o número de saltos faltantes
- Possui dois campos contendo o endereço de origem e destino

Camada de Adaptação - Cabeçalho Mesh



Camada de Adaptação - Cabeçalho Fragmentação

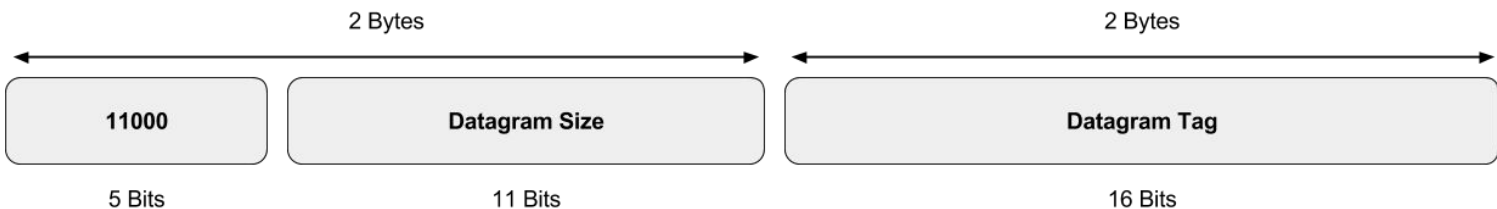
- Utilizado quando o payload LoWPAN não cabe em um único frame
 - Ex: IPv6
- Dois tipos de cabeçalho diferentes:
 - Um para o primeiro fragmento
 - Outro para os demais fragmentos
- A identificação desses cabeçalhos é feita utilizando 5 bits:
 - 11 000 para o primeiro fragmento
 - 11 100 para os demais fragmentos

Camada de Adaptação - Cabeçalho Fragmentação

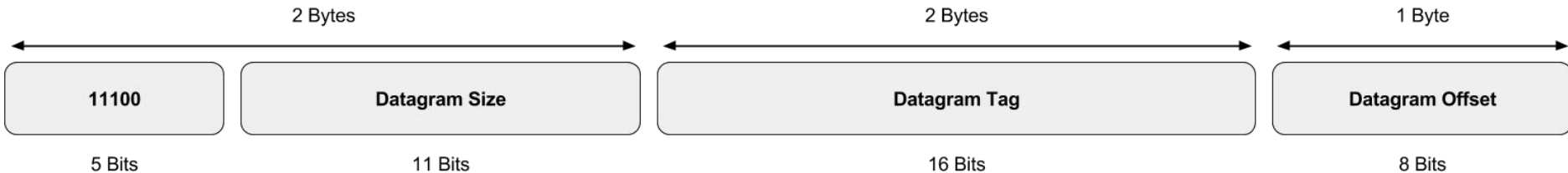
- Ambos os cabeçalhos possuem um campo com o tamanho original do pacote antes da fragmentação
 - Esse campo é de 11 bits e possibilita a indexação de pacotes de até 2048 bytes
- Ambos os cabeçalhos possuem um campo de tag que deve ser o mesmo para todos os fragmentos do pacote original
 - Esse campo é de 2 bytes e deve ser incrementado para novo pacote a ser fragmentado
- Os fragmentos de continuação tem um campo extra de offset de 8 bits
 - Representa incrementos de 8 bytes

Camada de Adaptação - Cabeçalho Fragmentação

First Frament



Subsequent Framents



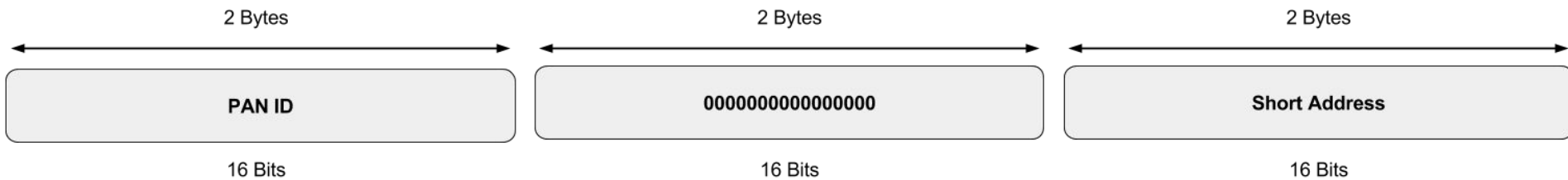
Camada de Adaptação - Cabeçalho Fragmentação

- O receptor deve utilizar os seguintes campos como identificadores para remontar o pacote fragmentado:
 - Endereço de origem e destino
 - Tamanho original do pacote
 - Tag de fragmentação
- Utilizar o offset para montar um mapa com os fragmentos
 - multiplicando o valor do offset por 8 teremos a posição inicial do fragmento em questão
- Os fragmentos não necessariamente chegam de forma ordenada

Autoconfiguração de Endereço

- 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

Autoconfiguração de Endereço



Referências

- RFC 4919 - IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs) Overview, Assumptions, Problem Statement, and Goals
- RFC 4944 - Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4
- Texas Instruments - 6LoWPAN demystied