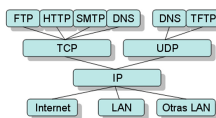
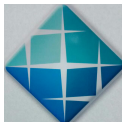


Protocolos de Redes

Aula 07

Evandro J.R. Silva¹

¹Bacharelado em Ciência da Computação
Estácio Teresina



Sumário

1 IPv6

2 Introdução

- Endereçamento IPv6

3 Exercícios

4 FIM

Internet Protocol Version 6

IPv6

IPv6

- Internet Protocol version 6 — IPv6, STD 86
 - RFC 1883 → RFC 2460 → RFC 8200.
- Status de adesão do IPv6 até 2022: RFC 9386.
- E o IPv5?
 - De início (década de 70) foi proposto o *Internet Stream Protocol* (também conhecido como ST) o qual foi criado como experimento para o *streaming* de voz e vídeo.
 - O protocolo era capaz de transferir pacotes de dados em frequências específicas enquanto mantia a comunicação.
 - O ST foi rebatizado de IPv5, porém tinha as mesmas limitações de endereços do IPv4.

IPv6

- Internet Protocol version 6 — IPv6, STD 86
 - RFC 1883 → RFC 2460 → RFC 8200.
- Status de adesão do IPv6 até 2022: RFC 9386.

- Sumário do RFC 8200
 - 1 Introdução

IPv6

- Internet Protocol version 6 — IPv6, STD 86
 - RFC 1883 → RFC 2460 → RFC 8200.
- Status de adesão do IPv6 até 2022: RFC 9386.

- Sumário do RFC 8200

- 1 Introdução
- 2 Terminologia

IPv6

- Internet Protocol version 6 — IPv6, STD 86
 - RFC 1883 → RFC 2460 → RFC 8200.
- Status de adesão do IPv6 até 2022: RFC 9386.

- Sumário do RFC 8200
 - 1 Introdução
 - 2 Terminologia
 - 3 Formato de Cabeçalho IPv6

IPv6

- Internet Protocol version 6 — IPv6, STD 86
 - RFC 1883 → RFC 2460 → RFC 8200.
- Status de adesão do IPv6 até 2022: RFC 9386.

- Sumário do RFC 8200
 - 1 Introdução
 - 2 Terminologia
 - 3 Formato de Cabeçalho IPv6
 - 4 Cabeçalhos de Extensão IPv6

IPv6

- Internet Protocol version 6 — IPv6, STD 86
 - RFC 1883 → RFC 2460 → RFC 8200.
- Status de adesão do IPv6 até 2022: RFC 9386.

- Sumário do RFC 8200

- 1 Introdução
- 2 Terminologia
- 3 Formato de Cabeçalho IPv6
- 4 Cabeçalhos de Extensão IPv6
- 5 Problemas de Tamanho de Pacote

IPv6

- Internet Protocol version 6 — IPv6, STD 86
 - RFC 1883 → RFC 2460 → RFC 8200.
- Status de adesão do IPv6 até 2022: RFC 9386.

- Sumário do RFC 8200

- 1 Introdução
- 2 Terminologia
- 3 Formato de Cabeçalho IPv6
- 4 Cabeçalhos de Extensão IPv6
- 5 Problemas de Tamanho de Pacote
- 6 Rótulos de Fluxo

IPv6

- Internet Protocol version 6 — IPv6, STD 86
 - RFC 1883 → RFC 2460 → RFC 8200.
- Status de adesão do IPv6 até 2022: RFC 9386.

- Sumário do RFC 8200

- 1 Introdução
- 2 Terminologia
- 3 Formato de Cabeçalho IPv6
- 4 Cabeçalhos de Extensão IPv6
- 5 Problemas de Tamanho de Pacote
- 6 Rótulos de Fluxo
- 7 Classes de Tráfego

IPv6

- Internet Protocol version 6 — IPv6, STD 86
 - RFC 1883 → RFC 2460 → RFC 8200.
- Status de adesão do IPv6 até 2022: RFC 9386.

- Sumário do RFC 8200

- 1 Introdução
- 2 Terminologia
- 3 Formato de Cabeçalho IPv6
- 4 Cabeçalhos de Extensão IPv6
- 5 Problemas de Tamanho de Pacote
- 6 Rótulos de Fluxo
- 7 Classes de Tráfego
- 8 Problemas de Protocolos da Camada Superior

IPv6

- Internet Protocol version 6 — IPv6, STD 86
 - RFC 1883 → RFC 2460 → RFC 8200.
 - Status de adesão do IPv6 até 2022: RFC 9386.
-
- Sumário do RFC 8200
 - 1 Introdução
 - 2 Terminologia
 - 3 Formato de Cabeçalho IPv6
 - 4 Cabeçalhos de Extensão IPv6
 - 5 Problemas de Tamanho de Pacote
 - 6 Rótulos de Fluxo
 - 7 Classes de Tráfego
 - 8 Problemas de Protocolos da Camada Superior
 - 9 Considerações da IANA.

IPv6

- Internet Protocol version 6 — IPv6, STD 86
 - RFC 1883 → RFC 2460 → RFC 8200.
 - Status de adesão do IPv6 até 2022: RFC 9386.
-
- Sumário do RFC 8200
 - 1 Introdução
 - 2 Terminologia
 - 3 Formato de Cabeçalho IPv6
 - 4 Cabeçalhos de Extensão IPv6
 - 5 Problemas de Tamanho de Pacote
 - 6 Rótulos de Fluxo
 - 7 Classes de Tráfego
 - 8 Problemas de Protocolos da Camada Superior
 - 9 Considerações da IANA.
 - 10 Considerações de Segurança

IPv6

- Internet Protocol version 6 — IPv6, STD 86
 - RFC 1883 → RFC 2460 → RFC 8200.
- Status de adesão do IPv6 até 2022: RFC 9386.

- Sumário do RFC 8200

- 1 Introdução
- 2 Terminologia
- 3 Formato de Cabeçalho IPv6
- 4 Cabeçalhos de Extensão IPv6
- 5 Problemas de Tamanho de Pacote
- 6 Rótulos de Fluxo
- 7 Classes de Tráfego
- 8 Problemas de Protocolos da Camada Superior
- 9 Considerações da IANA.
- 10 Considerações de Segurança
- 11 Referências

IPv6

- Internet Protocol version 6 — IPv6, STD 86
 - RFC 1883 → RFC 2460 → RFC 8200.
- Status de adesão do IPv6 até 2022: RFC 9386.

- Sumário do RFC 8200

- 1 Introdução
- 2 Terminologia
- 3 Formato de Cabeçalho IPv6
- 4 Cabeçalhos de Extensão IPv6
- 5 Problemas de Tamanho de Pacote
- 6 Rótulos de Fluxo
- 7 Classes de Tráfego
- 8 Problemas de Protocolos da Camada Superior
- 9 Considerações da IANA.
- 10 Considerações de Segurança
- 11 Referências
- 12 Apêndices

RFC 8200

1. Introdução

Introdução

- Breve apresentação do IPv6, destacando as principais modificações em relação ao IPv4
 - Capacidade de endereçamento expandida.
 - Simplificação do formato de cabeçalho.
 - Suporte melhorado para extensões e opções.
 - Capacidade de rotulação de fluxo.
 - Capacidade de Autenticação e Privacidade.
- O formato e semântica dos endereços IPv6 são especificados no RFC 4291.
- O ICMP para o IPv6 é especificado no RFC 4443.
- A ordem de transmissão dos dados no IPv6 é a mesma do IPv4, definida no Apêndice B do RFC 791.

Introdução

- Capacidade de endereçamento expandida
 - O tamanho de endereçamento foi de 32 bits do IPv4 para 128 bits no IPv6.

Introdução

- Capacidade de endereçamento expandida
 - O tamanho de endereçamento foi de 32 bits do IPv4 para 128 bits no IPv6.
 - Isso tem por consequência um suporte a mais níveis de hierarquia de endereçamento, um número bem maior de nós endereçáveis, e uma autoconfiguração de endereços mais simples.

Introdução

- Capacidade de endereçamento expandida
 - A escalabilidade do roteamento multicast é melhorada pela adição de um campo *scope* para endereços multicast.

Introdução

- Capacidade de endereçamento expandida
- Um novo tipo de endereço chamado *anycast address* é definido. Deve ser utilizado para enviar um pacote para qualquer nó de um grupo.

Introdução

- Simplificação do formato de cabeçalho
 - Alguns campos de cabeçalho do IPv4 foram retirados ou feitos opcionais para reduzir o caso comum de custo de processamento de manipulação de pacote, e para limitar o custo de largura de banda devido ao cabeçalho.

Introdução

- Suporte melhorado para extensões e opções
 - Mudanças na maneira em como as opções no cabeçalho IP são codificadas permitem um encaminhamento mais eficiente, limites menos rigorosos no comprimento das opções, e grande flexibilidade para a introdução de novas opções no futuro.

Introdução

- Capacidade de rotulação de fluxo
 - Uma nova capacidade é adicionada para permitir a rotulação de sequências de pacotes que o remete requer que sejam tratadas na rede como um fluxo único.

Introdução

- Capacidade de Autenticação e Privacidade
 - Extensões para o suporte de autenticação, integridade de dados e (opcionalmente) a confidencialidade dos dados são especificadas para o IPv6.

RFC 8200

1. Introdução

Endereçamento IPv6

Endereçamento IPv6

- RFC 4291.
- Endereços IPv6 são identificadores de 128 bits para interfaces ou conjuntos de interfaces (definição de interface na seção 2 do RFC 8200).
- Três tipos de endereços:

Endereçamento IPv6

- RFC 4291.
- Endereços IPv6 são identificadores de 128 bits para interfaces ou conjuntos de interfaces (definição de interface na seção 2 do RFC 8200).
- Três tipos de endereços:
 - **Unicast**: um identificador para uma única interface. Um pacote é enviado a um endereço *unicast* é entregue à interface identificada por esse endereço.

Endereçamento IPv6

- RFC 4291.
- Endereços IPv6 são identificadores de 128 bits para interfaces ou conjuntos de interfaces (definição de interface na seção 2 do RFC 8200).
- Três tipos de endereços:
 - **Anycast**: um identificador para um conjunto de interfaces (tipicamente pertencente a diferentes nós). Um pacote enviado a um endereço *anycast* é entregue a uma das interfaces identificadas por esse endereço (o mais “próximo”, de acordo com a medida de distância do protocolo de roteamento).

Endereçamento IPv6

- RFC 4291.
- Endereços IPv6 são identificadores de 128 bits para interfaces ou conjuntos de interfaces (definição de interface na seção 2 do RFC 8200).
- Três tipos de endereços:
 - **Multicast**: um identificador para um conjunto de interfaces (tipicamente pertencente a diferentes nós). Um pacote enviado a um endereço *multicast* é entregue a todas as interfaces identificadas por esse endereço.

Endereçamento IPv6

- Endereços IPv6 de todos os tipos são assinalados a interfaces, e não aos nós.
- Um endereço IPv6 *unicast* refere-se a uma única interface. Uma vez que cada interface pertence a um único nó, qualquer endereço *unicast* das interfaces de um nó pode ser usado como um identificador do nó.
- Todas as interfaces precisam ter pelo menos um endereço *unicast Link-Local*. Uma única interface pode ter múltiplos endereços IPv6 de qualquer tipo.

Endereçamento IPv6

■ Representação textual

- Existem três formas de se representar endereços como textos

- 1 A forma preferencial é $x:x:x:x:x:x:x:x$, onde cada x é de um a quatro dígitos hexadecimais das 8 partes de 16 bits do endereço. Ex.:

ABCD:EF01:2345:6789:ABCD:EF01:2345:6789

2001:DB8:0:0:8:800:200C:417A

Note que não é necessário escrever os zeros à esquerda em um campo individual, porém é preciso ter pelo menos um número em cada campo (exceto no caso 2).

Endereçamento IPv6

■ Representação textual

- Existem três formas de se representar endereços como textos

- 2 Para que a escrita de endereços que contêm zeros fique mais fácil, uma sintaxe especial pode ser utilizada para comprimir os zeros. O uso de `::` indica um ou mais grupos de 16 bits de zeros. Essa notação só pode ser usada uma única vez em um endereço. O símbolo `::` pode também ser usado para comprimir os primeiros ou os últimos zeros de um endereço. Por exemplo, os seguintes endereços:

<code>2001:DB8:0:0:8:800:200C:417A</code>	endereço unicast
<code>FF01:0:0:0:0:0:0:101</code>	endereço multicast
<code>0:0:0:0:0:0:0:1</code>	endereço de loopback
<code>0:0:0:0:0:0:0:0</code>	endereço não especificado

Pode ser representado como

```
2001:DB8::8:800:200C:417A
FF01::101
::1
::
```

Endereçamento IPv6

■ Representação textual

- Existem três formas de se representar endereços como textos

- 3 Uma forma alternativa que é algumas vezes mais conveniente ao se lidar com um ambiente misturado com nós IPv4 e IPv6 é $x:x:x:x:x:x:d.d.d.d$, onde os x são os valores hexadecimais das seis primeiras partes de 16 bits e os d são os valores decimais das quatro últimas partes de 8 bits do endereço. Exemplos:

0:0:0:0:0:0:13.1.68.3

0:0:0:0:0:FFFF:129.144.52.38

ou na forma comprimida

::13.1.68.3

::FFFF:129.144.52.38

Endereçamento IPv6

■ Representação textual de prefixos

- É similar à notação do IPv4, ou seja endereço-ipv6/comprimento-do-prefixo
- Por exemplo, os seguintes endereços são representações legais de um prefixo de 60 bits
20010DB80000CD3:
2001:0DB8:0000:CD30:0000:0000:0000:0000/60
2001:0DB8::CD30:0:0:0:0/60
2001:0DB8:0:CD30::/60
- As seguintes representações do prefixo anterior são ilegais:
2001:0DB8:0:CD3/60 é possível omitir os zeros à esquerda, mas não os à direita em qualquer parte de 16 bits.
2001:0DB8::CD30/60 isto faz com que CD30 seja a última das 8 partes de 16 bits.
2001:0DB8:0:CD3/60 isto faz com que CD30 se torne 0CD3, além de colocá-lo na última das 8 partes.
- Tanto o endereço quanto o prefixo podem ser combinados:
o endereço do nó 2001:0DB8:0:CD30:123:4567:89AB:CDEF
o prefixo de subrede 2001:0DB8:0:CD30::/60
Ambos podem ser escritos como:
2001:0DB8:0:CD30:123:4567:89AB:CDEF/60

Endereçamento IPv6

Tipo de endereço	Prefixo Binário	Notação IPv6
Não especificado	00...0 (128 bits)	::/128
Loopback	00...1 (128 bits)	::1/128
Multicast	11111111	FF00::/8
Link-Local unicast	1111111010	FE80::/10
Unicast global	todo o resto	

Tabela: Identificação dos tipos de endereço

- Os endereços *anycast* são tirados dos espaços de endereços *unicast*, e não são sintaticamente distinguíveis dos endereços *unicast*.

Exercícios

Exercícios

- Primeiro, vamos ver o que são os números hexadecimais
- Um número hexadecimal é um número cuja base é 16. Para ficar melhor de entender, basta lembrar que os números decimais são aqueles de base 10, ou seja, 10 algarismos, de 0 a 9.
- Como só temos 10 símbolos para números, nós representamos os demais algarismos hexadecimais com letras, de A a F.
- Portanto, os algarismos hexadecimais são: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F.

Exercícios

- Quando chegamos ao fim das unidades dos algarismos de base decimal, ou seja, chegamos ao 9, a continuação se dá com dois algarismos, começando com 1 e então repetindo todos os de unidade: 10, 11, 12, ..., 19.
- Precisamos lembrar que o 1 não foi *adicionado*. Na verdade já tínhamos ali o 0: 01, 02, 03, ... 09. Só que o 0 à esquerda é omitido. Então, apenas aumentamos em uma unidade o primeiro algarismo e repetimos as unidades. Assim que se chega ao fim, aumentamos novamente o primeiro algarismo em uma unidade, e repetimos o ciclo:
00, 01, 02, 03, ..., 09
10, 11, 12, 13, ..., 19
20, 21, 22, 23, ..., 29
- Da mesma forma devemos fazer com os números hexadecimais:
00, 01, 02, 03, ..., 0F
10, 11, 12, 13, ..., 1F
20, 21, 22, 23, ..., 2F

Exercícios

- Para fazer as operações aritméticas, é interessante sempre ter junto alguma tabela para ajudar na conversão.
- Por exemplo, $9 + 9 = 18$ (decimal), porém seria 12 em hexadecimal.
 - 10 - A
 - 11 - B
 - 12 - C
 - 13 - D
 - 14 - E
 - 15 - F
 - 16 - 10
 - 17 - 11
 - 18 - 12

Exercícios

- 1 Faça a tabuada de 1 a F em hexadecimal (soma e subtração)

Ex.: $1 + 1 = 2$

$1 + 2 = 3$

...

$1 + A = B$

...

$1 + F = 10$

Exercícios

- E tem como converter hexadecimal em binário?

Exercícios

- E tem como converter hexadecimal em binário? SIM!

Exercícios

- E tem como converter hexadecimal em binário?
- Como são 16 algarismos, precisamos de 4 bits ($2^4 = 16$) para mapear todos as unidades.

Exercícios

- E tem como converter hexadecimal em binário?
- Como são 16 algarismos, precisamos de 4 bits ($2^4 = 16$) para mapear todos as unidades.
- Portanto, podemos montar uma tabela para mapear os valores:
0000 → 0
0001 → 1
...
1111 → F

Exercícios

- E tem como converter hexadecimal em binário?
- Como são 16 algarismos, precisamos de 4 bits ($2^4 = 16$) para mapear todos as unidades.
- Portanto, podemos montar uma tabela para mapear os valores:
0000 → 0
0001 → 1
...
1111 → F
- Portanto, para transformarmos qualquer número binário em hexadecimal, precisamos quebrá-lo de 4 em 4 bits, **da direita para a esquerda**, e acrescentar zeros à esquerda caso seja necessário. Ex.:
10110111110010 → 10 1101 1111 0010 → 0010 1101 1111 0010
0010 → 2
1101 → 6
1111 → F
0010 → 2
Portanto 10110111110010 = 26F2

Exercícios

- Transformar um número hexadecimal em binário é ainda mais simples. Basta separar os algarismos e transformá-los em suas contrapartes binárias. Ex.:

FACA → F A C A

F → 1111

A → 1010

C → 1100

A → 1010

FACA → 1111101011001010

Exercícios

- 2 Converta os seguintes números binários em hexadecimal:
1010101010101101010100001110000011
10010010
1111000100001110001111
0001010110010101111000011010101101010101
- 3 Converta os seguintes números hexadecimais em binários
1D
5F
FBC
10FE
29ED

Exercícios

- Para convertermos números hexadecimais em decimais, precisamos lembrar de um conceito que usamos na conversão de binário para decimal.
- Por exemplo, considere o número 00110101. Para transformá-lo em decimal, primeiro verificamos a posição de cada algarismo, da direita para a esquerda, começando com 0:

0 0 1 1 0 1 0 1

7 6 5 4 3 2 1 0

- Depois multiplicamos o valor de cada algarismo por 2 elevado à posição, e somamos tudo:

$$0 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\ = 0 + 0 + 32 + 16 + 0 + 4 + 0 + 1 = 53$$

- O mesmo princípio se aplica na conversão de hexadecimal para decimal. Ou seja, multiplicamos o valor do algarismo por 16 elevado à posição, e depois somamos tudo. Ex.: convertendo 1A82 em decimal:

1 A 8 2

$$3 \ 2 \ 1 \ 0 \rightarrow 1 \times 16^3 + A \times 16^2 + 8 \times 16^1 + 2 \times 16^0 \\ = 4096 + 2560 + 128 + 2 = 6686$$

Exercícios

- Se lembramos da conversão binário→decimal para converter hexadecimal→decimal, podemos lembrar de uma das técnicas de decimal→binário para convertermos decimal→hexadecimal.
- A técnica em questão é a da divisão. Por exemplo, o número 120. Vamos dividindo por 2 até que não seja mais possível a divisão. Então pegamos o resultado final e concatenamos com os valores de resto da divisão para formarmos o binário.
- O que vamos fazer agora é dividir por 16, em vez de 2. Como exemplo, vamos converter 438 em hexadecimal:
 $438/16 = 27$ com resto 6.
 $27/16 = 1$ com resto 11.
Os números que temos é 1, 11 e 6. Logo, teremos que o hexadecimal é 1B6.

Exercícios

- 4 Converta os seguintes números hexadecimais em decimais:

AA

BF

F12

123

45D

- 5 Converta os seguintes números decimais em hexadecimais:

123

563

16

27

99

FIM

Onde estudar

FOROUZAN, Behrouz; MOSHARRAF, Firouz. **Redes de Computadores: Uma abordagem top-down**. Capítulos 19 e 20.

KUROSE, James F. E ROSS, Keith W. **Redes de Computadores e a Internet: uma abordagem top-down**. Capítulo 4.

RFC 8200

RFC 4291

RFC 4443

Apêndice B do RFC 791

FIM