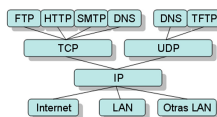
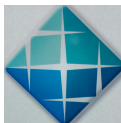


# Protocolos de Redes

## Aula 08

Evandro J.R. Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bacharelado em Ciência da Computação  
Estácio Teresina



## Sumário

## 1 IPv6

## 2 Introdução

- Endereços Unicast
  - Endereço Não Especificado
  - Endereço Loopback
  - Endereços Global Unicast
  - Endereço IPv6 com IPv4 Embutido
  - Endereços Link-Local
- Endereços Anycast
- Endereços Multicast
- Endereços Requeridos de um Nó
- Considerações de Segurança

### 3 FIM

# Internet Protocol Version 6 IPv6

## Onde Paramos

- Na aula passada vimos:
  - Seção Introdução do RFC 8200.
  - De lá fomos para o RFC 4291, onde começamos a ver sobre o Endereçamento IPv6, indo até sua subseção 2.4.
  - Continuemos ...

RFC 8200  
1. Introdução  
RFC 4291  
Endereços Unicast

## Endereços Unicast

- Endereços IPv6 unicast são agregáveis com prefixos de tamanho arbitrário, como os IPv4 sob CIDR (*Classless Inter-Domain Routing*).

## Endereços Unicast

- Endereços IPv6 unicast são agregáveis com prefixos de tamanho arbitrário, como os IPv4 sob CIDR (*Classless Inter-Domain Routing*).
- Há vários tipos de endereços unicast no IPv6, em particular, *Global Unicast*, *site-local unicast* (**descontinuado**), e *Link-Local unicast*.



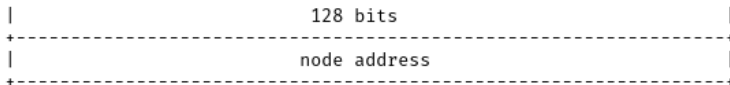


## Endereços Unicast

- Endereços IPv6 unicast são agregáveis com prefixos de tamanho arbitrário, como os IPv4 sob CIDR (*Classless Inter-Domain Routing*).
- Há vários tipos de endereços unicast no IPv6, em particular, *Global Unicast*, *site-local unicast* (**descontinuado**), e *Link-Local unicast*.
- Existem também alguns subtipos de Global Unicast de propósito-especial, como os endereços IPv6 com endereços IPv4 embutidos.
- Novos tipos ou subtipos de endereços poderão ser definidos no futuro.

## Endereços Unicast

- Os nós IPv6 podem conhecer pouco ou razoavelmente sobre a estrutura interna dos endereços IPv6, dependendo do papel do nó (*host* ou roteador). No mínimo, um nó pode considerar que endereços unicast (incluindo o seu) não tem estrutura interna:



- |               |              |
|---------------|--------------|
| n bits        | 128-n bits   |
| subnet prefix | interface ID |

RFC 8200  
1. Introdução  
RFC 4291  
Endereçamento IPv6  
Endereço Não Especificado

- O endereço 0:0:0:0:0:0:0:0 é chamado de endereço não especificado.
- Não pode ser assinalado a qualquer nó.
- Indica a ausência de um endereço.
- Um exemplo de seu uso é no campo Endereço de Origem de um pacote IPv6 enviado por um host em inicialização, antes dele saber seu próprio endereço.
- Não pode ser usado como um endereço de destino. Um pacote IPv6 com um endereço não especificado não pode ser encaminhado por um roteador IPv6.

RFC 8200  
1. Introdução  
RFC 4291  
Endereçamento IPv6  
Endereço Loopback

# Endereço Loopback

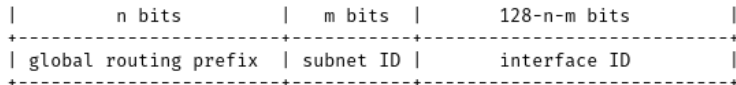
- O endereço unicast `0:0:0:0:0:0:0:1` é chamado de endereço loopback.
- Pode ser usado por um nó para enviar um pacote IPv6 para si mesmo.
- Não pode ser assinalado a qualquer interface física.
- É tratado como tendo um escopo Link-Local, e pode ser visto como um endereço unicast Link-Local de uma interface virtual (tipicamente chamado de "loopback interface") para um link imaginário.

RFC 8200  
1. Introdução  
RFC 4291  
Endereçamento IPv6  
Endereços Global Unicast



# Endereços Global Unicast

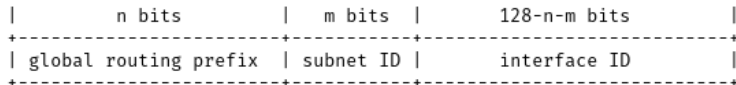
- O formato geral de endereços Global Unicast IPv6 é da seguinte forma:



onde o prefixo de roteamento global (*global routing prefix*) é um valor (tipicamente estruturado em hierarquia) assinalado a um lugar (um cluster de subredes/links), o ID de subrede (*subnet ID*) é um identificador de um link dentro do lugar, e o ID de interface (*interface ID*) é o ID de um identificador de interface.

# Endereços Global Unicast

- O formato geral de endereços Global Unicast IPv6 é da seguinte forma:

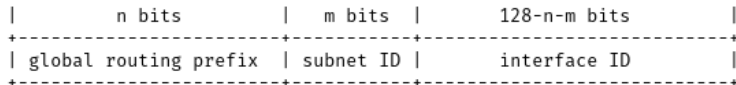


onde o prefixo de roteamento global (*global routing prefix*) é um valor (tipicamente estruturado em hierarquia) assinalado a um lugar (um cluster de subredes/links), o ID de subrede (*subnet ID*) é um identificador de um link dentro do lugar, e o ID de interface (*interface ID*) é o ID de um identificador de interface.

- Todos os endereços Global Unicast, exceto os que começam com 000, têm um campo de ID de interface de 64 bits (ou seja,  $n + m = 64$ ).

# Endereços Global Unicast

- O formato geral de endereços Global Unicast IPv6 é da seguinte forma:



onde o prefixo de roteamento global (*global routing prefix*) é um valor (tipicamente estruturado em hierarquia) assinalado a um lugar (um cluster de subredes/links), o ID de subrede (*subnet ID*) é um identificador de um link dentro do lugar, e o ID de interface (*interface ID*) é o ID de um identificador de interface.

- Todos os endereços Global Unicast, exceto os que começam com 000, têm um campo de ID de interface de 64 bits (ou seja,  $n + m = 64$ ).
- Os endereços Global Unicast que começam com 000 não têm restrições sobre o tamanho ou estrutura do campo de ID de interface.



RFC 8200  
1. Introdução  
RFC 4291  
Endereçamento IPv6  
Endereço IPv6 com IPv4 Embutido

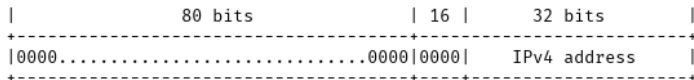
## Endereço IPv6 com IPv4 Embutido

- Há dois tipos de endereços IPv6 que carregam endereços IPv4 nos últimos 32 bits.
- O primeiro tipo é o Endereço IPv6 Compatível com IPv4.
- O segundo tipo é o IPv4 Mapeado para IPv6.

# Endereço IPv6 com IPv4 Embutido

## ■ Endereço IPv6 Compatível com IPv4

- O endereço IPv6 Compatível com IPv4 foi definido para assistência na transição ao IPv6. O formato é como segue:



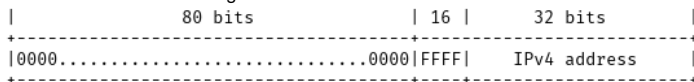
- O IPv4 utilizado deve ser um endereço unicast globalmente único.
- O endereço IPv6 Compatível com IPv4 foi descontinuado porque os mecanismos de transição atuais não utilizam mais esses endereços.

# Endereço IPv6 com IPv4 Embutido

## ■ Endereço IPv6 Compatível com IPv4

## ■ IPv4 Mapeado para IPv6

- Esse tipo de endereço é usado para representar endereços de nós IPv4 como endereços IPv6. O formato é como segue:

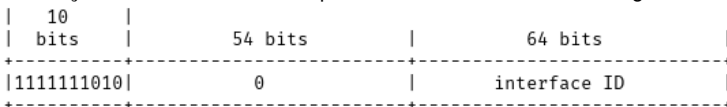




RFC 8200  
1. Introdução  
RFC 4291  
Endereçamento IPv6  
Endereços Link-Local

# Endereços Link-Local

- Endereços Link-Local são usados para um único link. Possuem o seguinte formato:



- Foram projetados para serem usados para o endereçamento em um único link para propósitos como configuração automática de endereço, descoberta de vizinho, ou quando não há roteadores presentes.
- Roteadores não devem encaminhar quaisquer pacotes com endereços de origem ou destino Link-Local para outros links.

RFC 8200  
1. Introdução  
RFC 4291  
Endereços Anycast

## Endereços Anycast

- Um endereço anycast IPv6 é um endereço que é **assinalado a mais de uma interface** (tipicamente pertencendo a diferentes nós), com a **propriedade** de que um **pacote enviado a um endereço anycast é roteado para a interface "mais próxima"** que tem esse endereço, de acordo a medida de distância do protocolo de roteamento.

# Endereços Anycast

- São alocados do espaço de endereços unicast, utilizando qualquer dos formatos de endereços definidos. Portanto, é sintaticamente indistinguível dos endereços unicast.

# Endereços Anycast

- Quando um endereço unicast é assinalado a mais de uma interface, portanto sendo tornado um endereço anycast, os nós aos quais o endereço é alocado precisam ser explicitamente configurados para que saibam que aquele endereço é anycast.

# Endereços Anycast

- Um uso esperado de endereços anycast é para identificar um conjunto de roteadores pertencentes a uma organização provedora de serviço de Internet. Tais endereços poderiam ser utilizados como endereços intermediários em um cabeçalho de roteamento IPv6, fazendo com que um pacote seja entregue via um provedor de serviço particular ou uma sequência de provedores de serviço.

# Endereços Anycast

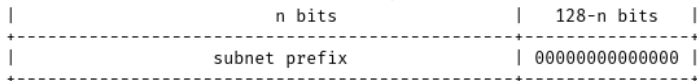
- Outro uso possível é a identificação de um conjunto de roteadores anexados a uma subrede particular, ou um conjunto de roteadores provendo entrada em um domínio de roteamento particular.



# Endereços Anycast

## ■ Endereço anycast requerido

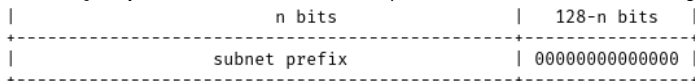
- O endereço anycast do roteador de subrede é predefinido. Seu formato é como segue:



# Endereços Anycast

## ■ Endereço anycast requerido

- O endereço anycast do roteador de subrede é predefinido. Seu formato é como segue:

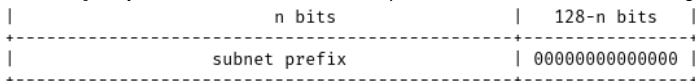


- O prefixo de subrede (*subnet prefix*) em um endereço anycast é o prefixo que identifica um link específico.

# Endereços Anycast

## ■ Endereço anycast requerido

- O endereço anycast do roteador de subrede é predefinido. Seu formato é como segue:

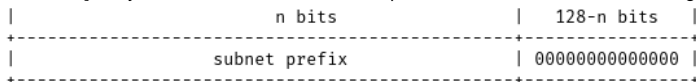


- O prefixo de subrede (*subnet prefix*) em um endereço anycast é o prefixo que identifica um link específico.
- Pacotes enviados ao endereço anycast do roteador de subrede serão entregues a um roteador na subnet.

# Endereços Anycast

## ■ Endereço anycast requerido

- O endereço anycast do roteador de subrede é predefinido. Seu formato é como segue:

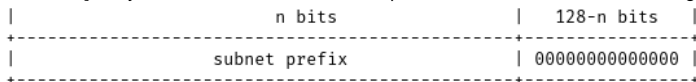


- O prefixo de subrede (*subnet prefix*) em um endereço anycast é o prefixo que identifica um link específico.
- Pacotes enviados ao endereço anycast do roteador de subrede serão entregues a um roteador na subnet.
- Todos os roteadores são requeridos a ter suporte aos endereços anycast de roteador de subrede aos quais eles têm interface.

# Endereços Anycast

## ■ Endereço anycast requerido

- O endereço anycast do roteador de subrede é predefinido. Seu formato é como segue:



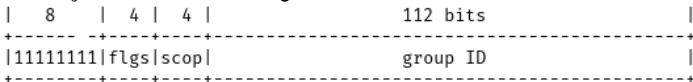
- O prefixo de subrede (*subnet prefix*) em um endereço anycast é o prefixo que identifica um link específico.
- Pacotes enviados ao endereço anycast do roteador de subrede serão entregues a um roteador na subnet.
- Todos os roteadores são requeridos a ter suporte aos endereços anycast de roteador de subrede aos quais eles têm interface.
- O endereço anycast de roteador de subrede é destinado a ser usado para aplicações onde um nó necessita se comunicar com qualquer um do conjunto de roteadores.

RFC 8200  
1. Introdução  
RFC 4291  
Endereços Multicast



# Endereços Multicast

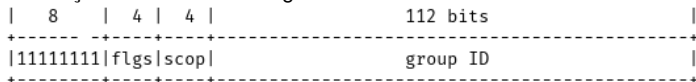
- Endereços multicast têm o seguinte formato:



- `scop` é um valor de 4 bits usado para limitar o escopo do grupo multicast. Os valores são os seguintes:

- 0 reservado
- 1 escopo interface-local
- 2 escopo link-local
- 3 reservado
- 4 escopo admin-local
- 5 escopo site-local
- 6 não assinalado
- 7 não assinalado
- 8 escopo organization-local
- 9 não assinalado
- A não assinalado
- B não assinalado
- C não assinalado
- D não assinalado
- E escopo global
- F reservado





- scop:

- O escopo interface-local abrange somente uma única interface em um nó e é útil somente para transmissão loopback de multicast.



- scop:

- O escopo multicast link-local abrange a mesma região topológica do escopo unicast correspondente.

- scop:

- O escopo admin-local é o menor escopo que precisa ser configurado administrativamente, ou seja, não será derivado automaticamente de uma conexão física ou outra configuração relacionada a conexão não multicast.

# Endereços Multicast

- Endereços multicast têm o seguinte formato:



- scop:

- O escopo site-local é destinado à abrangência de um único local.

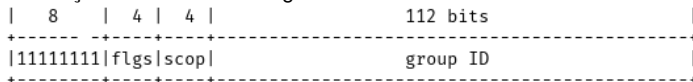


- scop:

- O escopo organization-local é destinado à abrangência de múltiplos locais pertencentes a uma única organização.

# Endereços Multicast

- Endereços multicast têm o seguinte formato:

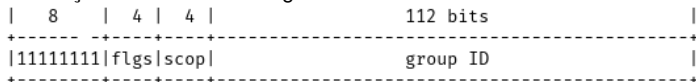


- scop:

- Escopos rotulados como "não assinalados" estão disponíveis para os administradores definirem regiões multicast adicionais.

# Endereços Multicast

- Endereços multicast têm o seguinte formato:



- `group ID` identifica o grupo multicast, seja permanente ou transiente, dentro de um dado escopo. Definições adicionais da estrutura do campo `group ID` podem ser encontradas no RFC 3306.

# Endereços Multicast

- Endereços multicast têm o seguinte formato:

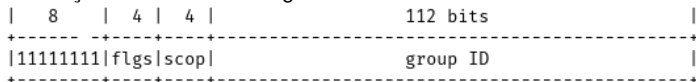


- O significado de endereço multicast assinalado permanentemente é independente do valor de escopo.



# Endereços Multicast

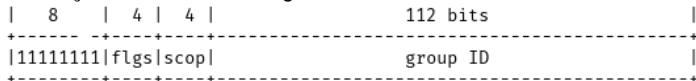
- Endereços multicast têm o seguinte formato:



- Endereços multicas assinalados de forma não permanente são significativos apenas dentro de um determinado escopo.

# Endereços Multicast

- Endereços multicast têm o seguinte formato:



- Endereços multicast não devem ser usados como endereços de origem em pacotes IPv6, ou aparecerem no cabeçalho de roteamento.

# Endereços Multicast

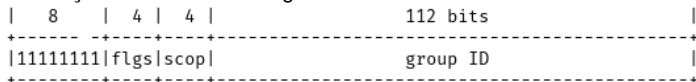
- Endereços multicast têm o seguinte formato:



- Roteadores não devem encaminhar quaisquer pacotes multicast além do escopo indicado.

# Endereços Multicast

- Endereços multicast têm o seguinte formato:



- Nós não devemos originar um pacote para um endereço multicast cujo campo `scop` contenha o valor reservado 0. Se um pacote desses é recebido, deve ser descartado.

# Endereços Multicast

- Endereços multicast têm o seguinte formato:



- Nós não devemos originar um pacote para um endereço multicast cujo campo `scop` contenha o valor reservado `F`. Se um pacote desses é enviado ou recebido, deve ser tratado como pacote destinado ao escopo global `E`.

# Endereços Multicast

## ■ Endereços multicast pré-definidos

- Os seguintes endereços multicast bem conhecidos (*well-known*) são pré-definidos. Os `group IDs` definidos nesta seção são definidos para valores de escopo explícitos.
- O uso desses `group IDs` para quaisquer outros valores de escopo, com a flag `T` igual a 0, não é permitido.
- Endereços (não devem ser assinalados a qualquer grupo multicast):

```
FF00:0:0:0:0:0:0:0 | FF01:0:0:0:0:0:0:0 | FF02:0:0:0:0:0:0:0  
FF03:0:0:0:0:0:0:0 | FF04:0:0:0:0:0:0:0 | FF05:0:0:0:0:0:0:0  
FF06:0:0:0:0:0:0:0 | FF07:0:0:0:0:0:0:0 | FF08:0:0:0:0:0:0:0  
FF09:0:0:0:0:0:0:0 | FF0A:0:0:0:0:0:0:0 | FF0B:0:0:0:0:0:0:0  
FF0C:0:0:0:0:0:0:0 | FF0D:0:0:0:0:0:0:0 | FF0E:0:0:0:0:0:0:0  
FF0F:0:0:0:0:0:0:0
```

# Endereços Multicast

## ■ Endereços multicast pré-definidos

- Os seguintes endereços multicast bem conhecidos (*well-known*) são pré-definidos. Os `group IDs` definidos nesta seção são definidos para valores de escopo explícitos.
- O uso desses `group IDs` para quaisquer outros valores de escopo, com a flag `T` igual a 0, não é permitido.

- Os seguintes endereços identificam o grupos de todos os nós IPv6 dentro do escopo 1 (interface-local) ou 2 (link-local):

FF01:0:0:0:0:0:1 | FF02:0:0:0:0:0:0:1

# Endereços Multicast

## ■ Endereços multicast pré-definidos

- Os seguintes endereços multicast bem conhecidos (*well-known*) são pré-definidos. Os `group IDs` definidos nesta seção são definidos para valores de escopo explícitos.
- O uso desses `group IDs` para quaisquer outros valores de escopo, com a flag `T` igual a 0, não é permitido.

- Os seguintes endereços identificam o grupos de todos os roteadores IPv6 dentro do escopo 1 (interface-local), 2 (link-local) ou 5 (site-local):

FF01:0:0:0:0:0:0:2 | FF02:0:0:0:0:0:0:2 | FF05:0:0:0:0:0:0:2



# Endereços Multicast

## ■ Endereços multicast pré-definidos

- Endereços de nó-solicitado: `FF02:0:0:0:0:1:FFXX:XXXX`.
- Endereços multicast de nó-solicitado são computados como uma função de endereços anycast e unicast de um nó. Um endereço multicas de nó-solicitado é formado ao se tomar os 24 bits de baixa ordem (ou os últimos) de um endereço (unicast ou anycast) e anexando-os ao prefixo `FF02:0:0:0:0:1:FF00::/104` resultando em endereços na faixa:  
`FF02:0:0:0:0:1:FF00:0000` a `FF02:0:0:0:0:1:FFFF:FFFF`.
- Por exemplo, o endereço multicas de nó-solicitado correspondente ao endereço IPv6 `4037::01:800:200E:8C6C` é `F002::1:FF0E:8C6C`.

RFC 8200  
1. Introdução  
RFC 4291  
Endereços Requeridos de um Nó

# Endereços Requeridos de um Nó

- Um *host* precisa reconhecer os seguintes endereços como identificação própria:
  - Endereço Link-Local para cada interface.
  - Quaisquer endereços unicast e anycast adicionais que foram configurados para as interfaces do nós (manual ou automaticamente).
  - O endereço loopback.
  - Os endereços multicast pré-definidos para todos os nós.
  - O endereço multicast nó-solicitado para cada um de seus endereços unicast e anycast.
  - Endereços multicast para todos os grupos ao qual faz parte.

## Endereços Requeridos de um Nó

- Um roteador precisa reconhecer todos os endereços que um host precisa reconhecer, acrescido dos seguintes endereços para identificação própria:
  - Os endereços anycast de roteador de subrede para todas as interfaces que estão configuradas para agir como roteadores.
  - Todos os outros endereços anycast para os quais o roteador foi configurado.
  - Os endereços multicast pré-definidos para todos os roteadores.

RFC 8200  
1. Introdução  
RFC 4291  
Considerações de Segurança

# Considerações de Segurança

- Os documentos de endereçamento IPv6 não possuem qualquer impacto direto na segurança de infraestrutura da Internet.
- Para vermos algo do tipo, somos direcionados à autenticação no pacote IPv6.

# 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

35 / 35