

RFC 4291

PROJETO DE NORMA
Errata Existe

Atualizado por: [5952](#), [6052](#), [7136](#), [7346](#), [7371](#) e [8064](#).
Network Working Group
Requisição de Comentários: 4291
Torna Obsoleto: [3513](#)
Categoria: Conjunto de Padrões
Autores: R. Hinder (Nokia) e S. Deering (Cisco Systems)
Tradução: Evandro J. R. Silva

Arquitetura de Endereçamento do IP versão 6

Status deste Memorando

Este documento especifica um protocolo do conjunto de padrões da Internet para a comunidade da Internet, e solicita a discussão e sugestões para melhoramento. Por favor, refira-se à edição corrente de “Os Protocolos Padrões Oficiais da Internet” (STD 1) para o estado e status de padronização desde protocolo. A distribuição deste memorando é ilimitada.

Notificação de Direitos Autorais

Copyright © The Internet Society (2006).

Resumo

Esta especificação define a arquitetura de endereçamento do protocolo IP Versão 6 (IPv6). O documento inclui o modelo de endereçamento IPv6, representações textuais dos endereços IPv6, definição dos endereços IPv6 unicast, endereços anycast, e endereços multicast, e os endereços necessários de um nó IPv6.

Este documento torna obsoleto o [RFC 3513](#), “Arquitetura de Endereçamento do IP Versão 6”.

Sumário

1. Introdução
2. Endereçamento IPv6
 - 2.1. Modelo de Endereçamento
 - 2.2. Representação Textual dos Endereços
 - 2.3. Representação Textual dos Prefixos de Endereços
 - 2.4. Identificação de Tipo de Endereço
 - 2.5. Endereços Unicast
 - 2.5.1. Identificadores de Interface
 - 2.5.2. 0 Endereço Não-especificado
 - 2.5.3. 0 Endereço Loopback
 - 2.5.4. Endereços Global Unicast
 - 2.5.5. Endereços IPv6 com Endereços IPv4 Embutidos
 - 2.5.6. Endereços IPv6 Unicast Link-Local
 - 2.5.7. Endereços IPv6 Unicast Site-Local
 - 2.6. Endereços Anycast
 - 2.6.1. Endereços Anycast Necessários
 - 2.7. Endereços Multicast
 - 2.7.1. Endereços Multicast Pré-definidos
 - 2.8. Endereços Necessários de um Nó
3. Considerações de Segurança
4. Considerações da IANA
5. Agradecimentos
6. Referências
 - 6.1. Referências Normativas
 - 6.2. Referências Informativas
- Apêndice A: Criando Identificadores de Interface com Formato EUI-64 Modificado
- Apêndice B: Mudanças em relação ao RFC 3513

1. Introdução

Esta especificação define a arquitetura de endereçamento do protocolo IP Versão 6. Ela inclui os formatos básicos para os vários tipos de endereços IPv6 (unicast, anycast e multicast).

2. Endereçamento IPv6

Endereços IPv6 são identificadores de 128 bits para interfaces e conjuntos de interfaces (entende-se “interface” como definido na Seção 2 de [IPv6]). Existem três tipos de endereços:

- Unicast: Um identificador para uma única interface. Um pacote enviado a um endereço unicast é entregue à interface identificada por esse endereço.
- Anycast: Um identificador para um conjunto de interfaces (tipicamente pertencente a diferentes nós). Um pacote enviado para 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).
- Multicast: Um identificador para um conjunto de interfaces (tipicamente pertencentes a diferentes nós). Um pacote enviado a um endereço multicast é entregue a todas as interfaces identificadas por esse endereço.

Não existem endereços broadcast no IPv6, pois sua função foi suplantada pelos endereços multicast.

Neste documento, os campos nos endereços recebem nomes específicos, por exemplo, “subrede”. Quando este nome é utilizado com o termo “ID” para o identificador antes do nome (e.g., “ID de subrede”), ele se refere ao conteúdo do campo especificado. Quando ele é utilizado com o termo “prefixo” (e.g., “prefixo de subrede”), ele se refere a todos os endereços da esquerda até, e incluindo, este campo.

No IPv6 uma sequência de zeros e uma sequência de números um são valores legais para qualquer campo, a não ser que seja excluído especificamente. Especificamente, os prefixos podem conter, ou terminarem com, campos de sequência de zeros.

2.1. Modelo de Endereçamento

Endereços IPv6 de todos os tipos são assinalados a interfaces, e não a nós. Um endereço IPv6 unicast se refere a uma única interface. Uma vez que cada interface pertence a um único nó, qualquer um dos endereços unicast de um nó pode ser usado como um identificador desse nó.

Todas as interfaces precisam ter pelo menos um endereço unicast Link-Local (veja a Seção 2.8 para endereços necessários adicionais). Uma única interface pode também ter múltiplos endereços IPv6 de qualquer tipo (unicast, anycast e multicast) ou escopo. Endereços unicast com um escopo maior que escopo-de-link não são necessários para interfaces que não são usadas como a origem ou o destino de quaisquer pacotes IPv6 para ou de não-vizinhos. Isto é conveniente algumas vezes para interfaces ponto-a-ponto. Há uma exceção a este modelo de endereçamento:

Um endereço unicast ou um conjunto de endereços unicast podem ser assinalados a múltiplas interfaces físicas se a implementação trata as múltiplas interfaces físicas como uma interface quando apresentá-

la à camada de internet. Isto é útil para balanceamento de carga sobre múltiplas interfaces físicas.

Atualmente o IPv6 continua com o modelo IPv4 no tocante ao prefixo de subrede ser associado com um link. Múltiplos prefixos de subrede podem ser assinalados ao mesmo link.

2.2. Representação Textual dos Endereços

Existem três formas convencionais de representar endereços IPv6 como textos:

1. A forma preferencial é x:x:x:x:x:x:x:x, onde os x são de um a quatro dígitos hexadecimais dos oito campos de 16 bits do endereço. Exemplos:

```
ABCD:EF01:2345:6789:ABCD:EF01:2345:6789
2001:DB8:0:0:8:800:200C:417A
```

Note que não é necessário escrever os zeros mais à esquerda de um campo, mas é necessário haver pelo menos um número em cada campo (exceto para o caso descrito em 2).

2. Devido a alguns métodos de alocação de certos estilos de endereço IPv6, será comum a existência de endereços com longas sequências de bits 0. Para que a escrita de endereços contendo zeros fique fácil, uma sintaxe especial foi disponibilizada para comprimir os zeros. O uso de "::" indica um ou mais grupos de 16 bits de zeros. Só é permitido ao "::" aparecer uma única vez em um endereço. O "::" pode também ser usado para comprimir os zeros mais à esquerda ou os mais à direita em um endereço.

Por exemplo, os seguintes endereços

2001:DB8:0:0:8:800:200C:417A	um endereço unicast
FF01:0:0:0:0:0:0:101	um endereço multicast
0:0:0:0:0:0:0:1	o endereço loopback
0:0:0:0:0:0:0:0	o endereço não-especificado

Pode ser representados como

2001:DB8::8:8--:200C:417A	um endereço unicast
FF01::101	um endereço multicast
::1	o endereço loopback
::	o endereço não-especificado

3. Uma forma alternativa, algumas vezes mais conveniente para lidar com um ambiente misto de nós IPv4 e IPv6, é x:x:x:x:x:x:d.d.d.d, onde os x são os valores hexadecimais dos seis campos de alta-ordem do endereço, e os d são os valores decimais dos quatro campos de baixa-ordem do endereço (representação padrão do IPv4). 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
```

2.3. Representação Textual de Prefixos de Endereço

A representação textual de prefixos de endereço IPv6 é similar a como os prefixos de endereço do IPv4 são escritos na notação CIDR (*Classless Inter-Domain Routing*, ou Roteamento Sem Classes Entre Domínios) [CIDR]. Um prefixo de endereço IPv6 é representado pela notação:

endereço-ipv6/comprimento-prefixo

onde

endereço-ipv6	é um endereço IPv6 em quaisquer das notações listadas na Seção 2.2
comprimento-prefixo	é um valor decimal especificando quantos dos bits contíguos mais à esquerda compreendem o prefixo

Por exemplo, os seguintes exemplos são representações legais do prefixo de 60 bits 2001:0DB8:0000:CD3 (hexadecimal):

```
2001:0DB8:0000:CD30:0000:0000:0000:0000/60
2001:0DB8::CD30:0:0:0:0/60
2001:0DB8:0:CD30::/60
```

Os seguintes exemplos NÃO são representações legais do prefixo acima:

2001:0DB8:0:CD3/60	é possível ocultar os zeros mais à esquerda, mas não os mais à direita; isto vale para todos os campos de 16 bits do endereço
2001:0DB8::CD30/60	o endereço à esquerda de "/" expandirá para 2001:0DB8:0000:0000:0000:0000:0000:CD30
2001:0DB8::CD3/60	o endereço à esquerda de "/" expandirá para 2001:0DB8:0000:0000:0000:0000:0000:0CD3

Ao se escrever tanto o endereço de um nó quanto o prefixo do endereço desse nó (e.g., o prefixo de subrede do nó), os dois podem ser combinados como segue:

o endereço do nó	2001:0DB8:0:CD30:123:4567:89AB:CDEF
e seu número de subrede	2001:0DB8:0:CD30::/60
podem ser abreviados como	2001:0DB8:0:CD30:123:4567:89AB:CDEF/60

2.4. Identificação do Tipo de Endereço

O tipo de um endereço IPv6 é identificado pelos bits de alta-ordem do endereço, como segue:

Tipo de Endereço	Prefixo binário	Notação IPv6	Seção
Não-especificado	00...0 (128 bits)	::/128	2.5.2
Loopback	00...1 (128 bits)	::1/128	2.5.3
Multicast	11111111	FF00::/8	2.7
Link-Local unicast	111111010	FE80::/10	2.5.6
Global Unicast	(todo o resto)		

Endereços anycast são retirados dos espaços de endereços unicast (de qualquer escopo) e não são sintaticamente distinguíveis dos endereços unicast.

O formato geral de endereços Global Unicast é descrito na Seção 2.5.4. Alguns subtipos de propósito especial de endereços Global Unicast que contêm endereços IPv4 embutidos (para os propósitos de interoperação IPv4-IPv6) são descritos na Seção 2.5.5.

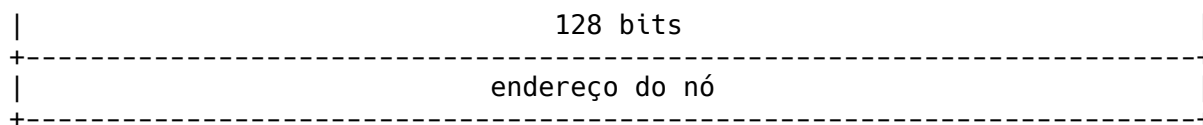
Especificações futuras podem redefinir uma ou mais subfaixas do espaço Global Unicast para outros propósitos, mas a não ser que ou até que isso aconteça, as implementações precisam tratar todos os endereços que não começam com quaisquer dos prefixos listados acima como endereços Global Unicast.

2.5. Endereços Unicast

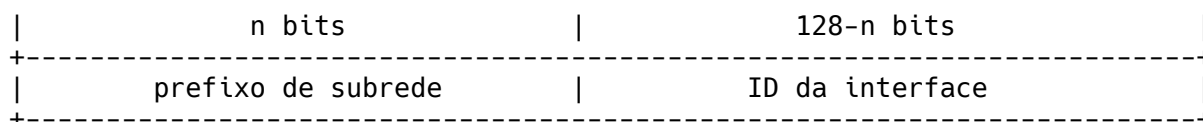
Endereços unicast IPv6 são agregáveis com prefixos cujos comprimentos em bits são arbitrários, de forma similar aos endereços IPv4 sob o Roteamento Sem Classes Entre Domínios (CIDR).

Existem vários tipos de endereços unicast em IPv6, em particular, Global Unicast, site-local unicast (descontinuado, veja Seção 2.5.7), e Link-Local unicast. Existem também alguns subtipos de propósito especial do Global Unicast, como os endereços IPv6 embutidos com endereços IPv4. Tipos de endereços adicionais ou subtipos podem ser definidos futuramente.

Os nós IPv6 podem ter pouco ou considerável conhecimento da estrutura interna do endereço IPv6, dependendo de sua função (por exemplo, hospedeiro versus roteador). No mínimo, um nó pode considerar que os endereços unicast (incluindo o seu próprio) não têm estrutura interna:



Um hospedeiro levemente sofisticado (porém, ainda bastante simples) pode ter ciência do(s) prefixo(s) de subrede(s) para o(s) link(s) ao(s) qual(is) está anexado, onde endereços diferentes podem ter valores diferentes para n:



Apesar de um roteador simples poder não ter conhecimento da estrutura interna dos endereços unicast IPv6, os roteadores terão, geralmente, maior conhecimento de um ou mais limites hierárquicos para a operação de protocolos de roteamento. Os limites conhecidos serão diferentes de roteador para roteador, dependendo de quais posições o roteador possui em uma hierarquia de roteamento.

Exceto sobre o conhecimento do limite de subrede discutido nos parágrafos anteriores, os nós não devem realizar quaisquer suposições sobre a estrutura de um endereço IPv6.

2.5.1. Identificadores de Interface

Identificadores de interface em endereços IPv6 unicast são utilizados para identificar interfaces em um link. É requerido que sejam únicos dentro de um prefixo de subrede. É recomendado que o mesmo identificador de interface não seja assinalado a diferentes nós em um link. Eles podem também ser únicos em escopo maior. Em alguns casos um identificador de interface será derivado diretamente do endereço link-layer dessa interface. O mesmo

identificador de interface pode ser usado em múltiplas interfaces em um único nó, desde que estejam anexadas a diferentes subredes.

Note que a unicidade dos identificadores de interface é independente da unicidade dos endereços IPv6. Por exemplo, um endereço Global Unicast pode ser criado com um identificador de interface de escopo local e um endereço Link-Local pode ser criado com um identificador de interface de escopo universal.

Para todos os endereços unicast, exceto aqueles que começam com o valor binário 000, as IDs de Interface devem necessariamente ter 64 bits de comprimento e serem construídas no formato EUI-64 Modificado.

Identificadores de interface baseados no formato EUI-64 Modificado podem ter escopo universal quando forem derivados de um token universal (e.g., IEEE 802 48-bit MAC ou identificadores IEEE EUI-64 [EUI64]), ou podem ter escopo local onde um token global não estiver disponível (e.g., links seriais, pontos-finais de túnel), ou onde tokens globais são indesejáveis (e.g., tokens temporários para privacidade [PRIV]).

Identificadores de interface no formato EUI-64 Modificado são formados ao se inverter o bit “u” (bit universal/local na terminologia do IEEE EUI-64) na formação do identificador de interface dos identificadores IEEE EUI-64. No formato EUI-64 Modificado resultante, o bit “u” é definido como um (1) para indicar escopo universal, e é definido como zero (0) para indicar escopo local. Os três primeiros octetos em binário de um identificador EUI-64 são da seguinte forma:

0	0 0	1 1	2
0	7 8	5 6	3
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			
cccc	ccug	cccc	cccc cccc cccc
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			

escrito na ordem de bits padrão da Internet, onde “u” é o bit universal/local, “g” é o bit individual/grupo, e “c” são os bits id_empresa. O Apêndice A, “Criando Identificadores de Interface com Formato EUI-64 Modificado”, provê exemplos de criação de identificadores de interface baseados no formato EUI-64 Modificado.

A motivação para inverter o bit “u” na formação de um identificador de interface é facilitar para os administradores de sistema a configuração manual de identificadores não-globais quando tokens de hardware não estiverem disponíveis. Isto é esperado nos casos de links seriais e pontos-finais de túnel, por exemplo. A alternativa seriam as formas 0200:0:0:1, 0200:0:0:2, etc., em vez de 0:0:0:1, 0:0:0:2, etc., que é bem mais simples.

Os nós IPv6 não têm a obrigação de validar se identificadores de interface criados com tokens EUI-64 Modificado com o bit “u” definido para universal são únicos.

O uso do bit universal/local em um identificador no formato EUI-64 Modificado é para permitir o desenvolvimento futuro de tecnologias que podem se aproveitar de identificadores de interface com escopo universal.

Os detalhes da formação de identificadores de interface são definidos na especificação apropriada “IPv6 sobre <link>”, como o “IPv6 sobre Ethernet” [ETHER] e “IPv6 sobre FDDI” [FDDI].

2.5.2. 0 Endereço Não-especificado

O endereço 0:0:0:0:0:0:0:0 é chamado de endereço não-especificado. Ele não deve jamais ser assinalado a qualquer nó. Ele indica a ausência de qualquer endereço. Um exemplo de seu uso é no campo Endereço de Origem de quaisquer pacotes IPv6 enviados por um hospedeiro em inicialização antes de descobrir seu próprio endereço.

O endereço não-especificado não deve ser usado como endereço de destino em pacotes IPv6 ou em cabeçalhos de Roteamento IPv6. Um pacote IPv6 com um endereço de origem não-especificado não deve jamais ser encaminhado por um roteador IPv6.

2.5.3. 0 Endereço Loopback

O endereço unicast 0:0:0:0:0:0:0:1 é chamado de endereço loopback. Ele pode ser usado por um nó para enviar um pacote IPv6 para si mesmo. Ele não deve ser assinalado a qualquer interface física. Ele é tratado como tendo um escopo Link-Local, e pode ser visto como um endereço unicast Link-Local de uma interface virtual (tipicamente chamado “interface loopback”) para um link imaginário que leva a lugar nenhum.

O endereço loopback não deve ser usado como endereço de origem em pacotes IPv6 que são enviados para além de um nó. Um pacote IPv6 com um endereço loopback de destino não deve jamais ser enviado para além de um nó e não deve jamais ser encaminhado por um roteador IPv6. Um pacote recebido em uma interface com um endereço loopback de destino deve ser descartado.

2.5.4. Endereços Global Unicast

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

	n bits		m bits		128-n-m bits	
+	-----	+	-----	+	-----	+
	prefixo de roteamento global		ID de subrede		ID de interface	
+	-----	+	-----	+	-----	+

onde o prefixo de roteamento global é um valor (tipicamente estruturado hierarquicamente) assinalado a um local (um conjunto, ou cluster, de subredes/links), o ID de subrede é um identificador de um link dentro do local, e o ID de interface é como foi definido na Seção 2.5.1.

Todos os endereços Global Unicast, exceto os começados com os bits 000, têm um campo ID de interface de 64 bits (i.e., $n + m = 64$), formatado como descrito na Seção 2.5.1. Os endereços Global Unicast que começam com os bits 000 não têm essa restrição no tamanho ou estrutura do campo ID de interface.

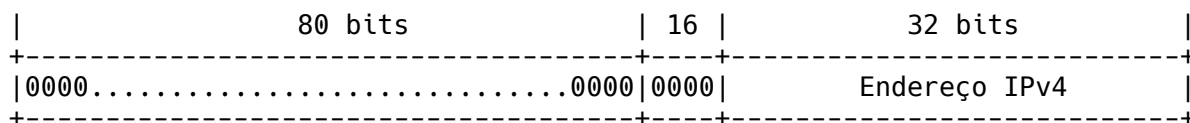
Exemplos de endereços Global Unicast que começam com os bits 000 são os endereços IPv6 com endereços IPv4 embutidos, descritos na Seção 2.5.5. Um exemplo de endereços globais começando com outros bits além de 000 (e, portanto, tendo um campo ID de interface com 64 bits) pode ser encontrado em [GLOBAL].

2.5.5. Endereços IPv6 Embutidos com Endereços IPv4

Dois tipos de endereços IPv6, os quais carregam um endereço IPv4 nos 32 bits de baixa-ordem, são definidos. Estes são o “Endereço IPv6 Compatível com IPv4” e o “Endereço IPv6 Mapeado para IPv4”.

2.5.5.1. Endereço IPv6 Compatível com IPv4

O “Endereço IPv6 Compatível com IPv4” foi definido para a assistência na transição para o IPv6. O formato do “Endereço IPv6 Compatível com IPv4” é como segue:

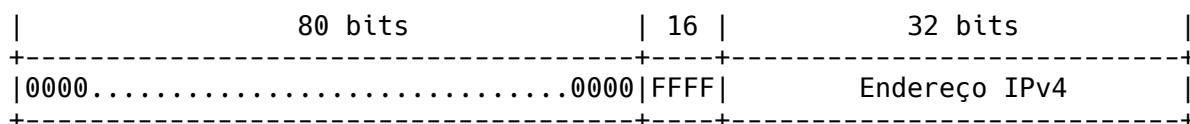


Nota: O endereço IPv4 usado no “Endereço IPv6 Compatível com IPv4” precisa ser um endereço IPv4 unicast globalmente único.

O “Endereço IPv6 Compatível com IPv4” está atualmente descontinuado devido aos mecanismos atuais de transição para o IPv6 não mais utilizarem-no. Implementações novas ou atualizadas não são necessárias para o suporte desse tipo de endereço.

2.5.5.2. Endereço IPv6 Mapeado para IPv4

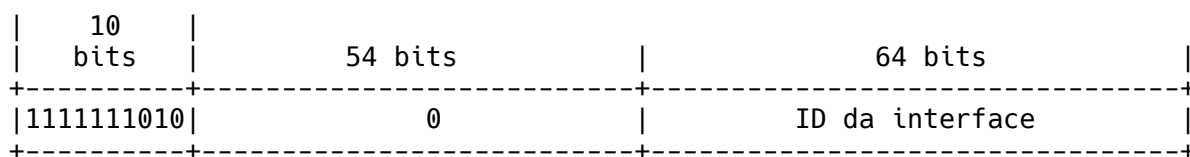
Um segundo tipo de endereço IPv6 que possui endereço IPv4 embutido é definido. Este tipo de endereço é usado para representar os endereços de nós IPv4 como endereços IPv6. O formato do “Endereço IPv6 mapeado para IPv4” é como segue:



Veja [RFC4038] para mais informações sobre o uso do “Endereço IPv6 mapeado para IPv4”.

2.5.6. Endereços IPv6 Unicast Link-Local

Endereços Link-Local servem para o uso em um único link. Endereços Link-Local têm o seguinte formato:



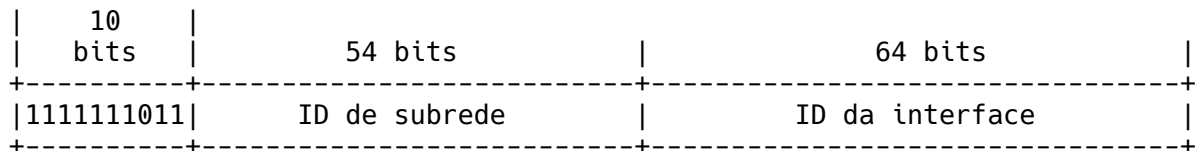
Endereços Link-Local são projetados para serem usados no endereçamento de um único link para, por exemplo, a configuração automática de endereço, descoberta de vizinhança, ou quando não há roteadores presentes.

Os roteadores não devem encaminhar quaisquer pacotes com endereços Link-Local de origem ou destino para outros links.

2.5.7. Endereços IPv6 Unicast Site-Local

Endereços Site-Local foram originalmente projetados para serem usados no endereçamento interno de um local sem a necessidade de um prefixo global. Endereços Site-Local agora são descontinuados como definido em [SLDEP].

Endereços Site-Local têm o seguinte formato:



O comportamento especial desse prefixo, definido em [\[RFC3513\]](#), não deve mais receber suporte em novas implementações (i.e., novas implementações precisam tratar esse prefixo como Global Unicast).

Implementações existentes e implantações podem continuar a usar esse prefixo.

2.6. Endereços Anycast

Um endereço IPv6 anycast é um endereço que é assinalado para mais de uma interface (tipicamente pertencentes a diferentes nós), com a propriedade de um pacote enviado a um endereço anycast ser roteado para a interface “mais próxima” que tenha esse endereço, de acordo com a medida de distância dos protocolos de roteamento.

Endereços anycast são retirados do espaço de endereços unicast, e usam qualquer dos formatos unicast definidos. Assim, endereços anycast são sintaticamente indistinguíveis de endereços unicast. Quando um endereço unicast é assinalado para mais de uma interface, assim sendo tornado em um endereço anycast, os nós aos quais o endereço foi assinalado precisam ser configurados explicitamente para saberem que esse é um endereço anycast.

Para qualquer endereço anycast assinalado, existe um prefixo P mais longo desse endereço que identifica a região topológica na qual todas as interfaces pertencentes a esse endereço anycast residem. Dentro da região identificada por P, o endereço anycast precisa ser mantido como uma entrada separada no sistema de roteamento (comumente referido como a “rota do hospedeiro”); fora da região identificada por P, o endereço anycast pode ser agregado em uma entrada de roteamento para o prefixo P.

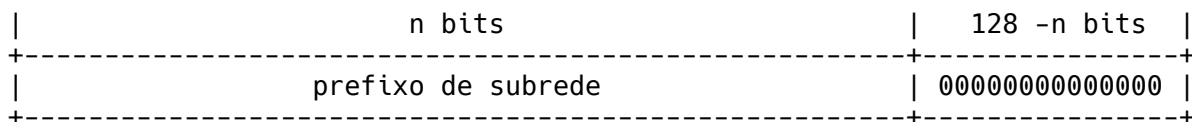
Note que no pior caso o prefixo P de um conjunto anycast pode ser o prefixo nulo, ou seja, os membros do conjunto podem não ter localidade topológica. Neste caso o endereço anycast precisa ser mantido como uma entrada de roteamento separada em toda a Internet, o que apresenta um limite severo de escala sobre quantos conjuntos anycast “globais” podem ser suportados. Portanto, é esperado que o suporte para conjuntos anycast globais não existam ou sejam bastante restritos.

Um uso esperado de endereços anycast é a identificação do conjunto de roteadores pertencentes a uma organização provedora de serviço de Internet. Tais endereços podem ser usados como endereços intermediários em um cabeçalho de roteamento IPv6, para fazer com que um pacote seja entregue via uma determinada provedora de serviço ou um conjunto de provedoras de serviço.

Alguns outros usos possíveis são a identificação do conjunto de roteadores anexados a uma subrede em particular, ou o conjunto de roteadores que proveem a entrada para um determinado domínio de roteamento.

2.6.1. Endereço Anycast Necessário

O endereço anycast do Roteador de Subrede é pré-definido. Seu formato é da seguinte forma:



O “prefixo de subrede” em um endereço anycast é o prefixo que identifica um link específico. Este endereço anycast é sintaticamente o mesmo de um endereço unicast para uma interface no link com um identificador de interface configurado para zero.

Pacotes enviados ao endereço anycast do Roteador de Subrede serão entregues a um roteador na subrede. É requerido a todos os roteadores o suporte para endereços anycast de Roteador de Subrede para as subredes as quais eles têm interfaces.

O endereço anycast de Roteador de Subrede é destinado a ser usado em aplicações onde um nó precisa se comunicar com qualquer um dos roteadores do grupo de roteadores.

2.7. Endereços Multicast

Um endereço IPv6 multicast é um identificador para um grupo de interfaces (tipicamente em diferentes nós). Uma interface pode pertencer a qualquer quantidade de grupos multicast. Endereços multicast têm o seguinte formato:



os bits 11111111 no começo do endereço identificam-no como um endereço multicast.

Flgs é um conjunto de 4 flags:

+--+--+--+
0 R P T
+--+--+--+

A flag de de mais alta ordem é reservado, e precisa ser inicializada com 0.

T = 0 indica um endereço multicast permanentemente assinalado (“well-known”, bem-conhecido), assinalado pela Internet Assigned Numbers Authority (IANA).

T = 1 indica um endereço multicast não permanentemente assinalado (“transiente” ou “dinamicamente” assinalado).

A definição e uso da flag P podem ser encontrados em [\[RFC3306\]](#).

A definição e uso da flag R podem ser encontrados em [\[RFC3956\]](#).

scop é um valor de escopo multicast de 4 bits usado para limitar o escopo de um grupo multicast. Os valores são da seguinte forma:

- 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 Organização-Local
9	(não assinalado)
A	(não assinalado)
B	(não assinalado)
C	(não assinalado)
D	(não assinalado)
E	escopo Global
F	reservado

O escopo Interface-Local abrange apenas uma única interface em um nó e é útil apenas para transmissão loopback de multicast.

O escopo multicast Link-Local abrange a mesma região topológica do escopo unicast correspondente.

O escopo Admin-Local é o menor escopo que precisa ser configurado administrativamente, i.e., sem ser derivado automaticamente de conectividade física ou outra configuração não relacionada a multicast.

O escopo Site-Local foi planejado para abranger um único local.

O escopo Organização-Local foi planejado para abranger múltiplos locais pertencentes a uma única organização.

Os escopos rotulados como “(não assinalado)” estão livres para os administradores definirem regiões multicast adicionais.

ID do grupo identifica o grupo multicast, seja permanente ou transiente, dentro de um dado escopo. Definições adicionais da estrutura do campo ID do grupo multicast são providas em [\[RFC3306\]](#).

O “significado” de endereço multicast permanentemente assinalado é independente do valor de escopo. Por exemplo, se o “grupo de servidores NTP” é assinalado a um endereço multicast permanente com um ID de grupo 101 (hexadecimal), então

FF01:0:0:0:0:0:0:101 significa todos os servidores NTP na mesma interface (i.e., no mesmo nó) como o remetente.

FF02:0:0:0:0:0:0:101 significa todos os servidores NTP no mesmo link como o remetente.

FF05:0:0:0:0:0:0:101 significa todos os servidores NTP no mesmo local como o remetente.

FF0E:0:0:0:0:0:0:101 significa todos os servidores NTP na Internet.

Endereços multicast não permanentemente assinalados são significativos apenas dentro de um dado escopo. Por exemplo, um grupo identificado pelo endereço multicast site-local não-permanente FF15:0:0:0:0:0:0:101 em um local, não tem relação com um grupo usando o mesmo ID de grupo mas com escopo diferente, e nem com um grupo permanente com o mesmo ID de grupo.

Endereços multicast não devem ser usados como endereços de origem em pacotes IPv6 ou aparecerem em qualquer cabeçalho de roteamento.

Roteadores não devem encaminhar quaisquer pacotes multicast além do escopo indicado no campo scop no endereço de destino multicast.

Os nós não devem originar um pacote para um endereço multicast cujo campo scop contenha o valor reservado 0; se tal pacote é recebido, precisa ser descartado silenciosamente. Os nós não devem originar um pacote para um endereço multicast cujo campo scop contenha o valor reservado F; se tal pacote é enviado ou recebido, precisa ser tratado da mesma forma que os pacotes destinados ao endereço multicast global (scop E).

2.7.1. Endereços Multicast Pré-definidos

Os seguintes endereços multicast bem-conhecidos são pré-definidos. Os IDs de grupo definidos nesta seção são definidos para valores de escopo explícitos.

O uso desses IDs de grupo para quaisquer outros valores de escopo, com a flag T igual a 0, não é permitido.

Endereços Multicast Reservados:	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

Os endereços multicast acima são reservados e jamais devem ser assinalados a qualquer grupo multicast.

Endereços de Todos os Nós:	FF01:0:0:0:0:0:0:1
	FF02:0:0:0:0:0:0:1

Os endereços multicast acima identificam o grupo de todos os nós IPv6, dentro do escopo 1 (interface-local) ou 2 (link-local).

Endereços de Todos os Roteadores:	FF01:0:0:0:0:0:0:2
	FF02:0:0:0:0:0:0:2
	FF05:0:0:0:0:0:0:2

Os endereços multicast acima identificam o grupo de todos os roteadores IPv6, dentro do escopo 1 (interface-local), 2 (link-local), ou 5 (site-local).

Endereço de Nó-Solicitado:	FF02:0:0:0:0:1:FFXX:XXXX
----------------------------	--------------------------

O endereço multicast de Nó-Solicitado é computado como uma função dos endereços unicast e anycast de um nó. O endereço multicast de um Nó-Solicitado é formado ao se pegar 24 bits de baixa ordem de um endereço (unicast ou anycast) e anexá-los ao prefixo FF02:0:0:0:0:1:FF00::/104, resultado em uma faixa de endereços multicast de

FF02:0:0:0:0:1:FF00:0000

FF02:0:0:0:0:1:FFFF:FFFF

Por exemplo, o endereço multicast de Nó-Solicitado correspondente ao endereço IPv6 4037::01:800:200E:8C6C é FF02::1:FF0E:8C6C. Endereços IPv6 que são diferentes apenas nos bits de alta ordem (e.g., devido a múltiplos prefixos de alta ordem associados com diferentes agregações) serão mapeados para o mesmo endereço de Nó Solicitado, deste modo reduzindo a quantidade de endereços multicast ao qual um nó precisa se unir.

É requerido a um nó computar e se unir (na interface apropriada) aos endereços multicast de Nó-Solicitado associados para todos os endereços unicast e anycast que foram configurados para as interfaces do nó (manualmente ou automaticamente).

2.8. Endereços Necessários de um Nó

Um hospedeiro deve reconhecer os seguintes endereços como seus identificadores:

- É necessário um endereço Link-Local para cada interface.
- Quaisquer endereços Unicast e Anycast que tenham sido configurados para as interfaces do nó (manualmente ou automaticamente).
- O endereço loopback.
- Os endereços multicast de Todos os Nós definidos na Seção 2.7.1.
- O endereço multicast de Nó-Solicitado para cada um de seus endereços unicast e anycast.
- Endereços multicast de todos os grupos aos quais o nó pertence.

Um roteador deve reconhecer todos os endereços aos quais um hospedeiro deve reconhecer, junto com os seguintes endereços como seus identificadores:

- Os endereços Anycast de Roteador de Subrede para todas as interfaces as quais está configurado para agir como roteador.
- Todos os demais endereços Anycast aos quais o roteador foi configurado.
- Os endereços multicast de Todos os Roteadores definidos na Seção 2.7.1.

3. Considerações de Segurança

Os documentos de endereçamento IPv6 não têm qualquer impacto direto na segurança de infraestrutura da Internet. A autenticação de pacotes IPv6 é definida em [AUTH].

4. Considerações da IANA

O “endereço IPv6 compatível com IPv4” é descontinuado a partir deste documento. A IANA deve continuar a listar o bloco de endereços contendo tais endereços em <http://www.iana.org/assignments/ipv6-address-space> como “Reservado pela IETF” e não reatribuí-los para qualquer outro propósito. Por exemplo:

0000::/8 Reservado pela IETF [[RFC3513](#)] [1]

A IANA adicionou a seguinte nota e link para este bloco de endereços.

[5] 0000::/96 era previamente definido como prefixo do “endereço IPv6 compatível com IPv4”. Esta definição foi descontinuada pelo RFC 4291.

A IANA atualizou as referências para a Arquitetura de Endereço IPv6 nos registros da IANA de acordo.

5. Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer as contribuições de Paul Francis, Scott Bradner, Jim Bound, Brian Carpenter, Matt Crawford, Deborah Estrin, Roger Fajman, Bob Fink, Peter Ford, Bob Gilligan, Dmitry Haskin, Tom Harsch, Christian Huitema, Tony Li, Greg Minshall, Thomas Narten, Erik Nordmark, Yakov Rekhter, Bill Simposon, Sue Thomson, Markku Savela, Larry Masinter, Jun-ichiro Itojun Hagino, Tatuya Jinmei, Suresh Krishnan, e Mahmood Ali.

6. Referências

6.1. Referências Normativas

[IPv6] Deerin, S. e R. Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification", [RFC 2460](#), Dezembro 1998.

6.2. Referências Informativas

- [AUTH] Kent, S. e R. Atkinson, "IP Authentication Header", [RFC 2402](#), Novembro 1998.
- [CIDR] Fuller, V., Li, T., Yu, J., e K. Varadhan, "Classless Inter-Domain Routing (CIDR)> an Address Assignment and Aggregation Strategy", [RFC 1519](#), Setembro 1993.
- [ETHER] Crawford, M., "Transmission of IPv6 Packets over Ethernet Networks", [RFC 2464](#), Dezembro 1998.
- [EUI64] IEEE, "Guidelines for 64-bit Global Identifier (EUI-64) Registration Authority", <http://standards.ieee.org/regauth/oui/tutorials/EUI64.html>, Março 1997.
- [FDDI] Crawford, M., "Transmission of IPv6 Packets over FDDI Networks", [RFC 2467](#), Dezembro 1998.
- [GLOBAL] Hinden, R., Deering, S., e E. Nordmark, "IPv6 Global Unicast Address Format", [RFC 3587](#), Agosto 2003.
- [PRIV] Narten, T. e R. Draves, "Privacy Extensions for Stateless Address Autoconfiguration in IPv6", [RFC 3041](#), Janeiro 2001.
- [RFC3513] Hinden, R. e S. Deering, "Internet Protocol Version 6 (IPv6) Addressing Architecture", [RFC 3513](#), Abril 2005.
- [RFC3306] Haberman, B. E D. Thaler, "Unicast-Prefix-based IPv6 Multicast Addresses", [RFC 3306](#), Agosto 2002.
- [RFC3956] Savola, P. e B. Haberman, "Embedding the Rendezvous Point (RP) Address in an IPv6 Multicast Address", [RFC 3956](#), Novembro 2004.
- [RFC4038] Shin, M-K., Hong, Y-G. Hagino, J., Savola, P., e E. Castro, "Application Aspects of IPv6 Transition", [RFC 4038](#), Março 2005.
- [SLDEP] Huitema, C. E B. Carpenter, "Deprecating Site Local Addresses", [RFC 3879](#), Setembro 2004.

Apêndice A: Criando Identificadores de Interface com Formato EUI-64 Modificado

Dependendo das características de um link ou nó específico, existem diferentes abordagens para criar identificadores de interface no formato EUI-64 Modificado. Este apêndice descreve algumas das abordagens.

Links ou Nós com Identificadores IEEE EUI-64

A única mudança necessária para transformar um identificador IEEE EUI-64 em um identificador de interface é inverter o bit “u” (universal/local). Um exemplo é um identificador globalmente único IEEE EUI-64 na forma:

0	1	3	4	6
0	5	1	7	3
+-----+-----+-----+-----+				
cccccc0gccccccc ccccccmmmmmmmm mmmmmmmmmmmmmmmm mmmmmmmmmmmmmmmm				
+-----+-----+-----+-----+				

onde “c” são os bits assinalados do id_empresa, “0” é o valor do bit universal/local para indicar o escopo universal, “g” é o bit individual/grupo, e “m” são os bits de identificador de extensão selecionado pelo fabricante. O identificador de interface IPv6 seria da seguinte forma:

0	1	3	4	6
0	5	1	7	3
+-----+-----+-----+-----+				
cccccc1gccccccc ccccccmmmmmmmm mmmmmmmmmmmmmmmm mmmmmmmmmmmmmmmm				
+-----+-----+-----+-----+				

A única mudança é a inversão do valor do bit universal/local.

Links ou Nós com MACs IEEE 802 48-bit

O [EUI64] define um método para criar um identificador IEEE EUI-64 a partir de um identificador MAC IEEE 48-bit. É para inserir dois octetos, com os valores hexadecimais 0xFF e 0xFE (veja a nota no fim do apêndice), ao meio do MAC 48-bit (entre o id_empresa e id fornecido pelo vendedor). Um exemplo é IEEE MAC 48-bit com escopo Global:

0	1	3	4
0	5	1	7
+-----+-----+-----+			
cccccc0gccccccc ccccccmmmmmmmm mmmmmmmmmmmmmmmm			
+-----+-----+-----+			

onde “c” são os bits assinalados do id_empresa, “0” é o valor do bit universal/local para indicar o escopo universal, “g” é o bit individual/grupo, e “m” são os bits de identificador de extensão selecionado pelo fabricante. O identificador de interface seria da seguinte forma:

0	1	3	4	6
0	5	1	7	3
+-----+-----+-----+-----+				
cccccc1gccccccc ccccccc1111111 11111110mmmmmmmm mmmmmmmmmmmmmmmm				
+-----+-----+-----+-----+				

Quando endereços MAC IEEE 802 48-bit estão disponíveis (ou uma interface ou um nó), uma implementação pode usá-los para criar identificadores de interface para sua disponibilidade e propriedades de exclusividade.

Links com Outros Tipos de Identificadores

Existem vários tipos de links que possuem identificadores de interface link-layer além de IEEE EUI-64 ou MACs IEEE 802 48-bit. Como exemplos podem ser citados LocalTalk e Arcnet. O método para criar um identificador no formato EUI-64 Modificado é pegar o identificador do link (e.g., o identificador de 8 bits do nó LocalTalk) e preencher com zeros para a esquerda. Por exemplo, um identificador de nó de 8 bits LocalTalk de valor hexadecimal 0x4F resulta no seguinte identificador de interface:

0	1 1	3 3	4 4	6
0	5 6	1 2	7 8	3
+-----+-----+-----+-----+				
00000000000000000000	00000000000000000000	00000000000000000000	00000000001001111	
+-----+-----+-----+-----+				

Note que isso resulta em o bit universal/local estar configurado como 0 para indicar escopo local.

Links sem Identificadores

Existem links que não têm qualquer tipo de identificador nativo. Os mais comum são os links seriais e túneis configurados. Identificadores de interface que são únicos dentro de um prefixo de subrede precisam ser escolhidos.

Quando não houver um identificador nativo disponível em um link, a abordagem preferida é usar um identificador de interface universal de outra interface ou um que tenha sido assinalado para o próprio nó. Quando essa abordagem é utilizada nenhuma outra interface conectando o mesmo nó ao mesmo prefixo de subrede pode usar o mesmo identificador.

Se não houver um identificador de interface universal disponível para uso no link, a implementação necessita criar um identificador de interface de escopo local. A única exigência é que este seja único dentro de um prefixo de subrede. Existem várias abordagens para selecionar um identificador de interface único para um prefixo de subrede. Elas incluem:

- Configuração Manual
- Número Serial do Nó
- Outro Token Específico do Nó

O identificador de interface único para um prefixo de subrede deve ser gerado de forma a não ser modificado após uma reinicialização de um nó ou se interfaces são adicionadas ou excluídas de um nó.

A seleção de um algoritmo apropriado é dependente do link e da implementação. Os detalhes na formação de identificadores de interface são definidos em especificações “IPv6 sobre <link>” apropriadas. É fortemente recomendada a implementação de um algoritmo de detecção de colisão como parte de qualquer algoritmo automático.

Nota: [EUI-64] na verdade define 0xFF e 0xFE como os bits a serem inseridos para a criação de um identificador IEEE EUI-64 a partir de um identificador IEEE MAC-48. Os valores 0xFF e 0xFE são usados ao se começar com um identificador IEEE EUI-48. O valor incorreto foi usado em versões mais antigas da especificação devido a uma falha de entendimento sobre as diferenças entre identificadores IEEE MAC-48 e EUI-48.

Este documento continua intencionalmente a usar 0xFF e 0xFE porque eles atendem aos requisitos de identificadores de interface IPv6

(i.e., que eles precisam ser únicos em um link), identificadores IEEE EUI-48 e MAC-48 são sintaticamente equivalentes, e não causam qualquer problema na prática.

Apêndice B: Mudanças em relação ao [RFC 3513](#)

As seguintes mudanças foram feitas em relação ao [RFC 3513](#), “Arquitetura de Endereçamento do IP Versão 6”:

- As restrições no uso de endereços anycast IPv6 foram removidas porque agora há experiência o suficiente com o uso de endereços anycast, os problemas não são específicos do IPv6, e o grupo de trabalho GROW está trabalhando nesta área.
- Prefixo unicast Site-Local descontinuado. As mudanças incluem:
 - Site-Local removido da lista de prefixos especiais na Seção 2.4.
 - A seção intitulada “Endereços Unicast IPv6 de Uso Local” foi dividida em duas seções, “Endereços Unicast IPv6 Link-Local” e “Endereços Unicast IPv6 Site-Local”.
 - Adicionado texto à nova seção descrevendo a descontinuação de Site-Local.
- Mudanças para resolver problemas levantados na resposta de IAB ao apelo de Robert Elz. As mudanças incluem:
 - Adicionado o esclarecimento na Seção 2.5 de que os nós não devem realizar suposições sobre a estrutura de um endereço IPv6.
 - Mudado o texto na Seção 2.5.1 e Apêndice A para se referir ao formato EUI-64 Modificado de identificadores de interface com o bit “u” definido para um (1) como universal.
 - Adicionado o esclarecimento na Seção 2.5.1 de que não é exigido dos nós a validação de que identificadores de interface criados no formato EUI-64 Modificado com o bit “u” definido para um são únicos.
- Mudada a referência indicada na Seção 2.5.4 “Endereços Unicast Global” para [RFC 3587](#).
- Removida a menção a endereços NSAP nos exemplos.
- Esclarecido que o “x” na representação textual pode ser de um a quatro dígitos.
- “Endereço Compatível com IPv6” descontinuado porque não é mais usado em mecanismos de transição IPv6.
- Adicionadas as flags “R” e “P” na seção 2.7 em endereços multicast, e citações para os documentos que os definem.
- Mudanças editoriais.

Endereços dos Autores

Robert M. Hinden
Nokia
313 Fairchild Drive
Mountain View, CA 94043
USA

Fone: +1 650 625-2004
Email: bob.hinden@nokia.com

Stephen E. Deering
Cisco Systems, Inc.
170 West Tasman Drive
San Jose, CA 95134-1706
USA