

Endereçamento IPv6

Introducing...

Em muitos aspectos, a motivação para uma nova versão do IP é simples: lidar com o esgotamento do espaço de endereços IP. Em particular, é praticamente impossível alcançar 100% de eficiência na utilização de endereços, de modo que o espaço de endereços será esgotado bem antes do host de número 4 bilhões ser conectado à Internet. Mesmo que pudéssemos usar todos os 4 bilhões de endereços, não é muito difícil imaginar algumas formas como esse número poderia ser esgotado, agora que os endereços IP são atribuídos não apenas a computadores de fato, mas também a telefones móveis, televisores e outros aparelhos domésticos.

A aparente descontinuidade na numeração acontece porque o número de versão 5 foi usado para um protocolo experimental há alguns anos (chama-se ST-II) que não foi amplamente usado.

O IPv6 oferece um espaço de endereços de 128 bits, ao contrário dos 32 bits da versão 4. Deste modo, o IPv6 pode endereçar $3,4 \times 10^{38}$ nós ou 340 undecilhão de endereços, novamente considerando 100% de eficiência. Como vimos, porém, 100% de eficiência na atribuição de endereço não é provável.

Notação do endereço

Um endereço IPv6 é representado por 8 blocos de 16 bits cada um, separados pelo caracter dois pontos (:). Cada grupo de 16 bits, chamado de decahexateto ou duocteto, representados em hexadecimal, possui 4 símbolos hexadecimais que podem variar de 0000 a FFFF. Por exemplo:

- 2001:0DB8:AD1F:25E2:CADE:CAFE:F0CA:84C1
- 2000:1234:ade4:0000:2234:0000:0000:0012

Na representação de um endereço IPv6, é permitido utilizar tanto caracteres maiúsculos quanto minúsculos.

No entanto, como existem alguns tipos especiais de endereços IPv6, existem algumas notações especiais que podem ser úteis em certas circunstâncias.

Zero a esquerda pode ser omitido: 2000:1234:ade4:0000:2234:0000:0000:12

Conjuntos de 4 zeros na mesma casa podem ser reduzidos para um zero:

2000:1234:ade4:0:2234:0:0:12

Sequências de zeros podem ser substituídas por dois conjuntos de dois pontos:

2000:1234:ade4:0:2234::12

Evite ambiguidade!!! A abreviação do grupo de zeros só pode ser realizada uma única vez, caso contrário poderá haver ambiguidades na representação do endereço. Se o endereço acima fosse escrito como 2000:1234:ade4::2234::12, não seria possível determinar se ele corresponde a 2000:1234:ade4:0:2234:0:0:12 ou a 2000:1234:ade4:0:0:2234:0:12. Esta abreviação pode ser feita também no fim ou no início do endereço.

Um formato alternativo para os endereços de IPv6 combina os dois pontos e a notação decimal, de modo que o endereço de IPv4 pode ser incorporado no endereço de IPv6. São especificados valores hexadecimais para os 96 bits mais à esquerda e valores decimais para os 32 bits mais à direita que indicam o endereço de IPv4 incorporado. Este formato assegura a compatibilidade entre os nós de IPv6 e de IPv4 quando estiver a trabalhar num ambiente de rede misto.

Um endereço de IPv6 correlacionado com IPv4 utiliza este formato alternativo. Este tipo de endereço é utilizado para representar nós de IPv4 como endereços de IPv6. Permite que aplicações de IPv6 comuniquem directamente com aplicações de IPv4. Por exemplo, 0:0:0:0:0:ffff:192.1.56.10 e ::ffff:192.1.56.10/96 (formato abreviado).

Alocação de espaço de endereços : Prefixos de Redes IPv6

Outra representação importante é a dos prefixos de rede. Em endereços IPv6 ela continua sendo escrita do mesmo modo que no IPv4, utilizando a notação CIDR. Esta notação é representada da forma “endereço-IPv6/tamanho do prefixo”, onde “tamanho do prefixo” é um valor decimal que especifica a quantidade de bits contíguos à esquerda do endereço que compreendem o prefixo, ou seja, a soma dos

bits uns do prefixo. Então, o espaço de endereços ainda é subdividido de diversas maneiras, com base nos bits iniciais. Em vez de especificar diferentes classes de endereços, os bits iniciais especificam diferentes usos do endereço IPv6. (identifica a rede onde o dispositivo está conectado, os bits finais identificam de forma única, o dispositivo identificador de interface, por padrão os 2 tem 64 bits, mas podem-se agrupar redes maiores gerando prefixos com menos bits.

Atribuição atual de prefixos de endereço para IPv6

Prefixo	Uso
00... 0 (128 bits)	Não especificado
00... 1 (128 bits)	Loopback
1111 1111	Endereços multicast
1111 1110 10	Unicast local ao enlace
Tudo o mais	Endereços unicast globais

Um endereço IPv6 pode ser dividido em um Prefixo Global (Global Prefix), Subrede (subnet ID) e endereço da Interface (Interface ID).

O prefixo global normalmente é um /32, já o prefixo de subrede pode ser /48 (usuários corporativos) ou /56 a /64 (para usuários residenciais) dependendo do uso e recomendação de cada país. Já o endereço da interface utiliza os bits restantes do prefixo, ou seja, 128 bits menos o prefixo de subrede.

O exemplo de prefixo de sub-rede apresentado a seguir indica que dos 128 bits do endereço, 64 bits são utilizados para identificar a sub-rede.

Prefixo 2001:db8:3003:2::/64

Prefixo global 2001:db8::/32

ID da sub-rede 3003:2

ID de host: temos 64 bits (ou seja, $2^{64} = 18.446.744.073.709.551.616$ endereços IP)

Em IPv6 no distribuímos grandes redes, não nos preocupamos mais com os pesos dos endereços individuais mas sim o numero de redes e subredes que podemos gerar. Por padrão o prefixo de rede tem 64 bits, mas as redes podem ser agrupadas em redes maiores gerando prefixos com menos bits. Há algumas exceções que podem gerar prefixos com mais bits.

Para representar o prefixo de uma rede tomamos o menor IP daquela rede ou seja aqueles com todos bits identificadores de interface iguais a 0, seguido de barra e do número de bits do prefixo (2001:db8::/32). Para uma determinada rede os bits que representam a mesma não variam, são uma parte fixa, comum a todos os endereços, apenas os bits restantes podem ser alterados para identificar cada dispositivo. É esperado que o menor segmento de rede seja sempre /64. Apenas no link ponto a ponto aceita-se a representação de redes menores com /127 ou /126.

Tipos de endereço de IPv6

Unicast, Multicast e Anycast.

Existem alguns tipos de endereços unicast IPv6: Global Unicast; Unique-Local; e Link-Local

Table

Tipo de Endereço	Descrição	Exemplo
Endereço Local de Ligação	Utilizado numa única ligação local (rede local). Automaticamente configurado em todas as interfaces.	fe80::1
Endereço Global	Utilizado em qualquer rede. Começa com o prefixo 001 em binário.	2001:0db8:85a3:0000:0000:8a2e:0370:7334
Endereço Não Especificado	Indica a falta de um endereço e nunca pode ser atribuído a um sistema central.	:: ou 0:0:0:0:0:0:0:0

Tipo de Endereço	Descrição	Exemplo
Endereço de Reinício Cíclico (loopback)	Utilizado por um nó para enviar um pacote para si próprio.	::1 ou 0:0:0:0:0:0:0:1
Endereço de Difusão Geral (Broadcast)	Especifica um conjunto de interfaces que partilham um único endereço.	Não aplicável em IPv6
Endereço de Multidifusão	Especifica um conjunto de interfaces em múltiplas localizações.	ff02::1

Global unicast

-Ele é constituído por três partes: o prefixo de roteamento global, utilizado para identificar o tamanho do bloco atribuído a uma rede;

A identificação da sub-rede, utilizada para identificar um enlace em uma rede; e a identificação da interface, que deve identificar de forma única uma interface dentro de um enlace. Sua estrutura foi projetada para utilizar os 64 bits mais a esquerda para identificação da rede e os 64 bits mais a direita para identificação da interface.

- 2000::/3

Portanto, exceto casos específicos, todas as sub-redes em IPv6 tem o mesmo tamanho de prefixo, 64 bits (/64), o que possibilita $2^{64} = 18.446.744.073.709.551.616$ dispositivos por sub-rede. Isto representa 13% do total de endereços possíveis com IPv6, o que nos permite criar $2^{(64-3)} = 2.305.843.009.213.693.952$ (2,3x10¹⁸) sub-redes (/64) diferentes ou $2^{(48-3)} = 35.184.372.088.832$ (3,5x10¹³) redes /48.

Link Local – podendo ser usado apenas no enlace específico onde a interface está conectada, o endereço link local é atribuído automaticamente utilizando o prefixo FE80::/64. Vale ressaltar que os roteadores não devem encaminhar para outros enlaces, pacotes que possuam como origem ou destino um endereço link-local

Unique Local Address (ULA) – endereço com grande probabilidade de ser globalmente único, utilizado apenas para comunicações locais, geralmente dentro de um mesmo enlace ou conjunto de enlaces. Um endereço ULA não deve ser roteável na Internet global. Um endereço ULA, criado utilizando um ID global e alocado pseudo-randomicamente, é composto das seguintes partes:

Prefixo: FC00::/7.

Flag Local (L): se o valor for 1 (FD) o prefixo é atribuído localmente. Se o valor for 0 (FC), o prefixo deve ser atribuído por uma organização central (ainda a definir).

Identificador global: identificador de 40 bits usado para criar um prefixo globalmente único.

Identificador da Interface: identificador da interface de 64 bits.

Deste modo, a estrutura de um endereço ULA é FDUU:UUUU:UUUU:: onde U são os bits do identificador único, gerado aleatoriamente por um algoritmo específico.

Sua utilização permite que qualquer enlace possua um prefixo /48 privado e único globalmente. Deste modo, caso duas redes, de empresas distintas por exemplo, sejam interconectadas, provavelmente não haverá conflito de endereços ou necessidade de renumerar a interface que o esteja usando. Além disso, o endereço ULA é independente de provedor, podendo ser utilizado na comunicação dentro do enlace mesmo que não haja uma conexão com a Internet. Outra vantagem, é que seu prefixo pode ser facilmente bloqueado, e caso um endereço ULA seja anunciado acidentalmente para fora do enlace, através de um roteador ou via DNS, não haverá conflito com outros endereços.

Exercícios

- 1) Indicar a que tipo de endereço IPv6 pertence cada um dos endereços abaixo.

a)2001:db8:cafe:f0ca:faca:2:3

R: Documentação

b)2804:1:2:b0ca:2c0:17ff:fe00:d1ca

R: Documentação

c)fe80::dad0:baba:ca00:a7a2

R: Link Local

d) fe80::2c0:17ff:fe00:d1ca

e)2002:c8A0:79c::b010:de:c0c0

f)::1

g)fd00:ada:2345:b0ba::1

h)ff0e::beba:d012:3:4

i)ff05::baba:bebe:baba

2) Comprimir ao máximo o seguinte endereço

a)2001:0db8:0000:1200:0fe0:0000:0000:0003

3) Descomprimir ao máximo o seguinte endereço

a)2001:db8:0:ca1::1:abcd

b)2001:db8:4::2

4) Quantos endereços IPs há em um /64?

R: 2^{64}

5) Quantas redes /64 existem em um /56? **um /56 é o que está a ser considerada como padrão para cada usuário doméstico**

R: 2^8

6) Quantas redes /48 existem em um /32? **um /32 tamanho de bloco mínimo que um provedor recebe. /48 é o tamanho de bloco mínimo que normalmente se entrega para um usuário corporativo**

R: 2^{16} /48

7) Quantas redes /56 existem em um /48?

R: 2^{10} usuários individuais em um /48(endereço corporativo).

8) Quantas redes /56 existem em um /32? **então um provedor consegue atender 2^{24} usuários domésticos se ele entregar /56**

9) Quantas redes /32 existem em um /12? **em um /12 quantos provedores o LACNIC consegue atender**

10) Divida o prefixo 2001:db8::/32 em redes /36. **O primeiro endereço são aqueles cujos bits são iguais a 0 e o último são iguais a 1. Adicionando bits à parte da sub-rede, podemos criar sub-redes menores. Um prefixo menor (por exemplo, /40) criaria mais sub-redes, enquanto um prefixo maior (por exemplo, /24) criaria menos sub-redes.**

R: 2001:db8:0000::/36

2001:db8:1000::/36

2001:db8:2000::/36

Primeiro endereço desta sub-rede:

2001:db8:2000:0000:0000:0000:0000/36

Último endereço desta sub-rede: 2001:db8:2000:ffff:ffff:ffff:ffff/36

...

2001:db8:F000::/36

11) Dividindo o prefixo 2001:db8:cafe::/48 em redes /56, quais são as duas primeiras redes? E as duas últimas? **Desafio**

12) Divida o prefixo 2001:db8:c000::/34 nos seguinte tamanho: /35

2001:db8:c000::/34

2001:db8:1100 000::/34
32 |||

R: 2001:db8:c000::/34

2001:db8:c000:0000:0000:0000:0000/34

2001:db8:dfff:ffff ...

2001:db8:e000::/35