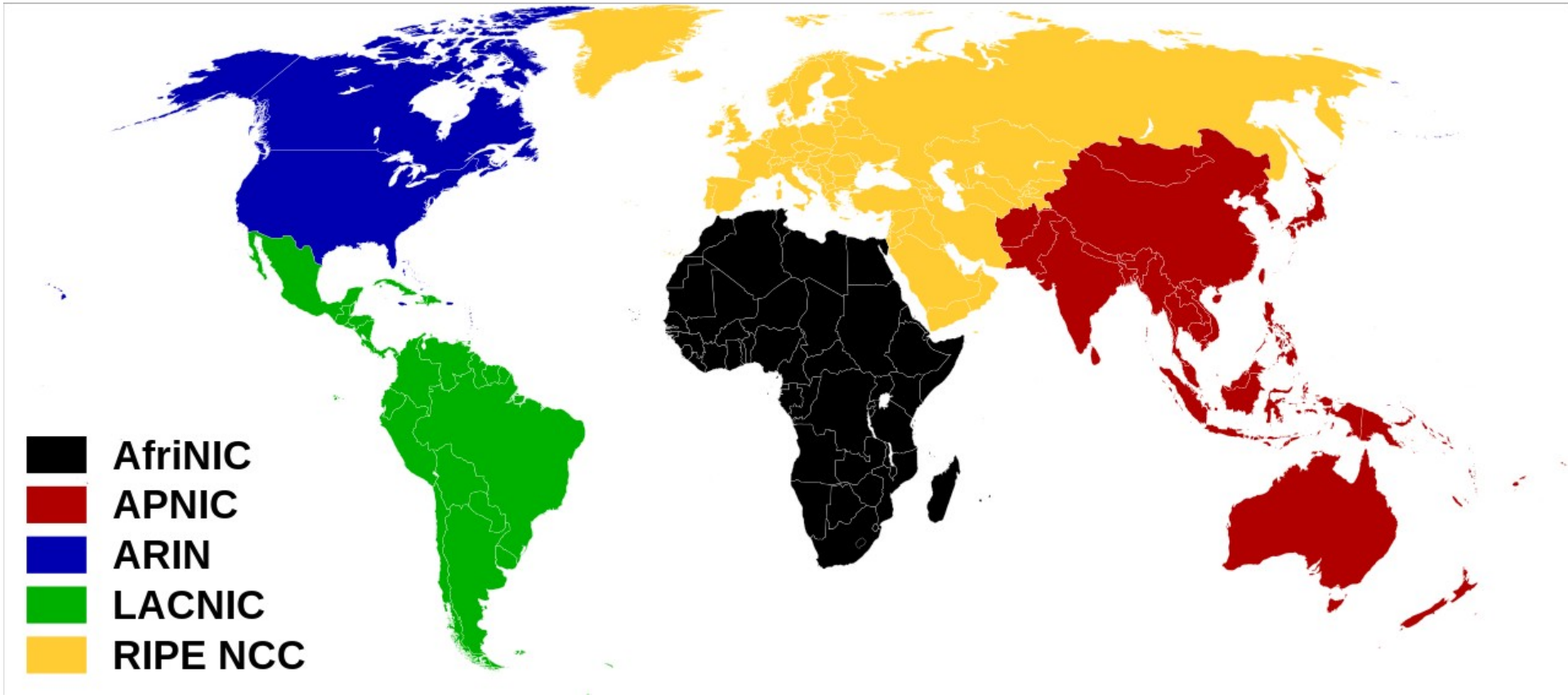
IPv6

INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO
Campus São João da Boa Vista

Internet Protocol

- O IP (Internet Protocol) é um protocolo essencial ao funcionamento da Internet, responsável por definir regras de camada de rede que serão utilizadas durante todo o percurso.
- Uma dessas regras consiste no fato de que cada computador deverá ter um endereço único de identificação: o endereço IP.
- Se os IPs não podem ser repetidos na mesma rede, a sua distribuição deve então ser controlada.
- Isso é feito por um conjunto de entidades, compostos por órgãos nacionais, regionais e pela IANA/ICANN, numa estrutura hierárquica
- No Brasil estamos ligados ao LACNIC e ao NIC.br.

Registro Regional da Internet (RIR)



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO
Campus São João da Boa Vista

IPv6 - Contextualização

- A Internet não foi planejada inicialmente para tomar as proporções atuais. Em 1983, existiam apenas cerca de 300 computadores conectados à Internet.
- Com a abertura ao público em geral em 1993, alguns problemas vieram à tona. Entre eles: em 3 anos se esgotariam os endereços IP
- Na época, era utilizado apenas o IPv4, que por possuir 32 bits de endereçamento, disponibiliza apenas 4.294.967.296 endereços (2^32).
- A divisão fixa em classes A, B e C agravou ainda mais o problema, já que a classe:
  - A permite apenas 128 redes, porém, cada um com 16 milhões de endereços.
  - B permite 16 mil redes distintas, com 65 mil endereços.
  - C permite 2 milhões de redes, com 256 endereços.

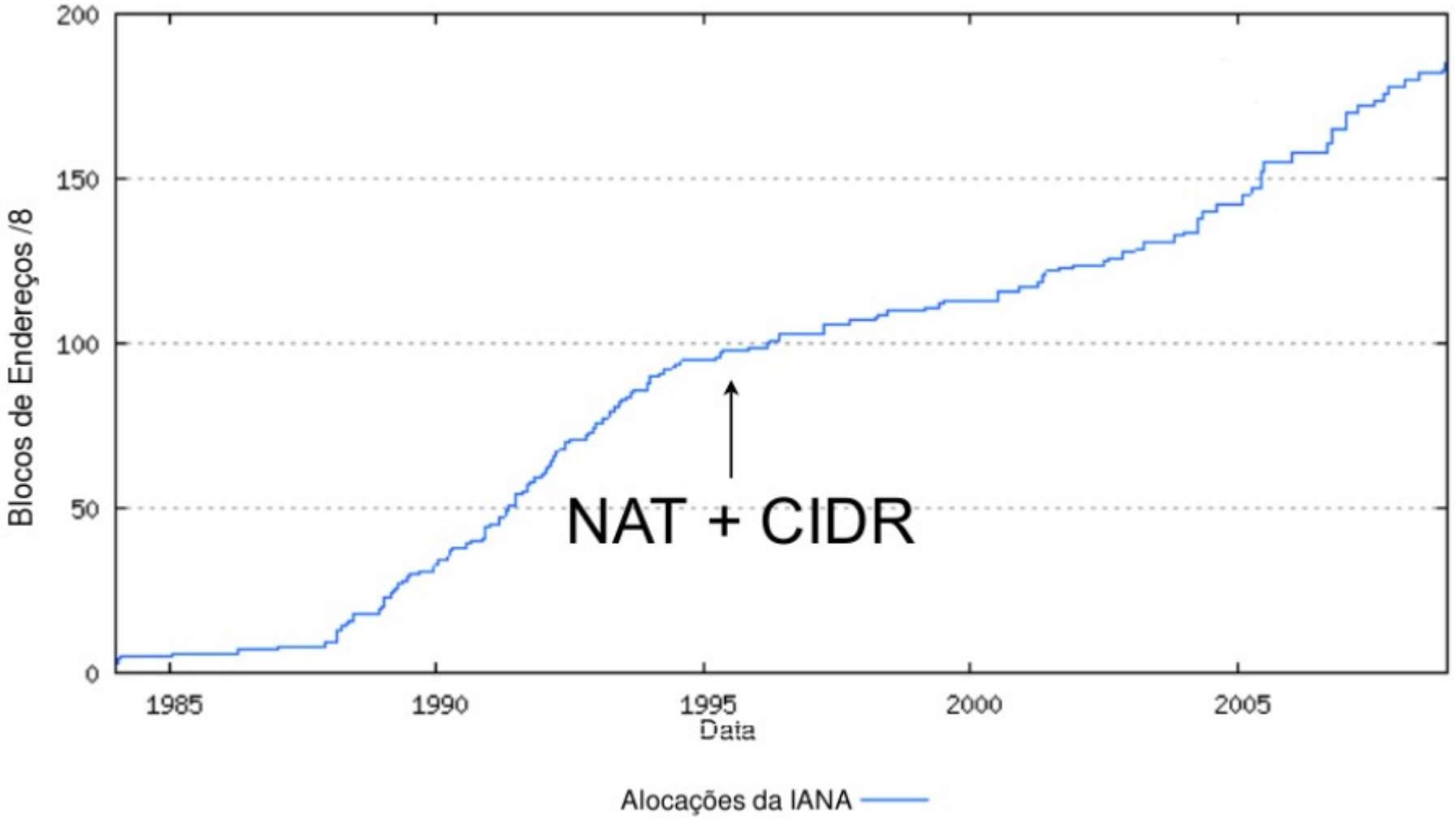
IPv6 - Contextualização

- Iniciou-se um projeto chamado IPng, que resultou no IPv6, atualmente em uso conjunto ao IPv4.
- Entretanto, algumas soluções foram necessárias para amenizar, mas não o suficiente para resolver, o problema até que o IPv6 fosse liberado.
- Entre elas: CIDR, RFC 1918, NAT e DHCP

IPv4 – esgotamento dos endereços

- O esgotamento dos endereços IPv4 ocorre desde 2011, tendo a IANA encerrado a distribuição livre no início do ano. Os RIR passaram então a adotar medidas de contenção na distribuição, tendo iniciado esse processo em 2011 na Ásia e Pacífico (APNIC); em 2012, na Europa (RIPE); em 2014 na América Latina (LACNIC); em 2015 na América do Norte (ARIN); e em 2017 na África (AFRINIC), sendo esse último estando na Fase 2 desde 2019, enquanto os demais já estão em fases mais avançadas.
- No LACNIC o gerenciamento do esgotamento de IPv4 foi dividido em 4 fases (0 a 3), tendo iniciado a fase 0 em 10/2013; e a última fase em 02/2017, com poucos endereços reservados para situações emergenciais. O estoque de endereços se encerrou em 19/8/20, sendo que novas solicitações só são atendidas após fila e com uso de blocos alocados anteriormente e recuperados ou devolvidos, que passam por um quarentena de 6 meses.
- Detalhes sobre essa alocação podem ser conferidos em: https://www.lacnic.net/1077/3/lacnic/fases-de-esgotamento-do-ipv4

IPv4 – esgotamento dos endereços



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO
Campus São João da Boa Vista

IPv6 – A solução

- IPv6 foi projetado para suprir o problema de esgotamento de endereços.
- É baseado no IPv4, mas não é apenas uma atualização, e sim um protocolo novo, que acrescenta novos recursos, mas também retira outros para melhorar desempenho e segurança.
- Por isso, precisa de equipamentos de rede e softwares compatíveis.
- Algumas vantagens no seu uso envolvem:
  - Estrutura hierárquica para facilitar roteamento.
  - Facilitar o uso de IP válido em redes domésticas.
  - Utilizar arquitetura fim a fim
  - Resolver os problemas de NAT
  - IPSec incorporado
  - ICMP aperfeiçoado
  - Conexão móvel aprimorada
  - Melhor tratamento à fragmentação dos pacotes, entre outras.

IPv6 X IPv4

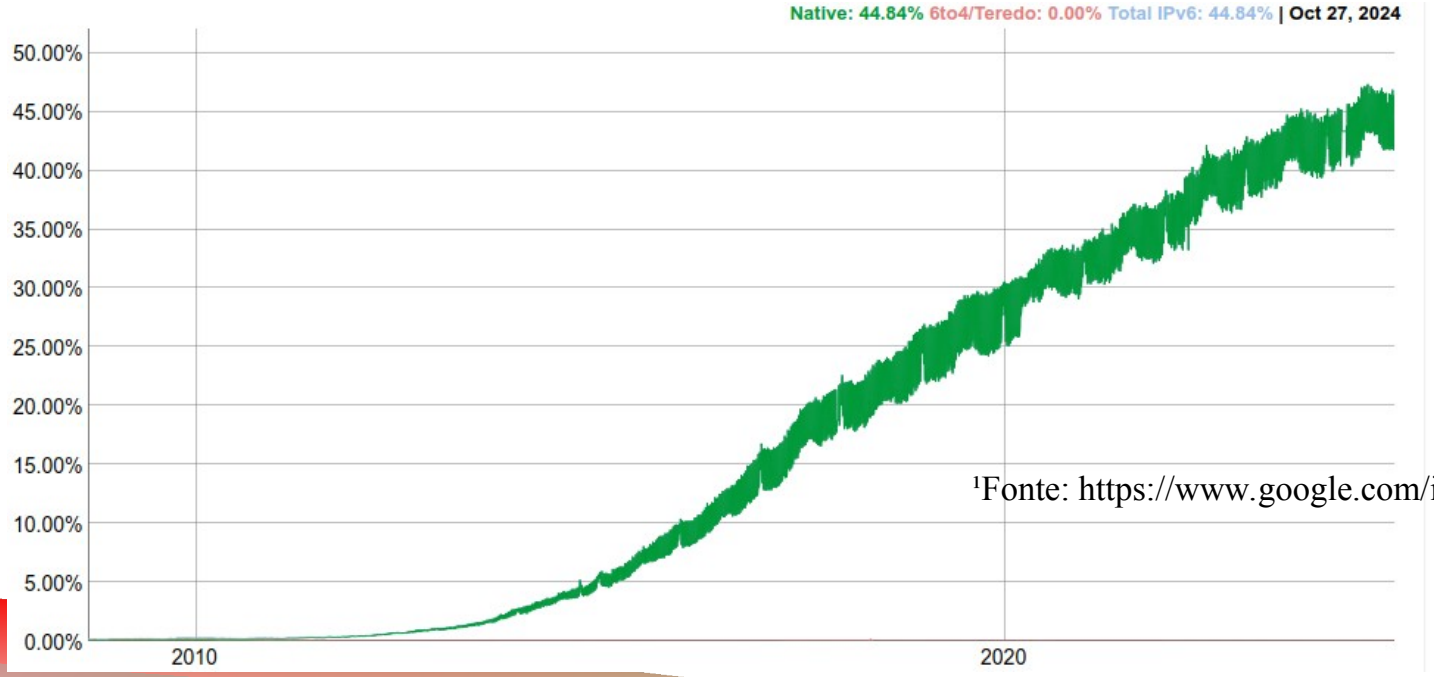
- O IPv6 possui 128 bits, o que permite 340 undecilhões de endereços, ou mais precisamente:

  340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456

- Isso equivale a 79 trilhões de vezes a quantidade disponível no IPv4, ou ainda, mais de 44 octilhões para cada habitante da terra (considerando uma estimativa de 7,7 bi de habitantes em 2019).

Implantação do IPv6

- Não há uma data de virada, a migração é gradual, sendo usados simultaneamente IPv4 e IPv6 através de mecanismos de transição (túnel, tradução e pilha dupla).
- Os principais SO's já suportam o novo protocolo há alguns anos.
- Dados[1] indicam que em 10/24 cerca de 45% do tráfego mundial é IPv6, tendo um índice de cerca de 51% no Brasil, 75% na França e Alemanha e 72% na Índia.



[1]Fonte: https://www.google.com/intl/pt-br/ipv6/statistics.html

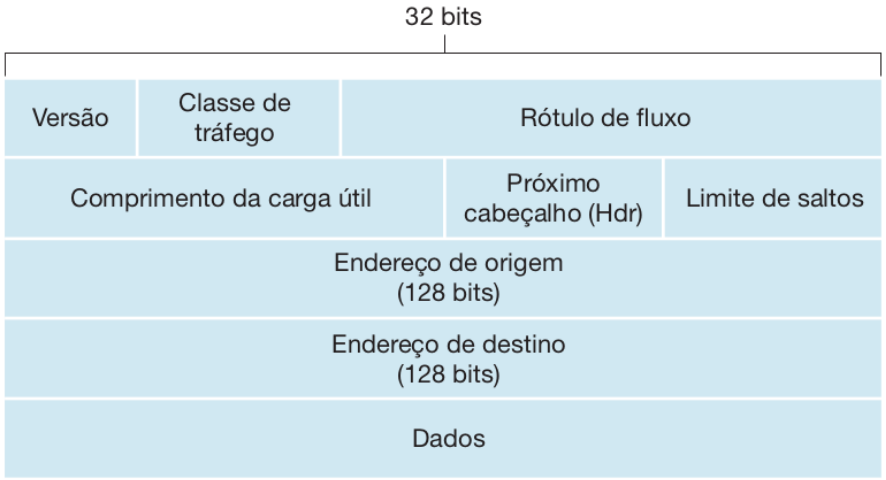
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA SÃO PAULO Campus São João da Boa Vista

IPv6 – Formato do Datagrama

- O cabeçalho do IPv6 foi aprimorado e passou a ser fixo, com 40 bytes.
- O fato de não ter tamanho variável, como no IPv4, permite processamento mais veloz do datagrama IP e uma nova codificação de opções permite um processamento de opções mais flexível.
- Permite agora identificar fluxo e prioridade, que segundo o documento da RFC 2460 é possível “rotular pacotes que pertencem a fluxos particulares para os quais o remetente requisita tratamento especial, tal como um serviço de qualidade não padrão ou um serviço de tempo real”.
- Por outro lado, campos como Fragmentação/remontagem, soma de verificação do cabeçalho e opções foram descartados, visando otimizar o desempenho.

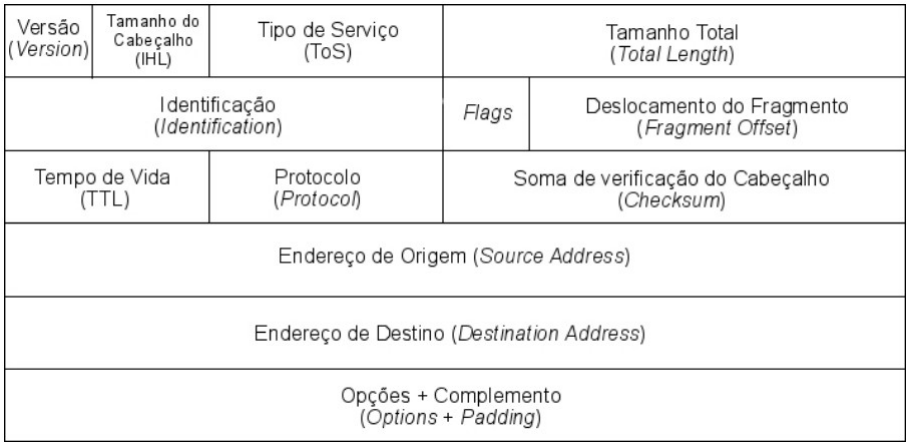
IPv6 – Formato do Datagrama

- Versão - 4 bits que identificam a versão do IP.
- Classe de tráfego - 8 bits com função semelhante de identificar tipos de serviço.
- Rótulo de fluxo - 20 bits para identificar um fluxo de datagramas.
- Comprimento da carga útil - 16 bits para definir o número de bytes no datagrama IPv6 após o cabeçalho que é fixo de 40 bytes.
- Próximo cabeçalho - identifica o protocolo ao qual o conteúdo (campo de dados) desse datagrama será entregue (ex: TCP ou UDP).
- Limite de saltos – Valor decrescido por 1 em cada roteador que o repassa. Se zerar, é descartado.
- Endereços de origem e de destino.
- Dados - carga útil.



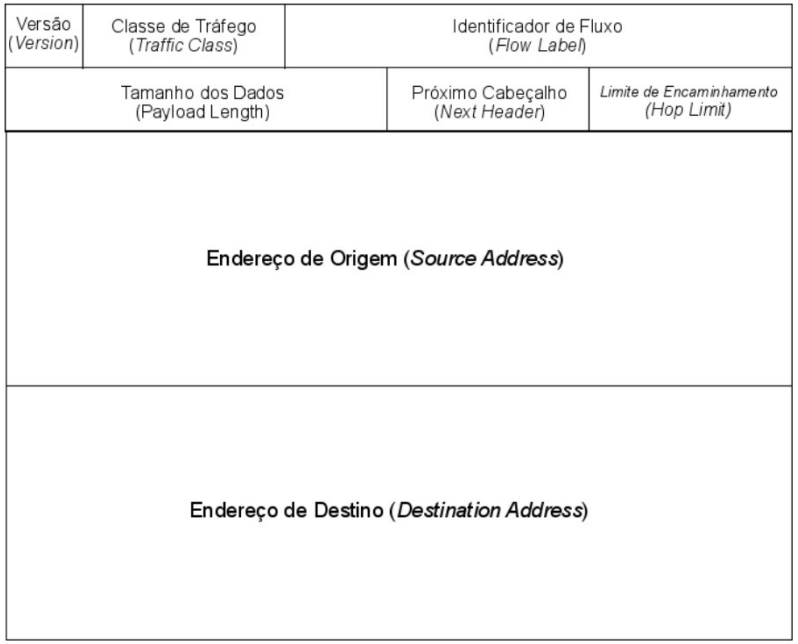
Formato dos datagramas IP

IPv4



O cabeçalho IPv4 tem 12 campos fixos, alguns de uso opcional, tornando o tamanho variável entre 20 a 60 Bytes. Estes campos informam: versão; tamanho do cabeçalho e dos dados; fragmentação; tipo dos dados; tempo de vida do pacote; protocolo da camada seguinte (TCP, UDP, ICMP); integridade dos dados; origem e destino do pacote.

IPv6



No IPv6 há 8 campos e tamanho fixo de 40 Bytes, mas é mais flexível e eficiente. Há cabeçalhos de extensão que são processados mais rapidamente. Entre as mudanças, estão a remoção de 6 campos existentes no IPv4, que ou estavam inutilizados ou são abordados por cabeçalhos de extensão.

Formato dos datagramas IP

- Algumas mudanças entre os cabeçalhos do IPv4 e IPv6 são:
  - Remoção do campo "Tamanho do Cabeçalho". No IPv6 o tamanho é fixo;
  - Campos "Identificação", "Flags", "Deslocamento do Fragmento" e "Opções e Complementos" agora estão indicadas em cabeçalhos de extensão apropriados.
  - Campo "Soma de Verificação" descartado para mais eficiência do protocolo;
  - Alguns campos renomeados e reposicionados para maior eficiência:
    - Tipo de Serviço → Classe de Serviço;
    - Tamanho Total → Tamanho dos Dados;
    - Tempo de Vida (TTL) → Limite de encaminhamento;
    - Protocolo → Próximo Cabeçalho;
  - Campo "Identificador de Fluxo" adicionado p/ suporte a QoS (Quality of Service);
  - Campos "Versão", "Endereço de Origem" e "Endereço de Destino" foram mantidos, apenas com tamanho alterado.

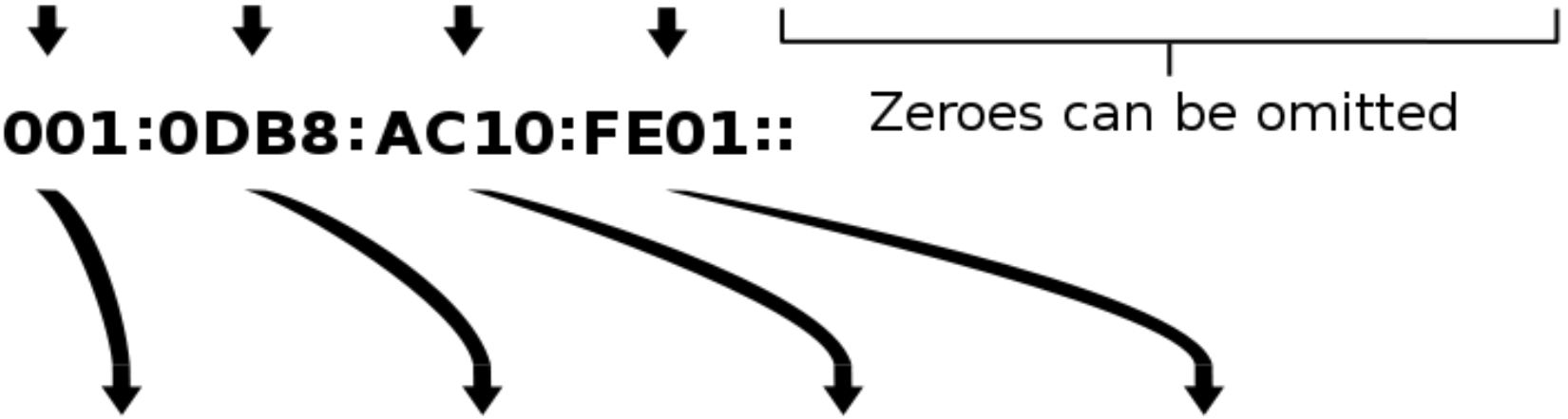
  - Mais detalhes sobre o cabeçalho podem ser vistos em: http://ipv6.br/post/cabecalho/

IPv6 - Endereçamento

- O endereço possui 128 bits, divididos em 8 grupos de 16 bits, sendo cada grupo representado por 4 valores hexadecimais.
- Para simplificar, é possível omitir zeros à esquerda. Ex:
  - 2001:**00b8**:12ff:**0000**:deca:b567:**0076**:1872
  - 2001:**b8**:12ff:**0**:deca:b567:**76**:1872
- Também pode abreviar zeros seguidos **uma única vez** (para não causar ambiguidade):
  - 2001:**0000:0000**:ca00:deca:b567:0876:1872
  - 2001**::**ca00:deca:b567:876:1872
- Assim como no IPv4 os endereços IPv6 são definidos logicamente à interface. Portanto, é possível possuir diferentes endereços em um mesmo nó.

An IPv6 address (in hexadecimal)

2001:0DB8:AC10:FE01:0000:0000:0000:0000



0010000000000001:0000110110111000:1010110000010000:1111111000000001:

0000000000000000:0000000000000000:0000000000000000:0000000000000000

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO
Campus São João da Boa Vista

IPv6 - Endereçamento

- Para representar a parte de prefixo do endereço, se usa o formato “IPv6/TamanhoPrefixo” (como o CIDR do IPv4). NÃO se usa a notação de máscara de sub-rede decimal, como o 255.255.0.0 do IPv4.
- O tamanho do prefixo varia de 0 a 128. Geralmente, se usa um prefixo /64, ou seja, 64bits para identificar a rede e 64bits para os hosts.
- Com o uso do prefixo é possível uma organização hierárquica, com divisões por regiões, provedores, rede e sub-rede. Isso facilita a criação das tabelas de rota, já que é possível agregar rotas por prefixo.

IPv6 – Tipos de endereços

- **Unicast**: endereça exclusivamente uma interface de rede IPv6. Podem ser:
  - Global Unicast;
  - Link Local;
  - Unique Local;
  - IPv4 embutido;
  - Loopback ou Não especificado.
- **Multicast:** utilizado para enviar um único datagrama IPv6 para vários destinos.
- **Anycast**: endereço que pode ser atribuído a vários dispositivos.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO
Campus São João da Boa Vista

Endereços UNICAST – Global Unicast

- **Global Unicast** - similar ao IPv4 público, é único e roteado globalmente. Atualmente, endereços atribuídos possuem 3 primeiros bits iguais a 001, ou seja: 2000::/3 (o que representa menos que 13% do total).
  - Válidos: **2000::** a **3fff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff**
  - **2001:0DB8::/32** é reservado para documentação.
- Um endereço unicast global é formado por três partes:
  - **Prefixo Global de Roteamento**: é o prefixo (parte que define a rede). Os RIRs atribuem /48 por padrão. Ex: **2001:0DB8:AAAA::/48** possui prefixo de **48 bits (2001:0DB8:AAAA)** para definir a rede.
  - **ID da Sub-Rede:** Identifica as sub-redes locais. Quanto maior a ID da sub-rede, mais sub-redes disponíveis.
  - **ID da Interface:** Define a parte do endereço equivalente ao host. Em geral, são usados /64 (Prefixo+ID da SR), então sobram /64 para ID da Interface.

2001:0DB8:AAAA:	0001:	0000:0000:0000:0001
Prefixo Global de Roteamento – 48 bits	ID da Sub-rede - 16 bits	ID da Interface – 64bits
64 bits de PREFIXO (48+16)		/64 ID da interface

Endereços UNICAST – Link local

- **Link Local** – Válido somente dentro de um mesmo enlace ao qual a interface está conectada diretamente.

- Um roteador não pode encaminhar o pacote com esse endereço para fora do enlace.
  - Prefixo FE80::/10 a FEBF/10
  - Os 64 bits reservados para a identificação da interface podem ser configurados utilizando o formato IEEE EUI-64.

Endereços UNICAST– Unique-Local Address

- Unique-local Address (ULA) – utilizado para comunicação local, não roteável na internet, mas globalmente único. O fato de ser único, permite que 2 ou mais redes locais distintas sejam interligadas sem alterações.

- Prefixo FC00::/7 a FDFF::/7
- Flag local(L): se for 1(FD) é definido localmente. Se 0(FC), é atribuído por uma organização central, ainda a definir.
- Identificador global: contém 40bits pra utilizado para criar um ID globalmente único.
- Identificador da Interface: 64bits.

- Ou seja, o endereço ULA tem formato FDUU:UUUU:UUUU:: , onde U são bits para identificação única

Outros tipos de endereços UNICAST

- IPv4 mapeado p/ IPv6 – utilizado na transição, mapeia um endereço v4 em hexadecimal;

- 0:0:0:0:0:FFFF:wxyz ou ::FFFF:wxyz

  Ex: ::FFFF:192.168.100.1

- Loopback : 0:0:0:0:0:0:0:1 ou ::1/128 (equivalente ao 127.0.0.0 do IPv4)

- Unspecified : 0:0:0:0:0:0:0:0 ou ::/128

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO
Campus São João da Boa Vista

Outros endereços reservados

- Algumas faixas de endereços também são reservadas para uso específicos:
  - 2002::/16: prefixo utilizado no mecanismo de transição 6to4;
  - 2001:0000::/32: prefixo utilizado no mecanismo de transição TEREDO;
  - 2001:db8::/32: prefixo utilizado para representar endereços IPv6 em textos e documentações.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO
Campus São João da Boa Vista

MULTICAST

- Enviado a um grupo de endereços.
- Utiliza o prefixo FF00::/8 .
- Contém 4 flags com o tempo de vida e 4 bits para definir o escopo do grupo
- 112 bits para identificar o grupo
- Implantado obrigatoriamente
- Substitui o broadcast por multicast “all nodes on link” FF02::1

INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO
Campus São João da Boa Vista

MULTICAST: Endereço – Escopo - Descrição

- FF01::1 - Interface - Todas interfaces em um nó(all-nodes)
- FF01::2 - Interface - Todos roteadores em um nó(all-routers)
- FF02::1 - Enlace - Todos nós do enlace(all-nodes)
- FF02::2 - Enlace - Todos roteadores do enlace(all-routers)
- FF02::5 - Enlace - Roteadores OSFP
- FF02::6 - Enlace - Roteadores OSPF designados
- FF02::9 - Enlace - Roteadores RIP
- FF02::D - Enlace - Roteadores PIM
- FF02::1:2 - Enlace - Agentes DHCP
- FF02::1:FFXX:XXXX - Enlace - Solicited-node
- FF05::2 - Site - Todos os roteadores em um site
- FF05::1:3 - Site - Servidores DHCP em um site
- FF05::1:4 - Site - Agentes DHCPem um site
- FF0X::101 - Variado - NTP (Network Time Protocol)

ANYCAST

- Utilizado para identificar grupos de interfaces pertencentes a nós diferentes.
- Útil para identificar servidores ou serviços.
- Possíveis utilizações:
  - Balanceamento de carga;
  - Localizar roteadores que forneçam acesso a uma determinada sub-rede;
  - Descobrir serviços na rede (DNS, proxy HTTP, etc.);
  - Utilizado em redes com suporte a mobilidade IPv6, para localizar os Agentes de Origem.

ICMPv6

- ICMPv6 é utilizado com o mesmo objetivo da v4:
  - Informar características da rede
  - Realizar diagnósticos
  - Relatar erros no processamento de pacotes
- São utilizados 2 tipos de mensagens
  - Mensagens de erro
  - Mensagens de informação
- Incorpora funções de ARP/RARP, IGMP

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO
Campus São João da Boa Vista

NDP - Neighbor Discovery Protocol

- Na camada de enlace é utilizado o endereço físico (MAC address).
- Para que haja transmissão é utilizado um processo de descoberta de vizinhança. Um host envia um pacote com o seu endereço MAC e recebe a resposta com o MAC do vizinho.
- Utiliza MULTICAST e o protocolo ICMPv6.
- Substitui o protocolo ARP e o uso de broadcast.
- Utilizado para:
  - Determinar endereço MAC
  - Encontrar roteadores vizinhos
  - Determinar prefixo e outras configurações
  - Encontrar endereços duplicados
  - Determinar acesso a roteadores
  - Redirecionar pacotes
  - Auto configuração de parâmetros de rede

Configuração automática de endereços Stateless (SLAAC)

- É utilizada para configurar de modo automático um endereço unicast sem uso de servidor DHCP, fazendo uso apenas da configuração mínima dos roteadores (baseada na configuração da interface de rede), que irão enviar mensagens anunciando seus dados. Também pode partir da requisição do novo host.
- Completa a configuração com as informações recebidas nas mensagens dos roteadores e com os endereços MAC para criar endereços link local. Utiliza o algoritmo EUI-64.
- Por ser stateless não há um servidor central para gerenciar a atribuição.

Processo EUI-64

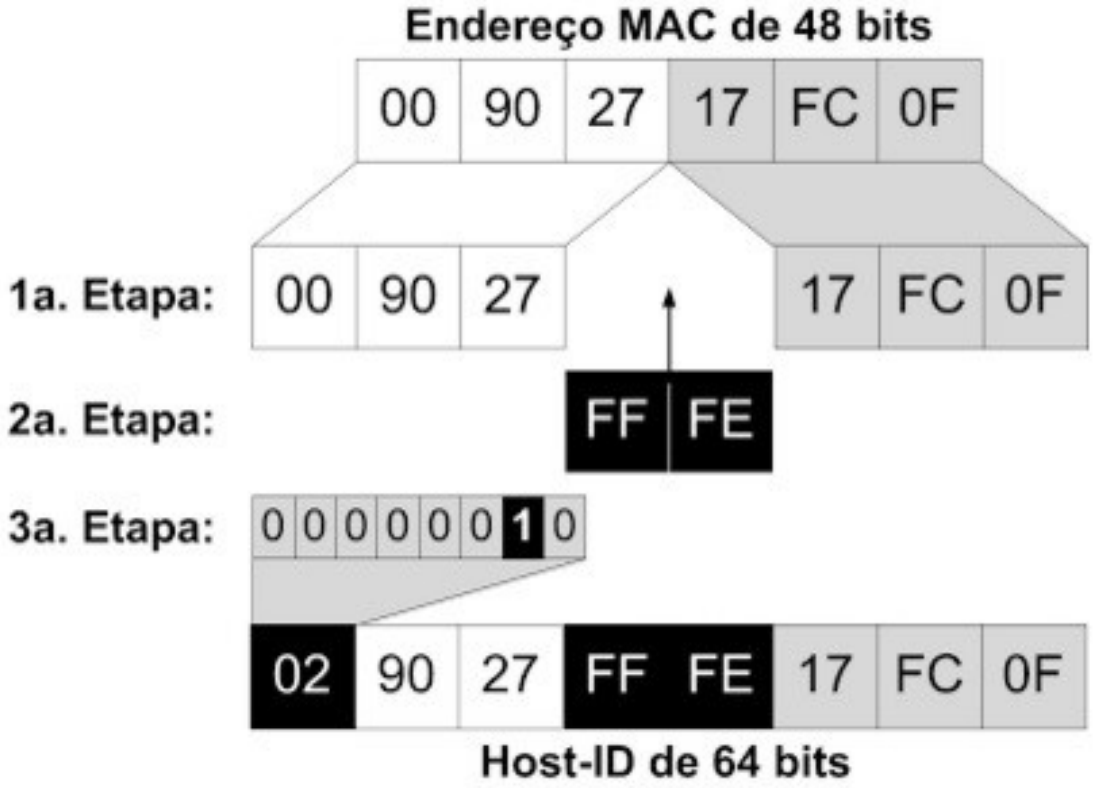


Figure 3-8 *IPv6 Address Format with Interface ID and EUI-64*

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO
Campus São João da Boa Vista

Auto configuração Statefull

- Alternativa ao stateless, depende de servidores para indicar as informações necessárias.
- Utiliza entre outros, o protocolo DHCPv6, trocando mensagens UDP.
- Vantagens em relação ao stateless:
  - Permite configurar mais opções, como DNS, NTP
  - Permite criar políticas de acesso
- As 2 opções (stateless e statefull) podem ser utilizadas juntas.

Fragmentação

- Um pacote pode passar por vários enlaces para chegar a um destino, e cada enlace pode ter uma limitação diferente (MTU – Maximum Transmit Unit).
- No IPv4 os roteadores do caminho realizam a fragmentação necessária para se adaptar ao meio.
- No IPv6 usa-se o Path MTU Discovery, que identifica de forma dinâmica qual será o tamanho máximo que o pacote poderá ter durante o caminho.
- Considera-se o tamanho de todo o caminho pelo MTU do primeiro salto.
- Se algum roteador posterior considerar o pacote muito grande, envia uma mensagem ao emissor chamada “packet too big”.
- O emissor então reduz o tamanho do pacote.
- Esse processo é repetido até que o menor MTU seja encontrado e possam ser transmitidos todos os pacotes.
- Dessa forma a mensagem só é fragmentada na origem, reduzindo o overhead no roteador causado pelo cálculo dos cabeçalhos alterados pelo caminho.

Bibliografia

- http://ipv6.br
- Kurose, J.F.; Ross, K.W. Redes de Computadores e a Internet: uma abordagem top-down. 6a edição