



PMR3412 - Redes Industriais - 2023

Aula 02 - IP (Internet Protocol)

Prof. Dr. Newton Maruyama

17 de Agosto de 2023

PMR-EPUSP

Os slides que serão utilizados nesse ano são baseados no curso desenvolvido para os anos 2020, 2021 e 2023. Participaram da concepção do curso e desenvolvimento do material os seguintes professores:

- ▶ Prof. Dr. André Kubagawa Sato
- ▶ Prof. Dr. Marcos de Sales Guerra Tsuzuki
- ▶ Prof. Dr. Edson Kenji Ueda
- ▶ Prof. Dr. Agesinaldo Matos Silva Junior
- ▶ Prof. Dr. André César Martins Cavalheiro

1. Revisão
2. Camada de Internet: IP
3. IPv6
4. Referências

Revisão

OSI

7. Aplicação

6. Apresentação

5. Sessão

4. Transporte

3. Rede

2. Enlace

1. Física

TCP/IP

4. Aplicação

3. Transporte

2. Internet

1. Enlace
(Interface com Rede)

Ex.

HTTP, FTP,
Telnet, DNS

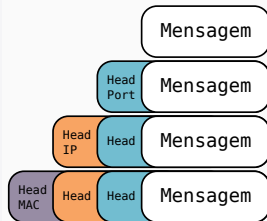
TCP, UDP

IP

Ethernet

Dados

(simplificado)



Bits: 100001011011...

Camada de Internet: IP

- ▶ Protocolo da camada 2 do TCP/IP, que permite comunicação entre redes (*internet*) ao abstrair a rede física através de uma concepção de redes virtuais.
- ▶ IP é um protocolo sem conexão (*connectionless*), isto é, não requer que haja estabelecimento de conexão entre os pontos extremos.
- ▶ Não garante a entrega de dados enviados, isto é, pacotes podem ser perdidos, entregues fora de ordem ou duplicados.
- ▶ O controle de entrega de dados é feito em camadas superiores.

- ▶ O endereço IP é representado por um número de 32-bits sem sinal. O mais comum é representá-lo em decimal, cada octeto separado por ponto, como por exemplo:

9.167.5.8

- ▶ Algumas vezes estamos interessados na representação binária equivalente:

00001001.10100111.00000101.00001000

- ▶ A navegação na internet é geralmente realizada utilizando um endereço simbólico, como por exemplo, poli.usp.br. O serviço que faz a conversão deste endereço simbólico para o endereço IP é denominado *Domain Name System* (DNS).

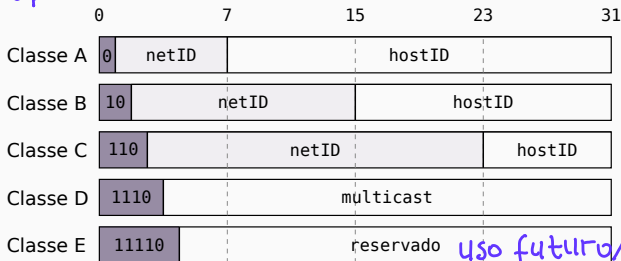
↳ IP = 200.144.254.91

- ▶ O endereço IP é dividido em duas partes, como mostrado abaixo:

Endereço IP = <número da rede><número do host>

Protocolo IP - Classes

multicast: tipo de broadcast em área limitada (apenas classe D)



uso futuro/
experimental

Classe	1° Octeto	Máscara de Rede	Núm. Redes	Núm. Hosts
A	1 - 127	255.0.0.0	126	16.777.214
B	128 - 191	255.255.0.0	16.382	65.534
C	192 - 223	255.255.255.0	2.097.150	254
D	224 - 239			
E	240 - 254			

> 2 bi
> 1 bi
> 0.5 bi

Endereços reservados:

- ▶ <número do host> ← todos os bits 0: este host,
- ▶ <número da rede> ← todos os bits 0: esta rede,
- ▶ <número da rede> ← todos os bits 1: todas as redes,
- ▶ <número do host> ← todos os bits 1: todos os hosts, endereço de *broadcast* da rede, Ex: 128.2.255.255 todos os hosts da rede 128.2
- ▶ 127.0.0.1: endereço para a interface de *loopback*. Esta interface processa os dados apenas no sistema local.

Endereços Privados:

- ▶ Classe A: 10.0.0.0 - 10.255.255.255,
- ▶ Classe B: 172.16.0.0 - 172.31.255.255,
- ▶ Classe C: 192.168.0.0 - 192.168.255.255.

- ▶ Divisão de uma rede em partes menores: sub-redes.
- ▶ A utilização de sub-redes é uma decisão do administrador local.
- ▶ A utilização de sub-redes implica em adicionar mais uma subdivisão no endereço IP:

Endereço IP = <número da rede><número da sub-rede><número do host>

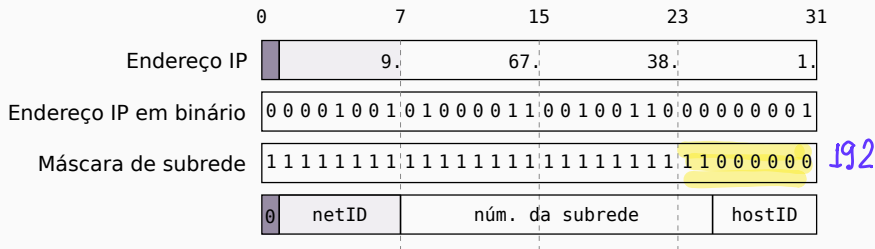
- ▶ A divisão é definida pela máscara de sub-rede, que é representada por um número de 32 bits, assim como o endereço IP.
- ▶ Para cada sub-rede, o primeiro e último endereços da sub-rede são reservados.

0's 1's

Protocolo IP - Máscara de Sub-rede (Exemplo)

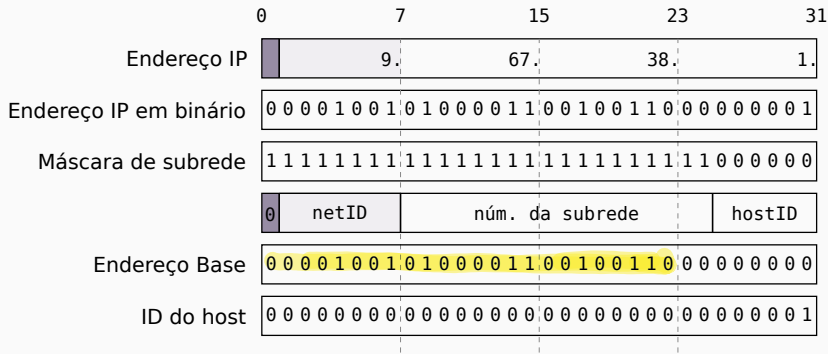
- ▶ Para uma máscara de sub-rede:
 - ▶ bit 0: indica posição relativa ao <número do host>;
 - ▶ bit 1: indica posição relativa ao <número da sub-rede> e posições relativas ao <número da rede> original;
 - ▶ Exemplo:

subnet mask: 255.255.255.192



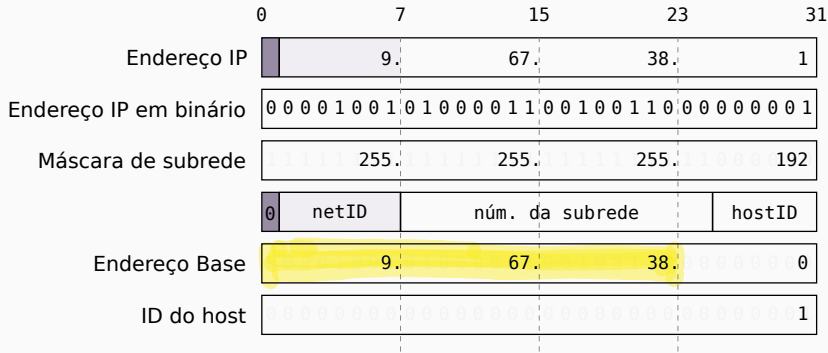
Protocolo IP - Máscara de Sub-rede (Exemplo)

- ▶ Para uma máscara de sub-rede:
 - ▶ bit 0: indica posição relativa ao <número do host>;
 - ▶ bit 1: indica posição relativa ao <número da sub-rede> e posições relativas ao <número da rede> original;
 - ▶ Exemplo:



Protocolo IP - Máscara de Sub-rede (Exemplo)

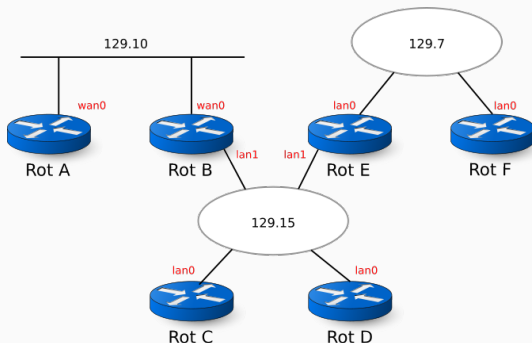
- ▶ Para uma máscara de sub-rede:
 - ▶ bit 0: indica posição relativa ao <número do host>;
 - ▶ bit 1: indica posição relativa ao <número da sub-rede> e posições relativas ao <número da rede> original;
 - ▶ Exemplo:



Protocolo IP - Roteamento

- ▶ O roteamento é um dos principais mecanismos do protocolo IP, pois permite que redes físicas distintas se interconectem.
- ▶ Existem dois tipos de roteamentos IP:
 - ▶ direto: destino está na mesma rede física que o *host* de origem, ou
 - ▶ indireto: destino não está conectado a uma rede diretamente atrelada ao *host* de origem.
- ▶ A tabela de roteamento armazenas as rotas diretas, indiretas (para o próximo gateway/roteador) e uma rota padrão.

gateway = router



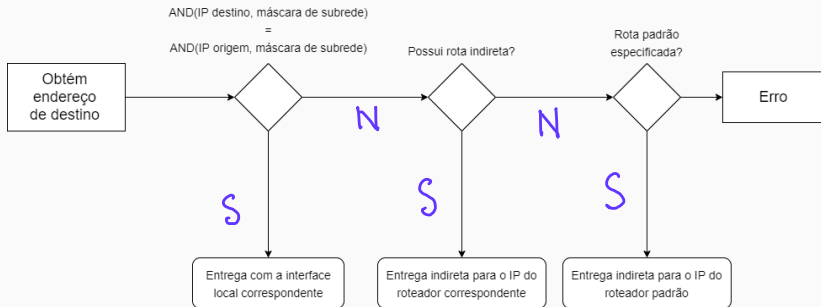
Rot D

Destino	Roteador	Interface
129.7.0.0	E	lan0
129.15.0.0	D	lan0
129.10.0.0	B	lan0
default	B	lan0
127.0.0.1	loopback	loop

Rot F

Destino	Roteador	Interface
129.7.0.0	F	lan0
default	E	lan0
127.0.0.1	loopback	lo

origem = destino ?



- ▶ *Classless Inter-Domain Routing*: não utiliza classes (A, B, C, D, E).
- ▶ Deste modo, o CIDR mais flexível, uma vez que não é dependente do número de hosts disponível para cada classe.
- ▶ Também evita a “explosão da tabela de roteamento”, podendo agregar múltiplas redes de classe C.
- ▶ Por exemplo, podemos definir uma rede que vai de 192.32.136.0 até 192.32.143.255, que engloba múltiplas classes C, com o par:
 - ▶ endereço_ip: 192.32.136.0;
 - ▶ máscara_de_rede: 255.255.248.0.
- ▶ Ou, na notação CIDR:

192.32.136.0/21

136 } são
: } agrupados
143 } na mesma
rede

Exemplo (Figura 3-15 pág. 96 do livro texto):

```
11000000 00100000 10001000 00000000 = 192.32.136.0 (Class C address)
11111111 11111111 11111--- - - - - - 255.255.248.0 (network mask)
===== logical_AND
11000000 00100000 10001--- - - - - - = 192.32.136 (IP prefix)

11000000 00100000 10001111 00000000 = 192.32.143.0 (Class C address)
11111111 11111111 11111--- - - - - - 255.255.248.0 (network mask)
===== logical_AND
11000000 00100000 10001--- - - - - - = 192.32.136 (same IP prefix)
```

- ▶ Cabeçalho do Datagrama IPv4.
- ▶ Confira a subseção 3.1.9 do livro texto para mais detalhes.

0	7	15	23	31
VERS	HLEN	Service Type	Total Length	
ID		FLG	Fragment Offset	
TTL	Protocol	Header Checksum		
Source IP Address (origem)				
Destination IP Address (destino)				
IP Options		Padding		
Data ...				

poli.usp.br → IP = 200.144.254.91

comandos

ping

ifconfig -a

nslookup

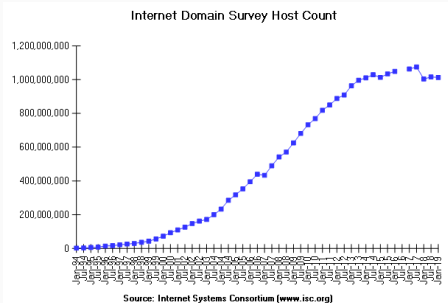
curl poli.usp.br

filtro Wireshark: http && ip.src == 200.144.254.91
&& ip.dst ==

ip.dst : endereço local ?

Protocolo IP - O Problema do Esgotamento de Endereços IP

- ▶ Desde a década de 1990 é difundida a ideia de que os endereços livres IPv4 vão se esgotar.
- ▶ Apesar do número de combinações para endereços IPs ser maior do que 4 bilhões, os endereços são divididos em dois campos: endereço de rede e host, o que restringe a flexibilidade.
- ▶ Cada uma das classes: A, B, C, D e E, possuem restrições específicas. A classe A, por exemplo, permite um grande número de hosts na mesma rede, mas somente 126 endereços de rede.



Fonte: Internet Systems Consortium, Inc. (<https://www.isc.org/>).

IPv6

- ▶ O prolongamento do Protocolo IPv4, no contexto de endereçamento, foi possível com mecanismos como o NAT (Network Address Translation, será visto na aula seguinte) mas que não foi proposto como uma solução definitiva.
- ▶ A solução definitiva, para endereçamentos, veio na forma do Protocolo IPv6, que utiliza endereços de 128-bits (contra 32-bits do IPv4), 8 blocos de 16 bits ¹. Isso resulta em um total de 340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456 (!!!) endereços.
- ▶ Um exemplo de endereço IPv6 é o seguinte:

FE80:0000:0000:0000:0001:0800:23E:F5DB

- ▶ Os zeros à esquerda podem ser omitidos e uma sequência de zeros pode ser substituída por ::, o que resulta em:

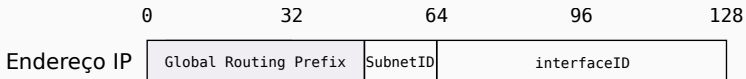
FE80::1:800:23E:F5DB

¹decahexateto ou duocteto

- ▶ Assim como no IPv4, um endereço IPv6 é estruturado e, por isso, pode ser dividido em partes:

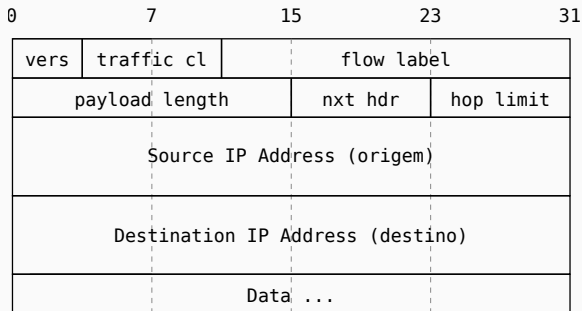
Endereço IPv6 =< Global routing prefix >< Subnet ID >< Interface ID >

- ▶ Em teoria, os tamanhos podem variar, mas na sua implementação é definido 48 bits para o *Global routing prefix* e 16 bits para o identificador da Subnet.



- ▶ Alguns endereços *unicast* especiais:
 - ▶ `::1`: endereço de loopback;
 - ▶ `fe80::/10`: endereço de *link* local, que só pode ser utilizado na rede física que o *host* está conectado;
 - ▶ `fc00::/7`: similar aos endereços privados da versão 4, não podem ser roteados para a internet.

Protocolo IPv6 - Cabeçalho



- ▶ Para facilitar a transição do IPv4 para o IPv6, algumas estratégias foram traçadas:
 - ▶ Implementação de duplo empilhamento com IPv4 e IPv6: cada nó pode receber/enviar pacotes IPv6 ou datagramas IPv4.
 - ▶ Inclusão de endereços IPv4 em endereços IPv6: espaço de endereços reservados em IPv6 para mapeamento com endereços IPv4.
 - ▶ Túneis IPv6: servidores nas extremidades encapsulam/descapsulam mensagens IPv6 em datagramas IPv4. Assim, o caminho a ser percorrido pela datagrama pode passar por redes IPv4.

Terminologia:

IPv4: "datagramas"

IPv6: "pacotes"

Referências

- ▶ Para o curso: livro da IBM “TCP/IP Tutorial and technical overview” (disponível em <https://www.redbooks.ibm.com/redbooks/pdfs/gg243376.pdf>).
- ▶ **Para esta aula: seções 3.1 (exceto 3.1.7), 9.1, 9.2, 9.7, 9.8.**

The End!