



## **PMR3412 - Redes Industriais - 2021**

### Aula 02 - O que é IP?

---

Prof. Dr. André Kubagawa Sato

Prof. Dr. Marcos de Sales Guerra Tsuzuki

26 de Agosto de 2021

PMR-EPUSP

## 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

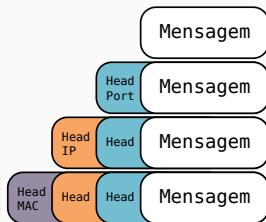
TCP, UDP

IP

Ethernet

## Dados

(simplificado)



Bits: 100001011011...

## Canada de Internet: IP

---

- ▶ Protocolo da camada 2 do TCP/IP, que permite comunicação entre redes (*internet*) ao abstrair a rede física através de uma visão de redes virtuais.
- ▶ IP é um protocolo sem conexão, isto é, não requiere que haja um estabelecimento de conexão entre os pontos de extremidades.
- ▶ Não garante a entrega de dados enviados, isto é, pacotes podem ser perdidos, entregues fora de ordem ou duplicados. O protocolo IP assume que protocolos de camadas mais acima providenciem este controle.

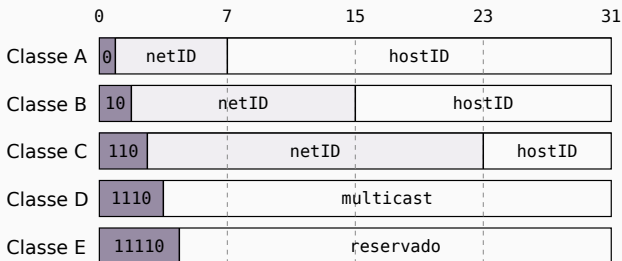
- ▶ O endereço IP é representado por um número de 32-bits sem sinal. O mais comum é representá-lo em decimal, cada octeto separado por vírgula, como, por exemplo:

9.167.5.8

- ▶ No entanto, a navegação na internet é geralmente realizada com um nome simbólico, como `www.polí.usp.br`. O serviço que faz a conversão deste nome para o endereço IP se chama *Domain Name System* (DNS).
- ▶ O endereço IP é dividido em duas partes, como mostrado abaixo:

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

## Protocolo IP - Classes



Classe	1º 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			

### Endereços reservados:

- ▶ <número do host>  $\leftarrow$  bits 0: este host;
- ▶ <número da rede>  $\leftarrow$  bits 0: esta rede;
- ▶ <número da rede>  $\leftarrow$  bits 1: todas as redes;
- ▶ <número do host>  $\leftarrow$  bits 1: todos os hosts, endereço de *broadcast* da rede;
- ▶ 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 uma rede em partes menores, as sub-redes.
- ▶ Criação de sub-rede implica em mais uma subdivisão no endereço IP:

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

- ▶ Divisão é definida pela máscara de subrede, que é representada por um número de 32 bits, assim como o endereço IP.
- ▶ Para cada subrede, a primeira e a última posição são reservadas, assim como o primeiro e último endereços da subrede.

## Protocolo IP - Máscara de Subrede (Exemplo)

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

	0	7	15	23	31
Endereço IP	9.	67.	38.	1.	
Endereço IP em binário	0 0 0 0 1 0 0 1	0 1 0 0 0 0 1 1	0 0 1 0 0 1 1 0	0 0 0 0 0 0 0 1	
Máscara de subrede	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 0 0 0 0 0 0	
	0	netID	núm. da subrede		hostID

## Protocolo IP - Máscara de Subrede (Exemplo)

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

	0	7	15	23	31
Endereço IP	0	9.	67.	38.	1.
Endereço IP em binário	0 0 0 0 1 0 0 1	0 1 0 0 0 0 1 1	0 0 1 0 0 1 1 0	0 0 0 0 0 0 0 1	
Máscara de subrede	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 0 0 0 0 0 0	
	0	netID	núm. da subrede		hostID
Endereço Base	0 0 0 0 1 0 0 1	0 1 0 0 0 0 1 1	0 0 1 0 0 1 1 0	0 0 0 0 0 0 0 0	
ID do host	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 1	

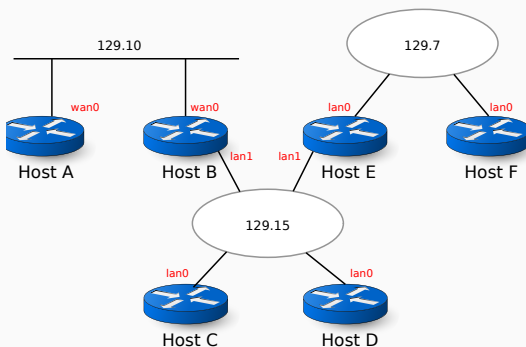
## Protocolo IP - Máscara de Subrede (Exemplo)

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

	0	7	15	23	31
Endereço IP	9. 67. 38. 1				
Endereço IP em binário	0 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1				
Máscara de subrede	255. 255. 255. 192				
	0	netID	núm. da subrede		hostID
Endereço Base	9. 67. 38. 0				
ID do host	1				

## 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.



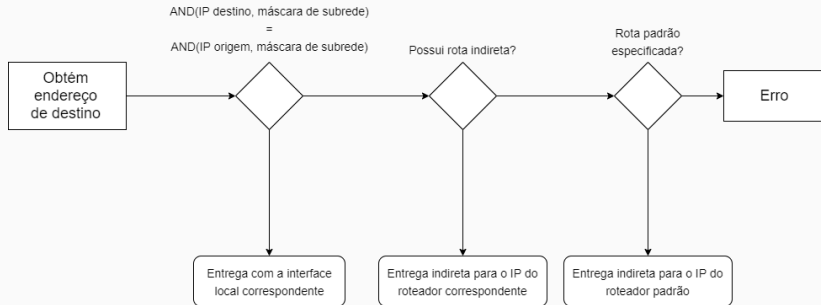
Host D

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

Host F

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

## Protocolo IP - Algoritmo de Roteamento



- ▶ *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

- Confira 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 ...				



# Protocolo IP - Datagrama IP (Exemplo)

The image shows a Wireshark capture of an HTTP GET request and its corresponding IP packet details.

**Packet List:**

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Autonomous System	Info
67	53.369040	10.1.1.1	10.1.1.100	HTTP	416		GET / HTTP/1.1
69	53.376328	10.1.1.100	10.1.1.1	HTTP	782		HTTP/1.1 200 OK (text/html)
78	53.774216	10.1.1.1	10.1.1.100	HTTP	407		GET /gns3.png HTTP/1.1
96	53.822801	10.1.1.100	10.1.1.1	HTTP	685		HTTP/1.1 200 OK (PNG)
101	53.892217	10.1.1.1	10.1.1.100	HTTP	321		GET /favicon.ico HTTP/1.1
103	53.898230	10.1.1.100	10.1.1.1	HTTP	458		HTTP/1.1 404 Not Found (text/html)

**Packet Details:**

**Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.1.1, Dst: 10.1.1.100**

- 0100 .... = Version: 4
- .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
- ▼ Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
- 0000 00.. = Differentiated Services Codepoint: Default (0)
- .... ..00 = Explicit Congestion Notification: Not ECN-Capable Transport (0)
- Total Length: 402
- Identification: 0x5b79 (23417)
- > Flags: 0x4000, Don't fragment

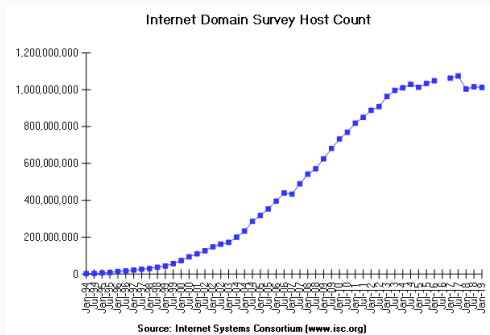
**Packet Bytes:**

Offset	Hex	ASCII
0000	36 e4 5c 40 91 a2 00 0c 29 8f dc d7 08 00 45 00	6·\@·...·)·...E·
0010	01 92 5b 79 40 00 00 06 87 86 0a 01 01 01 0a 01	··[y@·...·...·
0020	01 64 c2 0c 00 50 5a b9 aa 12 3d 6b 54 35 50 18	··d·...PZ·...·kTSP·
0030	04 00 62 0b 00 00 47 45 54 20 2f 20 48 54 54 50	··b·...GE T / HTTP
0040	2f 31 2e 31 0d 0a 41 63 63 65 70 74 3a 20 74 65	/1.1·Ac cept: te
0050	78 74 2f 68 74 6d 6c 2c 61 70 70 6c 69 63 61 74	xt/html, applicat
0060	69 6f 6e 2f 78 68 74 6d 6c 2b 78 6d 6c 2c 61 70	ion/xhtml+xml,ap
0070	70 6c 69 63 61 74 69 6f 6e 2f 78 6d 6c 3b 71 3d	plicatio n/xml;q=
0080	30 2e 39 2c 2a 2f 2a 3b 71 3d 30 2e 38 0d 0a 41	0.9,*/*; q=0.8·A

**Summary:** Internet Protocol Version 4 (IP), 20 byte(s) | Packets: 784 · Displayed: 6 (0.8%) | Profile: EIGRP

## Protocolo IP - O Problema do Esgotamento de Endereços IP

- ▶ Desde de a década de 1990, já é difundida a ideia de que o número de endereços IPv4 vão se esgotar.
- ▶ Apesar do número de combinações para endereços IPs ser de mais de 4 bilhões, tem que ser levado em consideração que este é dividido em duas partes (rede e host), como visto antes.
- ▶ Isto sem contar na divisão por classes (A, B, C, D e E), além da atribuição de endereços para redes que nem estão conectadas na internet.



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

## IPv6

---

- ▶ O prolongamento do IPv4 foi possível com mecanismos como o NAT, que veremos nas próximas aulas, que não foi proposto como uma solução definitiva.
- ▶ A solução definitiva veio na forma do IPv6, que utiliza endereços de 128-bits (contra 32-bits do IPv4). 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

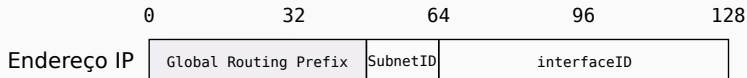
- ▶ Os zeros à esquerda podem ser omitidos e a uma sequência de zeros pode ser substituída por ::, o que resulta em:

FE80::1:800:23E:F5DB

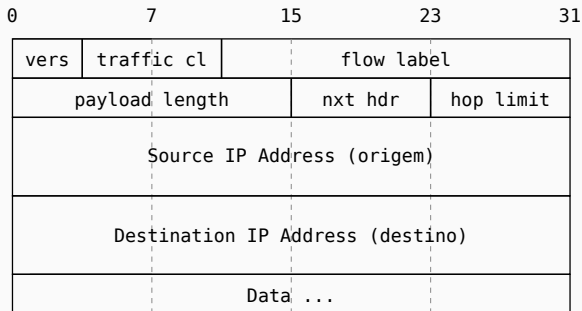
- Assim como no IPv4, um endereço IPv6 é estruturado e, por isso, pode ser dividido em partes, no seguinte formato:

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

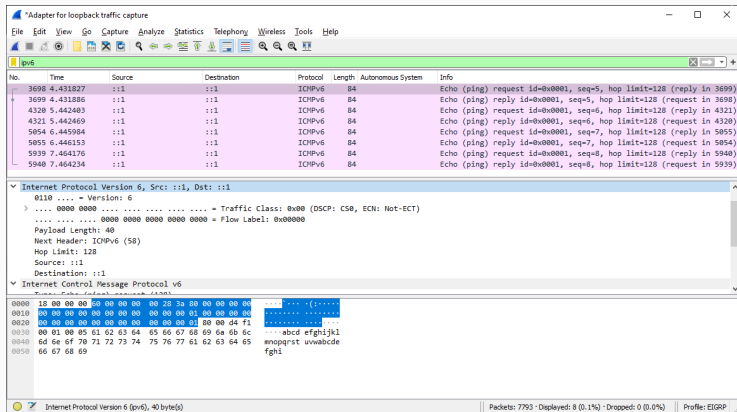
- Em teoria, os tamanhos podem variar, mas na sua implementação é definido 48 bits para o *Global routing prefix* e 16 bits para o identificador da Subnet.



- 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 (Exemplo)



- ▶ 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.



## 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: capítulos 3.1 (exceto 3.1.7), 9.1, 9.2, 9.7, 9.8.

The End!