

# Roteamento IP e Sub-redes

## 1.0. Introdução

Ao longo dos últimos anos, a Internet passou por duas dificuldades principais de escala ao sofrer um crescimento ininterrupto: o esgotamento do espaço dos endereços IPv4 e rotear tráfegos através do número cada vez maior de redes ligadas à Internet.

- A primeira dificuldade enfrenta barreiras como:

32

- Limite de endereços IP, apenas  $2^{32}$  (4.294.967.296) endereços IPv4 (32 bits) disponíveis
  - Certas porções do espaço de endereços IP não foram eficientemente alocados
  - Limite de endereços IP do modelo tradicional de endereçamento por classes
  - Com o aumento significativo da população mundial que deseja ter seu endereço IP, a quantidade finita de números IPs será esgotado
- A segunda dificuldade encontra barreiras, como:
    - O rápido aumento do tamanho das tabelas de roteamento da Internet
    - Os roteadores dos backbones (espinha dorsal) devem manter sempre informações completas do roteamento da Internet
      - O crescimento das tabelas de roteamento através dos últimos anos (2.190 rotas em dezembro de 1990, 8.500 rotas em dezembro de 1992, e mais de 30.000 rotas em dezembro de 1995).

## 2.0. Classes IP

Quando o IP foi padronizado em Setembro de 1981, foi especificado que para cada sistema ligado a Internet deveria ser associado um valor único de endereço de 32 bits. Alguns sistemas, como roteadores que tem interface com mais de uma rede, deveria ser associado um único endereço IP para cada interface de rede.

A primeira parte de um endereço de Internet identifica a rede em que um host está, enquanto a segunda parte identifica o próprio host na rede. Desta forma, foi criada a hierarquia de endereçamento de dois níveis.

Recentemente, o campo do número de rede foi chamado de "prefixo de rede" porque a porção dominante de cada endereço IP identifica o número da rede. Todos os hosts de uma rede compartilham o mesmo prefixo de rede mas devem ter um único host-number. Desta forma, quaisquer dois hosts em diferentes redes devem ter prefixos de rede diferentes mas podem ter o mesmo host-number.

## 2.1. Classes Primárias

De forma a prover flexibilidade para suportar tamanhos de rede diferentes, decidiu-se que o espaço de endereço IP deve ser dividido em três diferentes classes de endereços: classe A, classe B, classe C. Cada classe fixa o limite entre o prefixo de rede e o host-number em diferentes pontos entre os 32 bits de endereço. As classes fundamentais de endereços são mostradas abaixo:

<b>Classe A → 24 Bits → IPs: de 1 a 126</b>			
Rede	Host	Host	Host
<b>Classe B → 16 Bits → IPs: de 128 a 191</b>			
Rede	Rede	Host	Host
<b>Classe C → 8 Bits → IPs: de 192 a 223</b>			
Rede	Rede	Rede	Host

A primeira parte de um endereço de Internet identifica a rede, enquanto a segunda parte identifica o próprio host na rede. Desta forma, foi criada a hierarquia de endereçamento de dois níveis. Cada segmento da figura acima representa um dos quatro octetos, do endereço IP, conforme representação binária abaixo:

<b>Octeto</b>							
10000000	01000000	00100000	00010000	00001000	00000100	00000010	00000001
2 <sup>7</sup>	2 <sup>6</sup>	2 <sup>5</sup>	2 <sup>4</sup>	2 <sup>3</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>
128	64	32	16	8	4	2	1

## 2.2. Prefixo de Rede

Recentemente, o campo do número de rede foi chamado de "prefixo de rede" porque a porção dominante de cada endereço IP identifica o número da rede. Todos os hosts de uma rede compartilham o mesmo prefixo de rede mas devem ter um único host-number. Desta forma, quaisquer dois hosts em diferentes redes devem ter prefixos de rede diferentes mas podem ter o mesmo host-number.

Classe A → 24 Bits	
Número ou prefixo de Rede	Número de Host
Classe B → 16 Bits	
Número ou prefixo de Rede	Número de Host
Classe C → 8 Bits	
Número ou prefixo de Rede	Número de Host

Uma das principais características das classes de IP é que cada endereço contém uma chave própria que identifica o ponto de divisão entre o prefixo de rede e o host-number.

## 2.3. Endereços IPv4

Os endereços IPv4 consistem de endereços de 32 bits divididos em 4 octetos e uma máscara de sub rede do mesmo tamanho. Há três tipos de redes "*classful*"

Classe	Bits iniciais	Início	Fim	Máscara de Sub-rede padrão	Notação CIDR
A	0	1.0.0.1	126.255.255.253	255.0.0.0	/8
B	10	128.0.0.1	191.255.255.254	255.255.0.0	/16
C	110	192.0.0.1	223.255.255.254	255.255.255.0	/24

O primeiro octeto 127 não pertence à Classe A, pois é utilizado para LOOPBACK, quando ajustado o **localhost** para **127.0.0.0** e feito a operação do **loopback** realizando um **ping** em 127.0.0.1, que será o espelho da máquina que está gerando este ping. Utiliza-se o loopback para testes de placas de rede e cabeamento entre o host e o switch. Portanto:

- A **classe A** vai de **1 a 126** no primeiro octeto. No primeiro octeto quando se define 127, é LOOPBACK para o endereço 127.0.0.1, com o localhost definido como 127.0.0.0;
- A **classe B** vai de **128 a 191** no primeiro octeto;
- A **classe C** vai de **192 a 223** no primeiro octeto.

A **classe D** vai de **224 a 239** no primeiro octeto - classe restrita, reservada para Multicast; a **classe E** vai de **240 a 255** no primeiro octeto - classe restrita, reservada para pesquisas.

Uma rede "*classful*" é uma rede que possui uma máscara de rede 255.0.0.0, 255.255.0.0 ou 255.255.255.0.

## 2.4. Rede Classe A (/8)

Cada endereço de rede classe A possui um prefixo de rede de **8 bits**, com o bit mais significativo em **0** e um número de rede de **7** bits, seguido por um host-number de 24 bits. Hoje estas redes são mais usualmente chamadas de **/8**. Da rede Classe A, podemos destacar:

- Número máximo de **redes**:  $2^7 - 2$  redes /8. Esta subtração por 2 se dá devido ao fato de que o endereço 0.0.0.0 é reservado para uso como a rota default e o endereço 127.0.0.0 (também escrito como 127/8 ou 127.0.0.0/8) é reservado para a função de "loopback".
- Número máximo de **hosts**:  $2^{24} - 2$  hosts por rede. Este cálculo se dá devido ao fato de que os host-numbers **tudo zero** ("própria rede") e **tudo um** ("broadcast") não devem ser associados à hosts individuais.

Uma vez que o conjunto dos endereços **/8** contém  $2^{31}$  (2.147.483.648)

endereços individuais e o espaço de endereços IPv4 contém no máximo  $2^{32}$  (4.294.967.296) endereços, **os endereços /8 representam 50% do total do IPv4.**

## 2.5. Rede Classe B (/16)

Cada endereço de rede classe B possui 16 bits de prefixos de rede com os dois bits mais significativos como 1-0 e os 14 bits do número de rede, seguido por 16 bits de host-number. Podem ser definidos:

- Número máximo de redes:  $2^{14}$  = 16.384 redes /16.
- Número máximo de hosts:  $2^{16}$  = 65.534 hosts por rede.

Já que o conjunto dos endereços /16 contém  $2^{30}$  (1.073.741.824) endereços individuais, o espaço de endereços IPv4 contém no máximo  $2^{32}$  (4.294.967.296) endereços, os endereços /16 representam 25% do total do IPv4.

## 2.6. Rede Classe C (/24)

Cada endereço de rede classe C possui 24 bits de prefixos de rede com os três bits mais significativos como 1-1-0 e 21 bits do número de rede, seguido por 8 bits de host-number. Podem ser definidas no máximo:

- Número máximo de redes:  $2^{21}$  redes /24.
- Número máximo de hosts:  $2^8 - 2$  hosts por rede.

O conjunto dos endereços /24 possuem  $2^{29}$  (536.870.912) endereços individuais e o espaço de

endereços IPv4 contém no máximo  $2^{32}$  (4.294.967.296) endereços, assim sendo, os endereços /24 representam 12,5% do total do IPv4.

A tabela abaixo define a gama de valores em decimais que podem ser associadas para cada uma das três classes principais de endereços. O "xxx" representa cada octeto do campo do host-number que é definido pelo administrador da rede local.

Address Class	Dotted-Decimal Notation Ranges
A (/8)	1.xxx.xxx.xxx through 126.xxx.xxx.xxx
B (/16)	128.0.xxx.xxx through 191.255.xxx.xxx
C (/24)	192.0.0.xxx through 223.255.255.xxx



### 3.0. Sub-redes

Em 1985, foi definido um procedimento padrão de sub-rede, ou seja, divisão de um único número de rede classe **A, B ou C**, em pequenos pedaços.

A sub-rede foi introduzida para resolver alguns dos problemas que partes da Internet estavam começando a sofrer com a hierarquia de endereçamento de dois níveis, tais como: crescimento das tabelas de roteamento, a necessidade de outros números de rede da Internet antes de instalar novas redes.

Estes problemas foram atacados adicionando-se outro nível na hierarquia da estrutura de endereçamento IP. O host-number foi dividido em duas partes: número de **sub-rede** e o **host-number**. Resultados:

- A expansão das tabelas de roteamento foi atacado assegurando-se que a estrutura de sub-rede de uma rede nunca será visível fora desta rede.
- A rota da Internet para cada sub-rede de um dado endereço IP é a mesma, não importando em qual sub-rede o host de destino está.
- Os roteadores dentro de uma organização precisam fazer a diferenciação entre as sub-redes, mas para os roteadores de fora (da Internet) todas essas sub-redes estão agrupadas em uma única entrada na tabela de roteamento.
- Mudanças nas rotas dentro de uma rede (sub-rede) não afetará as tabelas de roteamento da Internet, já que os roteadores da Internet não tem conhecimento de cada uma das sub-redes.

### 3.1. Prefixo de Rede Estendido - Máscara de Sub-rede

Os roteadores da Internet usam apenas os prefixos de rede do endereço de destino para rotear o tráfego para um ambiente de sub-rede. Já os roteadores dentro da sub-rede utilizam o prefixo de rede estendido para rotear o tráfego entre cada uma das sub-redes. O prefixo de rede estendido é composto do prefixo de rede mais o número de sub-rede.

Por exemplo, considerando o endereço /16 130.5.0.0, deseja-se utilizar o três primeiros octetos para representar o número de sub-rede. Para isto, especifica-se uma máscara de 255.255.255.0. Os bits na máscara de sub-rede e no endereço da Internet tem uma correspondência de um para um:

- Os bits da máscara de sub-rede são colocados em **1** para o sistema examinar se o bit correspondente no endereço IP é parte do **prefixo de rede estendido**.
- Os bits na máscara estão setados em **0** se o sistema deve tratar os bits como parte do **host-number**.

		Netwprk-prefix		Subnet-number	Host-number
Notação Decimal:		130.5.0.0		130.5.5.0	130.5.5.25
IP Address:	130.5.5.25	10000010	00000101	00000101	00011001
Subnet Mask:	255.255.255.0	11111111	11111111	11111111	00000000
		Extended-network-prefix			

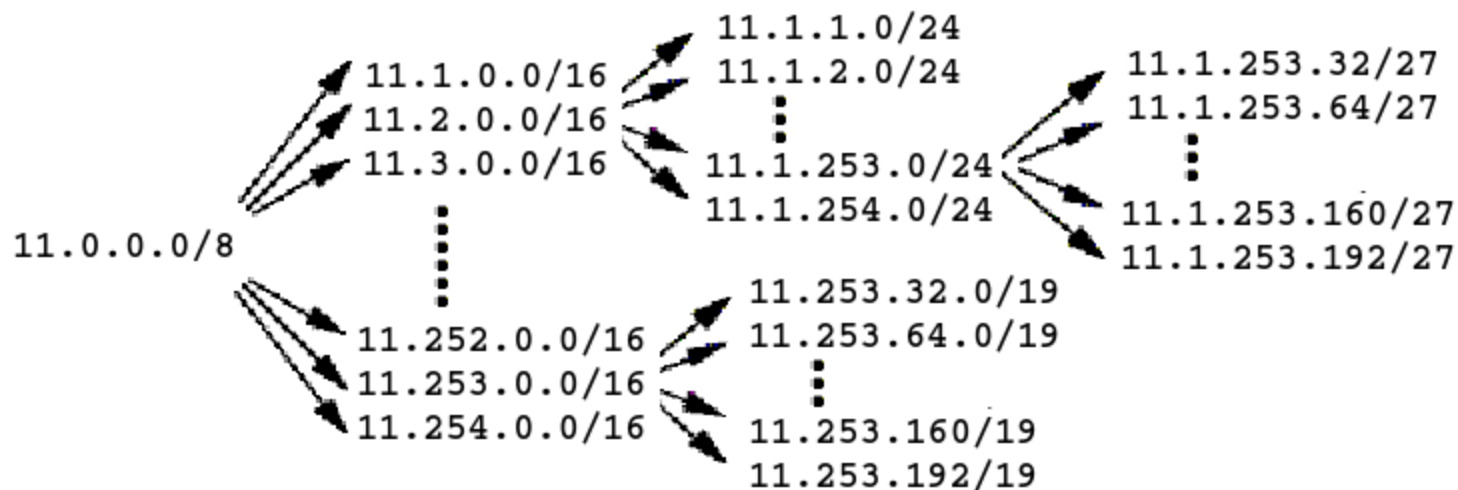
## 3.2. Tamanho Variável de Máscara de Sub-rede

Quando uma rede IP possui mais de uma máscara de sub-rede, é considerada uma rede com tamanho variável da máscara de sub-rede ("variable length subnet masks" - VLSM), já que os prefixos de rede estendidos possuem diferentes tamanhos.

O VLSM também permite uma divisão recursiva de um endereço de uma organização para que haja uma redução da quantidade de informação no nível mais alto. Conceitualmente, uma rede é dividida em sub-redes, algumas dessas sub-redes são divididas em outras sub-

2

redes, e algumas dessas sub-subredes são divididas em sub-sub-redes. Isto permite que as informações detalhadas de roteamento da estrutura de uma sub-rede fiquem invisíveis para os roteadores em outros grupos de sub-redes.



### 3.3. Tamanho Variável de Máscara de Sub-rede – pré-requisitos

Para a implementação correta do VLSM, três pré-requisitos devem ser alcançados:

- Os protocolos de roteamento devem suportar informações de prefixos de rede estendidos com uma fácil identificação.
- Todos os roteadores devem implementar um algoritmo de direcionamento baseado na maior coincidência (longest match).
- Para que ocorra um agrupamento de rotas, os endereços devem ser associados de forma topológica e lógica.

Protocolos de roteamento modernos, tais como OSPF e I-I-IS, permitem a implementação do VLSM por prover o tamanho do prefixo de rede estendido ou o valor da máscara junto com cada informação de rota. Isto permite que cada sub-rede seja alertada com seu correspondente tamanho do prefixo ou máscara.

Se os protocolos de roteamento não disporem das informações de prefixo, um roteador deveria assumir o prefixo que já está aplicado localmente, porém não garante que o prefixo correto seja aplicado, ou fazer uma busca em uma tabela de prefixos estática que contenha toda a informação de máscara necessária.

## 4.0. Protocolos de Roteamento

Roteamento é o processo pelo qual tanto os hosts quanto os roteadores escolhem um caminho em que os dados irão trafegar. Existem dois níveis de algoritmos de roteamento: **IGP (Interior Gateway Protocol - que é interno à rede)** e o **EGP (Exterior Gateway Protocol)**. Cada um destes níveis possui vários protocolos, como RIP, IPX RIP, OSPF, BGP, EIGRP EGP, IGRP e CIDR.

Todos os roteadores implementam um algoritmo de direcionamento baseado na maior coincidência (**longest match**).

Uma rota com prefixo de rede estendido maior descreve um número de possibilidades de destino menor do que uma rota com um prefixo de rede estendido menor.

Assim, uma rota com um prefixo de rede estendido maior é dita como mais específica enquanto que uma rota com um prefixo de rede menor é dita como menos específica.

Os roteadores utilizam a rota com a maior coincidência no prefixo de rede estendido (rota mais específica) quando estão direcionando o tráfego de informação.

#### 4.1. Exemplo de algoritmo de roteamento baseado na maior coincidência

Por exemplo, se um pacote tem como endereço destino **11.1.2.5** e existem três prefixos de rede na tabela de roteamento (**11.1.2.0/24**, **11.1.0.0/16**, e **11.0.0.0/8**), o roteador selecionará a rota através do **11.1.2.0/24**, já que esta rota possui o prefixo com o maior número de bits correspondentes no endereço de destino IP do pacote.

Destination	<b>11.1.2.5</b>	00001011.00000001.00000011.00000101
* Route #1	<b>11.1.2.0/24</b>	<u>00001011.00000001.00000011</u> .00000000
Route #2	<b>11.1.0.0/16</b>	<u>00001011.00000001</u> .00000000.00000000
Route #3	<b>11.0.0.0/8</b>	<u>00001011</u> .00000000.00000000.00000000

## 4.2. Roteamento Inter-domínio sem classes - CIDR

No ano de 1992, o crescimento exponencial da Internet estava começando a causar sérios problemas em relação a habilidade dos sistemas de roteamento da Internet para escalar e suportar crescimento futuro. Esses problemas estavam relacionados com:

- O esgotamento a curto prazo dos endereços de rede de classe B
- O rápido crescimento em tamanho das tabelas roteamento globais da Internet
- O esgotamento dos endereços de 32 bits IPv4.

A resposta imediata a esses problemas foi o desenvolvimento do conceito de Super Rede ou **Roteamento Inter-Domínio sem Classes (CIDR)**. O terceiro problema, resolvido com IPv6.

**O CIDR foi oficialmente documentado em setembro de 1993** no RFC1517, 1518, 1519 e 1520. O CIDR possui duas características importantes que beneficiam o sistema de roteamento global da Internet:

- Elimina os conceitos tradicionais endereços de redes de Classe A, B e C. Isto possibilita uma alocação eficiente dos endereços IPv4 que passa a existir pacificamente com IPv6.
- Suporta agrupamento de rotas em que uma única entrada na tabela pode representar o espaço de endereços de talvez milhares de rotas de classe tradicionais.

Sem a implementação do CIDR em 1994 e 1995, as tabelas de roteamento da Internet teriam excedido 70.000 rotas (ao invés de pouco mais de 30.000).

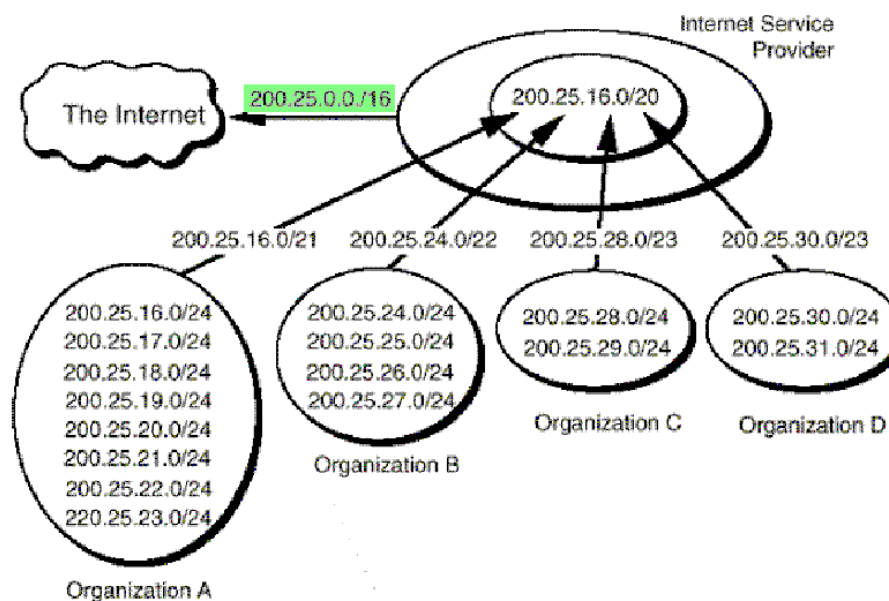
### 4.3. Controle do Crescimento das Tabelas de Roteamento

Outra vantagem importante do CIDR é sua importância no controle do crescimento das tabelas de roteamento da Internet.

A redução das informações de roteamento requerem que a Internet seja dividida em domínios de endereços.

Dentro de um domínio, encontram-se disponíveis informações detalhadas sobre todas as redes que residem neste domínio.

Fora de um domínio de endereço, apenas o prefixo comum será difundido. Isto permite que uma única entrada na tabela de roteamento especifique a rota de vários endereços de rede individuais.





## 4.4. Notação CIDR

A notação standard para o intervalo de endereços CIDR começa com o endereço de rede (na direita com o número apropriado de bits com valor zero - até 4 octetos para IPv4, e até campos hexadecimais de 8 octetos de 16 bits para IPv6). Isto é seguido por um carácter e comprimento de um prefixo, em bits, definindo o tamanho da rede em questão (o prefixo é, na verdade, o comprimento da máscara de sub-rede).

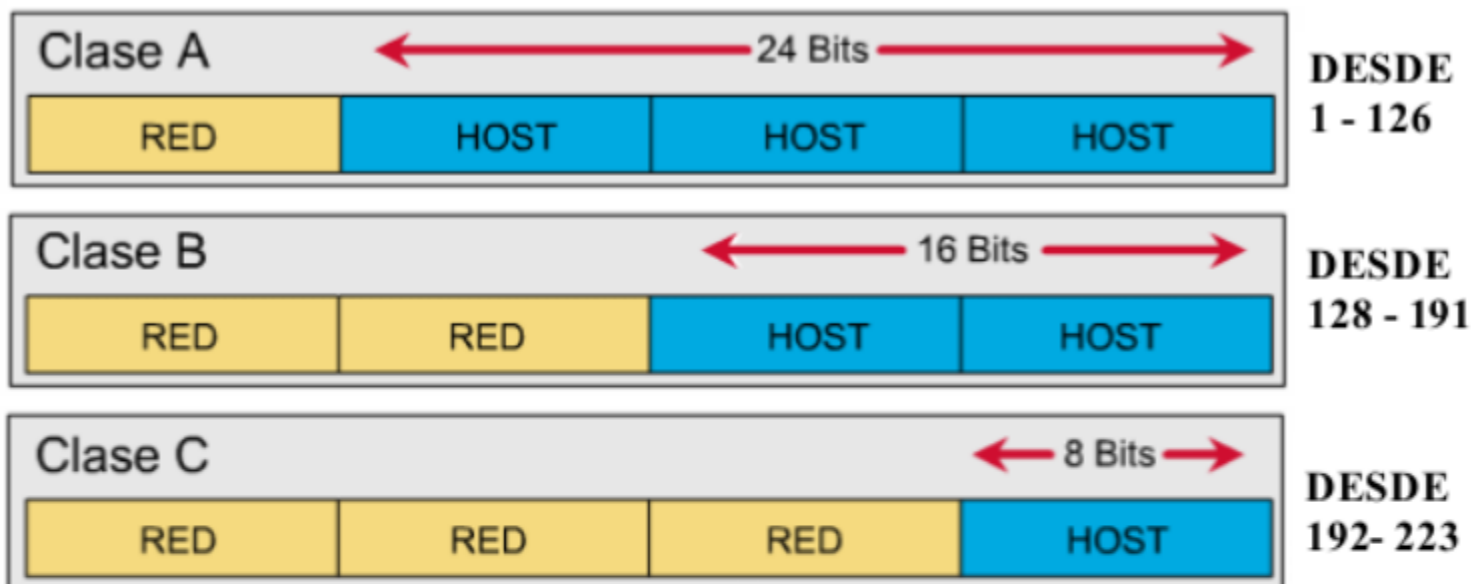
Por exemplo:

- 192.168.0.0 /**24** representa os 256 endereços IPv4 de 192.168.0.0 até 192.168.0.255 inclusive, com 192.168.0.255 sendo o endereço de *broadcast* para a rede.
- 192.168.0.0 /**22** representa os 1024 endereços IPv4 de 192.168.0.0 até 192.168.3.255 inclusive, com 192.168.3.255 sendo o endereço de *broadcast* para a rede.
- 2002:C0A8::/**48** representa os endereços IPv6 de 2002:C0A8:0:0:0:0:0:0 até 2002:C0A8:0:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF, inclusive.

Para o IPv4, uma representação alternativa usa o endereço de rede seguido da máscara de sub-rede, escrito na forma decimal com pontos:

- 192.168.0.0 /**24** pode ser escrito como 192.168.0.0 **255.255.255.0** → pois contando os 24 bits da Esquerda para Direita, temos: **11111111.11111111.11111111.00000000**
- 192.168.0.0 /**22** pode ser escrito como 192.168.0.0 **255.255.252.0** → pois contando os 22 bits da Esquerda para Direita, temos: **11111111.11111111.11111100.00000000**

## 5.0. Cálculo Manual de Sub-redes - Breve Revisão



<sup>(7)</sup> 2	<sup>(6)</sup> 2	<sup>(5)</sup> 2	<sup>(4)</sup> 2	<sup>(3)</sup> 2	<sup>(2)</sup> 2	<sup>(1)</sup> 2	<sup>(0)</sup> 2
128	64	32	16	8	4	2	1

## 5.1. CIDR - *Classless Inter-Domain Routing* - na prática

No ano de 1992, o crescimento exponencial da Internet estava começando a causar sérios problemas em relação a habilidade dos sistemas de roteamento da Internet para escalar e suportar crescimento futuro.

A solução do problema foi a implementação do sistema CIDR. O CIDR, foi introduzido em 1993, como um refinamento para a forma como o tráfego era conduzido pelas redes IP. O CIDR está definido no RFC 1519. Leia o RFC no <http://tools.ietf.org/html/rfc1519>

Para evitar desperdício de endereços IP. O CIDR usa máscaras de comprimento variável, o VLSM (de Variable Length Subnet Masks), para alocar endereços IP em sub-redes de acordo com as necessidades individuais e não nas regras de uso generalizado em toda a rede.

Assim a divisão de rede/host pode ocorrer em qualquer fronteira de bits no endereço. Porque as distinções de classes normais são ignoradas, o novo sistema foi chamado de routing sem classes. Isto levou a que o sistema original passasse a ser chamado de routing de classes.

Em termos pratico significa, tomar emprestado alguns bits da parte do host das classes originais A, B e C; para expandir a divisão em sub-redes.

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/CIDR>

## 5.2. IP Classe C: Máscara, Host's, Rede e Broadcast

Exemplo a partir de um Endereço IP Classe C:

192.168.10.X → Endereço IP Classe C

255.255.255.0 → Máscara da rede Classe C

254 Host's

192.168.10.1 até 192.168.10.254 → Range (Faixa de endereço IP disponível)

192.168.10.0 → Rede

192.168.10.255 → Broadcast

### 5.3. Desperdício de IP

Exemplo uma empresa com matriz em S.Paulo, tem uma rede 192.168.0.0 e que dividir em sub-redes para suas filias conforme a seguinte tabela, vejamos o desperdício de endereços não alocados:

Local	Q. de host's	Sub-redes	IP (d - n)	Desperdício
São Paulo	60	192.168.10.x	254 - 60	194 IP's
Rio de Janeiro	55	192.168.11.x	254 - 55	199 IP's
Minas Gerais	59	192.168.12.x	254 - 59	195 IP's
Salvador	45	192.168.13.x	254 - 45	209 IP's

Nota:

d = quantidade de IP's disponível

n = quantidade de IP's necessários em cada loja

## 5.4. Utilizando Sub-redes

Local	Q. de host's	Sub-redes
São Paulo	60 host's	1ª Sub-rede
Rio de Janeiro	55 host's	2ª Sub-rede
Minas Gerais	59 hostes	3ª Sub-rede
Salvador	45 hostes	4ª Sub-rede

## 5.5. Máscara em Binário

192.168.10.X → Endereço IP Classe C

255.255.255.0 → Máscara da rede Classe C

11111111.11111111.11111111.00000000 → Máscara em Binário

11111111.11111111.11111111.00000000

RRRRRRRR.RRRRRRRR.RRRRRRRR.HHHHHHHH

Bit **1** → Representa REDE (Network)

Bit **0** → Representa HOST (Computador, Impressora, Catracas, etc..)

## 5.6. Bits Emprestados para Criar Sub-redes

Emprestar bits da parte de Host para criar sub-redes.

192.168.10.X → Endereço IP Classe C

255.255.255.0 → Máscara da rede Classe C

11111111.11111111.11111111.00000000 → Máscara em Binário

11111111.11111111.11111111.11000000

11111111.11111111.11111111.11100000

11111111.11111111.11111111.11110000

11111111.11111111.11111111.11111000

11111111.11111111.11111111.11111100

11111111.11111111.11111111.11111110



## 5.7. Cálculo da quantidade de hosts e sub-redes - CIDR

Quantidade de Sub-redes =  $(2^{x \text{ (bits setados em "1")}})$

Quantidade de Hosts =  $(2^{x-2 \text{ (bits setados em "0")}})$

11111111.11111111.11111111.00000000 → Máscara em Binário

11111111.11111111.11111111.11000000 →  $(2^2 = 4)$  sub-redes →  $(2^{6-2} = 62)$  hosts

11111111.11111111.11111111.11100000 →  $(2^3 = 8)$  sub-redes →  $(2^{5-2} = 30)$  hosts

11111111.11111111.11111111.11110000 →  $(2^4 = 16)$  sub-redes →  $(2^{4-2} = 14)$  hosts

11111111.11111111.11111111.11111000 →  $(2^5 = 32)$  sub-redes →  $(2^{3-2} = 6)$  hosts

11111111.11111111.11111111.11111100 →  $(2^6 = 64)$  sub-redes →  $(2^{2-2} = 4)$  hosts

11111111.11111111.11111111.11111110 →  $(2^7 = ?)$  → Não funciona, pois não sobra Host válido, somente 0 e 1 que é REDE e BROADCAST.

## 5.8. Cálculo da Máscara de Sub-rede - CIDR

Exemplo para cálculo da máscara de Sub-rede CIDR com dois bits:

128	64	32	16	8	4	2	1
1	1	0	0	0	0	0	0

$128 + 64 = 192 \rightarrow$  Máscara em decimal = 255.255.255.192 ou Máscara: /26

11111111.11111111.11111111.11000000  $\rightarrow$  Máscara em Binário

Sub-redes e Hosts  $\rightarrow (2^2 = 4)$  sub-redes  $\rightarrow (2^{6-2} = 62)$  hosts

$2^2 = 4$  Sub-redes (00, 01, 10 e 11)

Obs.: A utilização da máscara de sub-rede permite a criação de um número maior de pequenas redes. Possui duas formas de notação:

- Decimal pontuada: Como no endereço IP (W.X.Y.Z). Exemplo: 255.0.0.0, 255.255.0.0, 255.255.255.0, 255.255.255.240 ou 255.255.255.248.
- Prefixo (Número de bits): Representado por /N, onde N indica o número de bits 1 da máscara. Exemplo: /8, /16, /24, /20, ou /29.

## 5.9. Tabela Completa: Redes, Hosts, e Broadcast

Octeto

128	64	32	16	8	4	2	1
0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela Completa

	Rede	1º Host	Último Host	Broadcast
	00000000	00000001	11111110	11111111
Sub-rede (SP)	0	1	62	63
Sub-rede (RJ)	64	65	126	127
Sub-rede (MG)	128	129	190	191
Sub-rede (SSA)	192	193	254	255

Conforme exemplos: criando quatro sub-redes com notação CIDR /24 (62 hosts para cada sub-rede) é possível atender as necessidades da empresa, ou seja: SP, RJ, MG e SSA, e economiza IPs.

## 6.0. Referências

- Understanding IP Addressing; (Chuck Semeria) - 3Com Corporation
- Routing in the Internet; (Christian Huitema)
- Computer Networks; 3ª Edição (Tanenbaum, Andrew S.)
- BGP Routing; (Avi Freedman) - CISCO

Fonte: [http://www.gta.ufrj.br/grad/99\\_1/fernando/roteamento/soluc.htm](http://www.gta.ufrj.br/grad/99_1/fernando/roteamento/soluc.htm)

Apresentação adaptada em PDF por: Antonio Almeida - [www.almhpg.com](http://www.almhpg.com)