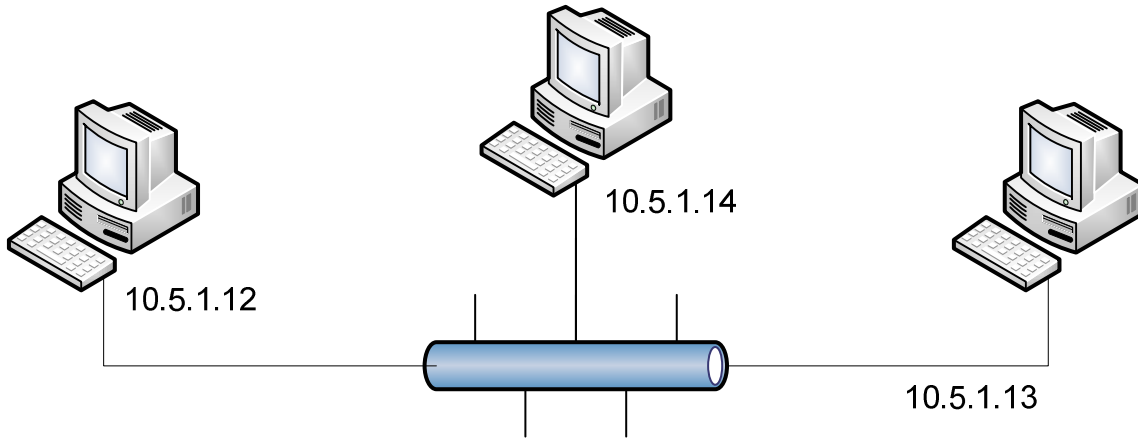


ENTENDENDO O CÁLCULO DE SUB-REDES IP por Eduardo Parise

Para que seja possível a comunicação entre máquinas em uma mesma rede é necessário que cada uma possua um endereço IP exclusivo naquela rede.



Um endereço IP é um número binário de 32 bits escrito em conotação decimal. O endereço IP é dividido em quatro partes denominadas octetos, pois cada parte é composta por 8 bits.

Tomemos o número 10.5.1.12, que em binário é representado por 00001010.00000101.00000001.00001100, onde:

10	5	1	12
00001010	00000101	00000001	00001100

Para fazermos a conversão da conotação decimal para a binária devemos utilizar a tabela abaixo:

BIT →	8º bit	7º bit	6º bit	5º bit	4º bit	3º bit	2º bit	1º bit
Cálculo →	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
Valor decimal →	128	64	32	16	8	4	2	1

Lembre que:

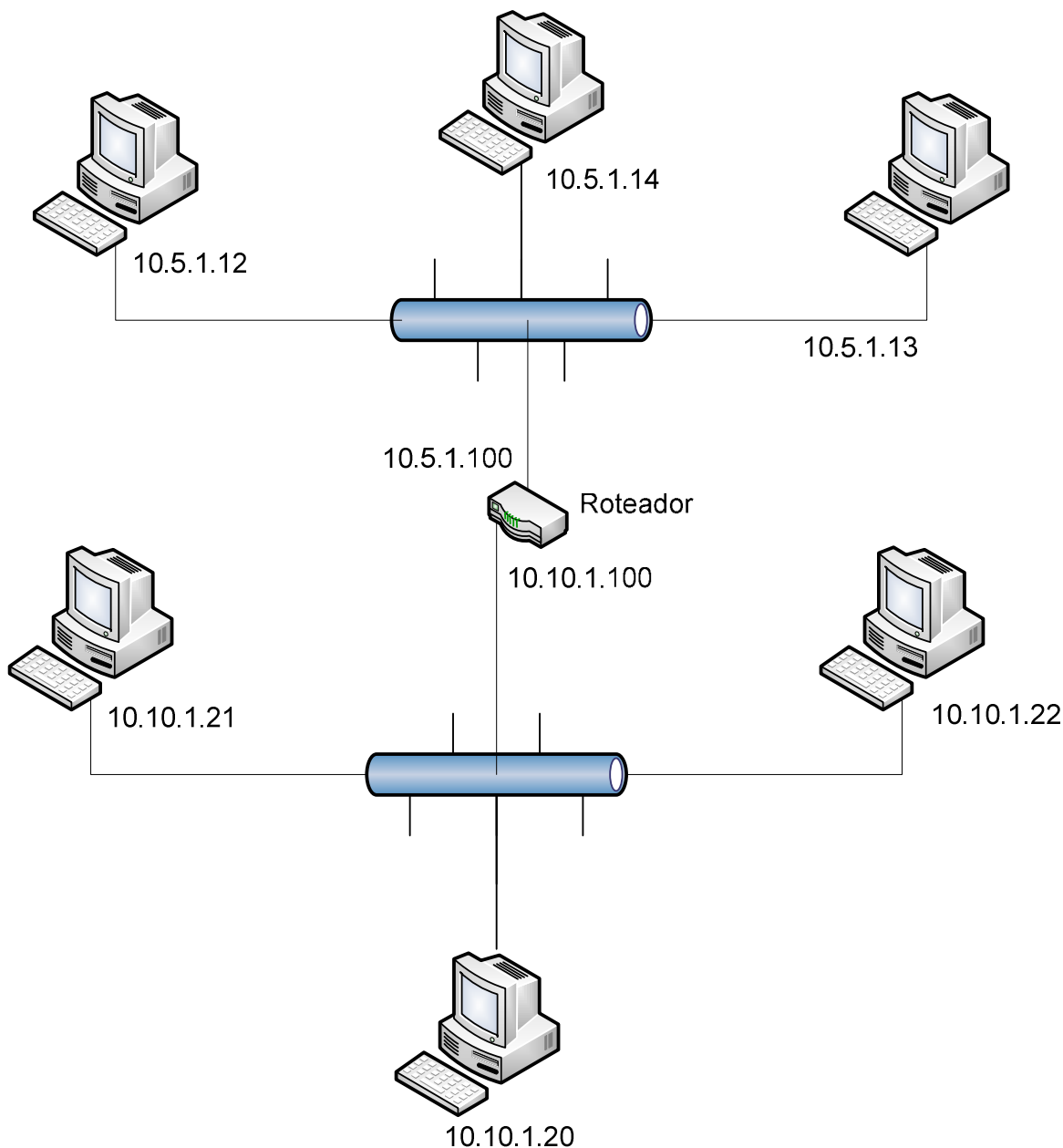
- A base é 2^x pois o bit pode assumir dois valores: ligado ou desligado
- 2^3 é exatamente o dobro que 2^2 , assim como 2^5 é o dobro que 2^4 e assim por diante. Isto será útil para depois fazermos os cálculos todos de cabeça, sem que seja necessário rascunhar no papel.

Desta forma podemos interpretar o endereço 10.5.1.12:

00001010	00000101	00000001	00001100
4º bit + 2º bit ligados	3º bit + 1º bit ligados	1º bit ligado	4º bit + 3º bit ligados
8 + 2	4 + 1	1	8 + 4
10	5	1	12

Existem diversas redes conectadas umas as outras no mundo (a grosso modo é isso que constitui a Internet), de maneira que cada rede precisa ter uma “faixa” exclusiva de endereços IP. Esta faixa é constituída por diversos endereços IP’s. O tamanho de cada rede em quantidade de endereços é determinado pela máscara de rede.

Esta “exclusividade” no endereçamento de cada rede é o que viabiliza a comunicação entre uma rede e outra, pois desta forma é possível traçar uma rota (caminho para o tráfego de informações) para que seja possível alcançar redes distantes da sua.



Aliado a máscara de rede, um endereço IP nos fornece duas informações: A rede a qual pertence e a identificação do host (máquina) nesta rede. É como se você escrevesse uma carta e nela inserisse o seu endereço onde consta o número do prédio e seu apartamento.

Av. Borges de Medeiros, 40/301.

Sabemos que 40 é o número do prédio na Av. Borges de Medeiros.
301 é o número do apartamento no prédio 40.

Se escrevêssemos somente 40/301, o carteiro não saberia onde entregar a carta, uma vez que pode haver diversos números 40 em uma mesma cidade, possivelmente um para cada rua do município. A situação do carteiro ficaria mais difícil se escrevêssemos somente 301, pois podem existir diversos prédios com apartamentos cujo número seja 301.

Para que um roteador seja capaz de entregar informações em redes remotas, é necessário que forneçamos a ele os endereços de origem e destino, bem como as respectivas máscaras de rede. Através dessas informações, o roteador terá condições de analisar de onde vem e para onde vai a informação, calculando o caminho (rota) mais eficiente para alcançar o destino.

Voltando ao exemplo do carteiro, quando escrevemos uma carta informamos somente a origem e o destino. Cabe ao carteiro encontrar o melhor caminho para chegar ao destino e realizar a entrega da carta. Neste caso, o carteiro está fazendo o papel de roteador.

Concluimos então que o endereço serve como referência para localização, ou seja, permite encontrar e traçar um caminho eficiente para se chegar a determinado local. O mesmo vale para as redes, através dos endereços IP (de origem e destino) e suas respectivas máscaras é possível localizar e traçar rotas para alcançar hosts (máquinas) em redes remotas, mesmo que estejam do outro lado do mundo.

Uma máscara de rede é um número binário escrito em conotação decimal composto por uma seqüência de um's (1) seguida de uma seqüência de zeros (0):

Decimal → 255.255.255.0

Binário → 11111111.11111111.11111111.00000000

O número 1 identifica a rede. E o número 0 identifica o host (máquina) naquela rede.

Neste caso, tomando o endereço IP 10.5.1.12 com a máscara 255.255.255.0, podemos concluir que:

1- Trata-se do host número 12 na rede 10.5.1.0/24 (conotação CIDR*)

2-

IP →	10	5	1	12
Mask →	255	255	255	0
NetID →	10	5	1	0

1.1- /24 é a quantidade de bits ligados na máscara de rede, lembre-se que o número 1 identifica a rede e o número 0 representa a porção do endereço IP utilizada para identificar os hosts em uma determinada rede.

**Conotação CIDR é uma forma de expressar uma rede IP e sua respectiva máscara. Desta maneira, expressamos a máscara através de um sinal de barra seguido da quantidade de números um (1) ligados na máscara de rede. Por exemplo, 200.248.152.0/26, representa a rede 200.248.152.0 com máscara 255.255.255.192. Esta máscara em binário é representada por 26 bits ligados (11111111.11111111.11111111.11000000).*

De acordo com a máscara aplicada, temos 24 números 1 representando a identificação da rede e 8 números 0 representando a identificação dos hosts naquela rede.

Mask (decimal) →	255	255	255	0
Mask (binário) →	11111111	11111111	11111111	00000000
O cálculo →	Tendo 8 bits desligados (número 0) para identificar os hosts e considerando que cada um desses 8 bits pode assumir			

dois valores (ligado=1 ou desligado=0), temos então $2^8=256$ combinações diferentes de números.

Vide exemplo das combinações possíveis abaixo:

Decimal	Binário	Decimal	Binário
0	00000000	10	00001010
1	00000001	23	00010111
2	00000010	255	11111111

Das 256 combinações possíveis, não podemos utilizar a primeira (0), pois é a que identifica a rede (neste caso rede 10.5.1.0) nem a última (255), pois representa o endereço de *broadcast** desta rede (10.5.1.255).

Assim, reescrevemos a fórmula como $2^8-2= 254$. Esta é a quantidade de endereços IP disponíveis para endereçar hosts na rede 10.5.1.0/24. Sendo o primeiro host o de endereço 10.5.1.1 e o último 10.5.1.254. Portanto esta rede não suportará mais do que 254 equipamentos que utilizem endereços IP.

**Broadcast é uma transmissão de dados enviada a partir de um host para todos os hosts de uma determinada rede.*

2- Para obter o NetID (identificação da rede a que pertence um determinado endereço IP) devemos converter o endereço e a máscara para o formato binário e realizar uma operação lógica do tipo AND*:

**AND: Operação lógica da álgebra booleana, onde $0x0= 0$, $0x1=0$ e $1x1=1$*

Formato decimal				
IP →	10	5	1	12
Mask →	255	255	255	0

Formato binário				
IP →	00001010	00000101	00000001	00001100
Mask →	11111111	11111111	11111111	00000000
Net ID →	00001010	00000101	00000001	00000000
Net ID (decimal) →	10	5	1	0

Existe uma quantidade limitada de endereços IP's (IPV4) disponíveis para uso no mundo. Devido a esta limitação a IANA (www.iana.org – Internet Assigned Numbers Authority), entidade que coordena a distribuição dos endereços IP's para cada continente, excluiu três blocos de IP's da range de IP's da Internet, reservando-os para uso interno nas empresas e lares do planeta.

Como sabemos, os IP's são organizados por classes. Na tabela abaixo temos as classes, máscara padrão de cada classe, faixa de endereçamento e faixa reservada para uso em redes internas privadas.

	Range	Máscara padrão	Range privada	Exemplo
Classe A	1 a 127	255.0.0.0	10.0.0.0/8	3.52.120.200
Classe B	128 a 191	255.255.0.0	172.16.0.0/12	143.105.20.1
Classe C	192 a 223	255.255.255.0	192.168.0.0/16	200.248.152.4
Classe D	224 a 239	Reservada para Multicast (vide RFC 3171)		
Classe E	240 a 255	Reservada para uso futuro (vide RFC 1700)		

Para saber mais sobre as classes de IP visite o site www.rfc-editor.org. Sobre as ranges privadas consulte a RFC 1918 (http://www.rfc-editor.org/cgi-bin/rfcdoctype.pl?loc=RFC&letsgo=1918&type=http&file_format=txt).

Na Classe A ainda temos a rede 127.0.0.0/8 reservada para uso como endereço loopback. Toda informação enviada a um IP desta rede terá como destino o próprio host origem da conexão.

A fim de contermos o desperdício dos escassos endereços IP's públicos*, podemos dimensionar a máscara criando redes que comportem menor quantidade de hosts, são as chamadas sub-redes.

**Os IP's das ranges privadas não tem problema de desperdício, pois não são roteados na Internet. É por este motivo que são utilizados somente nas redes domésticas e internas das empresas.*

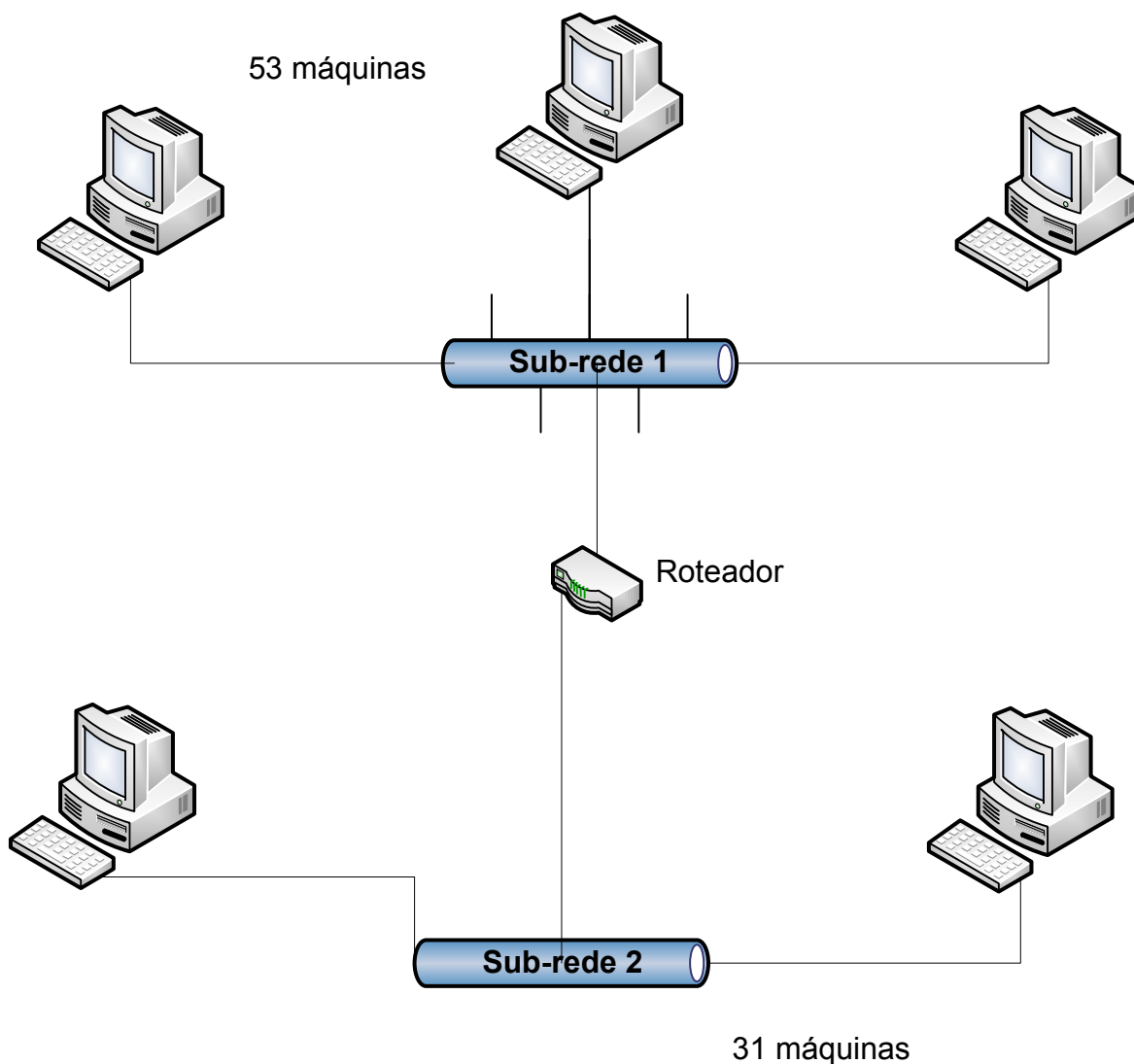
Considerando que:

Com a máscara /24 (255.255.255.0) podemos abrigar até 254 (2^8-2) hosts em uma única rede;

Com a máscara /16 (255.255.0.0) podemos abrigar até 65534 ($2^{16}-2$) hosts em uma única rede;

Com a máscara /8 (255.0.0.0) podemos abrigar até 16.777.214 ($2^{24}-2$) hosts em uma única rede. Isto é possível, pois nesta máscara (11111111.00000000.00000000.00000000) temos 24 zeros (0) disponíveis para combiná-los criando identificações de hosts nesta rede.

Imaginemos agora que em nossa empresa temos duas redes distintas, uma delas com 53 máquinas e a outra com 31, totalizando 84 hosts em toda a empresa. Portanto serão necessários 84 IP's divididos em duas sub-redes para atender a necessidade de endereçamento da nossa empresa, conforme desenho abaixo:



Qualquer uma das máscaras padrão (/8, /16 ou /24) possui uma quantidade muito maior de IP's do que precisamos. Se utilizássemos qualquer uma dessas máscaras, estaríamos desperdiçando os IP's restantes conforme abaixo.

Dudu Corporation				
	Quantidade de hosts	Máscara utilizada	Total de IP's/rede	IP's Desperdiçados/rede
Sub-rede 1	53	255.255.255.0	254	201
Sub-rede 2	31	255.255.255.0	254	223
Totais	84			424

Está havendo um desperdício de 424 IP's, pois temos apenas 84 hosts e a máscara que escolhemos comporta mais de 254 IP's por rede. E neste caso estamos utilizando duas redes classe C.

Para resolvermos definitivamente este problema, precisamos empregar uma máscara de rede que permita menos de 254 hosts por rede, e é aqui onde se encaixa o conceito de sub-rede.

Se uma máscara classe C padrão (/24 = 255.255.255.0) permite 256 combinações numéricas (254 endereços efetivamente, devido ao cálculo 2^8-2), então meia classe (1/2) C permitirá 128 combinações e um quarto de classe C (1/4) permitirá 64 combinações numéricas.

Dica importante: Lembre do que vimos no início deste manual:

2^3 é exatamente o dobro que 2^2 , assim como 2^5 é o dobro que 2^4 e assim por diante. Isto será útil para depois fazermos os cálculos todos de cabeça, sem que seja necessário rascunhar no papel.

Tudo o que precisamos fazer então é dividir uma Classe C nas chamadas sub-redes. Para compreendermos como ocorre esta divisão, será necessário trabalharmos com a conotação binária, então...

Máscara Classe C padrão: 255.255.255.0
Conotação CIDR: /24
Conotação binária: 11111111.11111111.11111111.00000000
Quantidade de hosts/rede: $2^{\text{quantidade de zeros}}-2$, portanto $2^8-2 = 254$ hosts/rede.

Na classe C temos 8 bits desligados (0) representando a porção do endereço que identificará os hosts. Podemos utilizar o primeiro bit da esquerda para criarmos uma sub-rede. Para que isso seja possível basta que liguemos este bit:

Note o primeiro bit do último octeto ligado (em azul):
11111111.11111111.11111111.10000000

Isto gera outra máscara de rede, se antes tínhamos uma /24, agora temos uma /25, pois estamos utilizando 25 bits ligados (1) para compor a máscara de rede, portanto:

Nova máscara: 255.255.255.128
Conotação CIDR: /25
Conotação binária: 11111111.11111111.11111111.10000000

Com a nova máscara, devemos recalcular a quantidade de hosts que esta nova rede (sub-rede neste caso, pois deriva de uma rede Classe C) comportará:

Nova máscara: 255.255.255.128
Conotação CIDR: /25
Conotação binária: 11111111.11111111.11111111.10000000
Quantidade de hosts/rede: $2^{\text{quantidade de zeros}}-2$, portanto $2^7-2 = 126$ hosts/rede.

Ainda estamos desperdiçando alguns IP's, veja...

Dudu Corporation				
	Quantidade de hosts	Máscara utilizada	Total de IP's/rede	IP's Desperdiçados/rede
Sub-rede 1	53	255.255.255.128	126	73
Sub-rede 2	31	255.255.255.128	126	95
Totais	84			168

Precisamos então ligar mais um bit da porção destinada aos hosts (bits desligados), este bit passará a pertencer à porção de sub-redes, fazendo com que a porção de hosts seja diminuída pela metade, chegando o mais próximo possível da quantidade de máquinas da nossa empresa:

Nova máscara: 255.255.255.128
Conotação CIDR: /25
Conotação binária: 11111111.11111111.11111111.10000000
Neste momento tínhamos 7 bits desligados (porção de hosts), portanto 2^7 .

Agora, ligando mais um bit, passando-o da porção de hosts para a porção de sub-rede, teremos (note o bit ligado em azul):

Conotação binária: 11111111.11111111.11111111.1**1**000000, portanto máscara 255.255.255.192, pois se somam os bits de valor 128+64 (vide tabela na página 1) do octeto onde se está criando a sub-rede, neste caso o último octeto.

Porção de sub-redes: 2 bits ligados, $2^2 = 4$ sub-redes, portanto $\frac{1}{4}$ de Classe C.
 Porção de hosts: 6 bits desligados, $2^6 - 2 = 62$ hosts por sub-rede.
 Se na Classe C temos 256 combinações, em $\frac{1}{4}$ de classe C teremos 64 combinações, subtraindo o primeiro e último números que não podem ser utilizados restam 62 endereços IP para serem usados na porção dos hosts.

Novíssima máscara: 255.255.255.192

Conotação CIDR: /26

Conotação binária: 11111111.11111111.11111111.11000000

Quantidade de hosts/rede: $2^{\text{quantidade de zeros}} - 2$, portanto $2^6 - 2 = 62$ hosts/rede.

Vejamos agora como ficou a questão do desperdício de IP's:

Dudu Corporation				
	Quantidade de hosts	Máscara utilizada	Total de IP's/rede	IP's Desperdiçados/rede
Sub-rede 1	53	255.255.255.192	62	9
Sub-rede 2	31	255.255.255.192	62	31
Totais	84			40

Isto é o melhor que podemos fazer neste caso em termos de contenção de desperdício de IP's. Se tentássemos ligar o terceiro bit (da esquerda para a direita), teríamos a máscara 255.255.255.224, em binário 255.255.255.11100000, isto nos daria $2^3 = 8$ sub-redes, com $2^5 - 2 = 30$ hosts por sub-rede, não sendo suficiente para atender a demanda da nossa empresa:

Dudu Corporation				
	Quantidade de hosts	Máscara utilizada	Total de IP's/rede	IP's Desperdiçados/rede
Sub-rede 1	53	255.255.255.224	30	-23
Sub-rede 2	31	255.255.255.224	30	-1
Totais	84			-24

Como vimos, a máscara que melhor se adaptou a necessidade da nossa empresa foi 255.255.255.192. Esta máscara permite a existência de 4 sub-redes ($\frac{1}{4}$ de classe C), pois em binário temos:

11111111.11111111.11111111.1**1**000000

Rede classe C: 11111111.11111111.11111111.11000000

Sub-rede de classe C: 11111111.11111111.11111111.1**1**000000

Hosts: 11111111.11111111.11111111.11**0**00000

Percebemos que são utilizados dois bits ligados para criação das sub-redes, portanto $2^2 = 4$ sub-redes. Cada uma das sub-redes suportam $2^6 = 64$ combinações numéricas, pois temos 6 bits desligados, que equivalem a porção destinada aos hosts. Portanto $2^6 - 2 = 62$ hosts. Assim, sabemos que a cada 64 números teremos uma nova sub-rede. Desta forma:

- 1ª sub-rede: 10.5.1.0 a 10.5.1.63
- 2ª sub-rede: 10.5.1.64 a 10.5.1.127
- 3ª sub-rede: 10.5.1.128 a 10.5.1.191
- 4ª sub-rede: 10.5.1.192 a 10.5.1.255

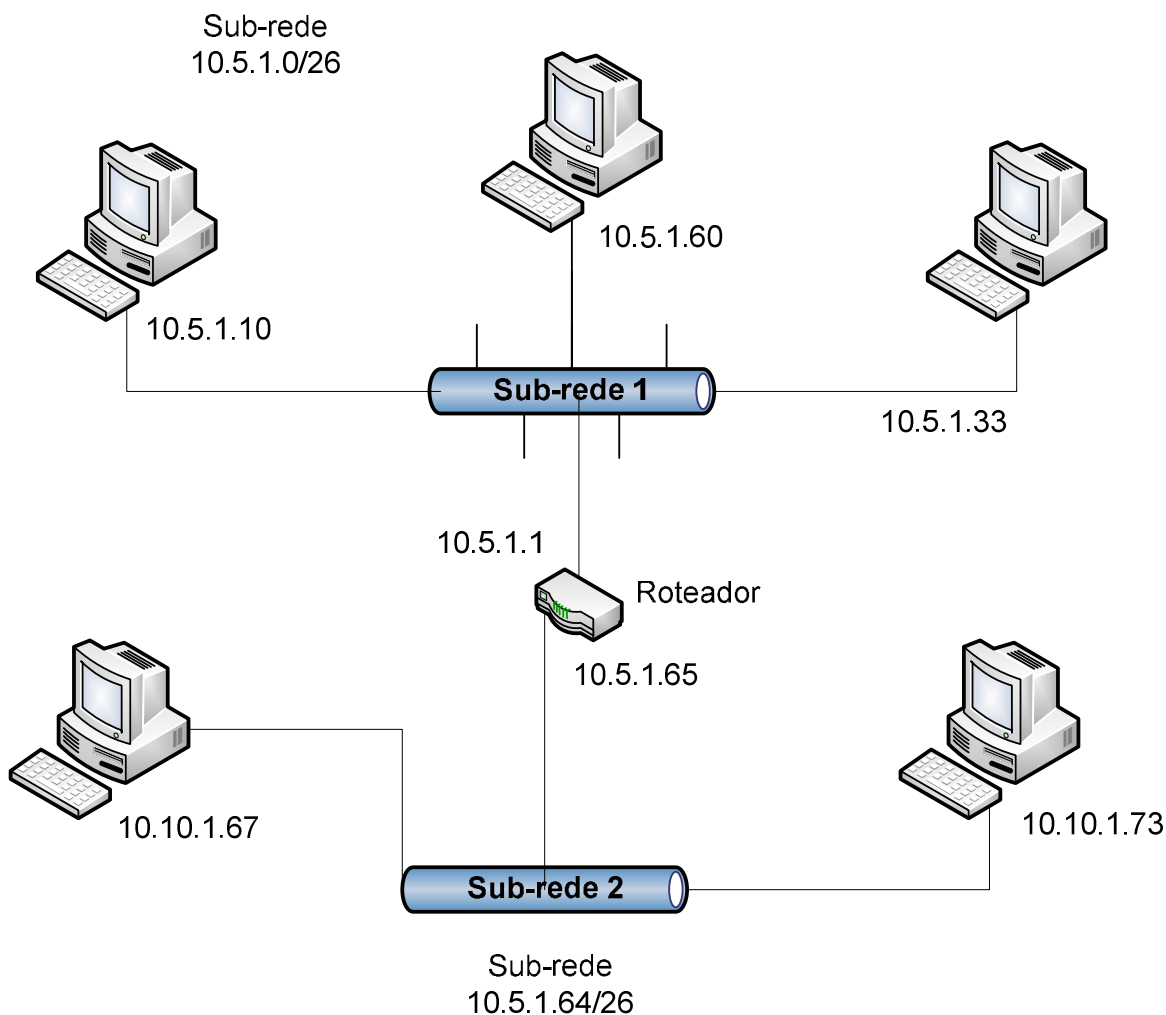
Binariamente, as combinações possíveis de sub-redes ocorrem de acordo com a combinação dos bits:

Sub-rede: 11111111.11111111.11111111.11000000

Portanto:

Sub-rede	Bits da sub-rede	Bits dos hosts (todos desligados)	Net ID	Bits dos hosts (todos ligados)	Broadcast
1ª	00	000000	10.5.1.0	111111	10.5.1.63
2ª	01	000000	10.5.1.64	111111	10.5.1.127
3ª	10	000000	10.5.1.128	111111	10.5.1.191
4ª	11	000000	10.5.1.192	111111	10.5.1.255

Desta forma, a rede da nossa empresa, que é dividida em duas sub-redes poderia utilizar os seguintes blocos CIDR: 10.5.1.0/26 e 10.5.1.64/26



As máscaras possíveis para sub-redes são:

Máscara	Máscara em binário	Quantidade de sub-redes
255.255.255.128	11111111.11111111.11111111.10000000	2
255.255.255.192	11111111.11111111.11111111.11000000	4
255.255.255.224	11111111.11111111.11111111.11100000	8
255.255.255.240	11111111.11111111.11111111.11110000	16
255.255.255.248	11111111.11111111.11111111.11111000	32
255.255.255.252	11111111.11111111.11111111.11111100	64

Podemos ter ainda sub-redes derivadas das classes A e B: 255.224.0.0, 255.255.240.0 e etc.

DICAS ÚTEIS

Se precisarmos calcular rapidamente uma determinada sub-rede, podemos fazer os cálculos praticamente “de cabeça”, bastando agir da seguinte forma:

Você precisa criar 6 sub-redes que comportem aproximadamente 26 hosts cada uma.

- Pense num número potência de 2 cujo resultado seja maior ou igual a 26, provavelmente será $2^5 - 2 = 30$, portanto sabemos que precisamos de ao menos 5 zeros (0) na porção de hosts para obtermos sub-redes com capacidade aproximada para 26 hosts;

- Agora precisamos de 6 ou mais sub-redes. Pense em outra potência de base 2 cujo resultado seja maior ou igual a 6 (sub-redes). Você encontrará $2^3 = 8$ sub-redes;

- Logo nossa máscara será 255.255.255.224*. Suportando 8 sub-redes com até 30 hosts cada. Lembre-se que a cada intervalo de 32 números teremos uma nova sub-rede, sendo elas:

10.1.1.0 a 10.1.1.31
10.1.1.32 a 10.1.1.63
10.1.1.64 a 10.1.1.95
10.1.1.96 a 10.1.1.127
10.1.1.128 a 10.1.1.159
10.1.1.160 a 10.1.1.191
10.1.1.192 a 10.1.1.223
10.1.1.224 a 10.1.1.255

**Pois se somarmos os três bits ligados do último octeto (bits da sub-rede, 255.255.255.11100000) teremos a soma $128+64+32$ resultando na máscara final 224.*

Obs: O cálculo seguirá o mesmo raciocínio independente do comprimento da máscara ou de sua classe.

Eduardo Parise é Instrutor e consultor de redes, atuando na área de treinamento há mais de 13 anos. Possui as certificações MCSE, MCSA, MCP, MCT, MCTS e ITIL Foundation.
contato@eduparise.com.br