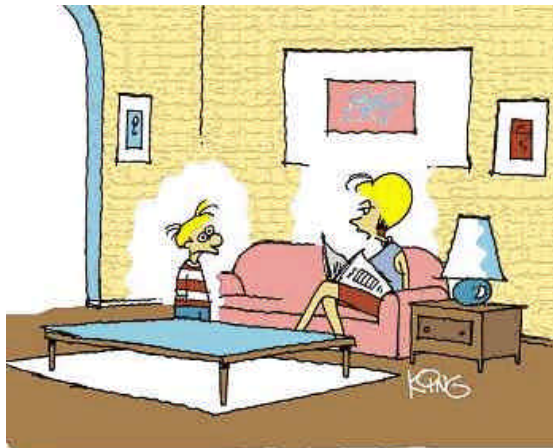


Endereçamento IP



Não, meu filho, você não foi baixado pela internet. Você nasceu!

“Internet opens a new world of possibilities...”

Endereçamento IP

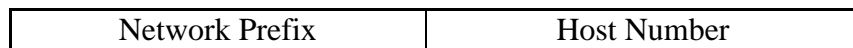
O protocolo TCP/IP utiliza três esquemas para encaminhar dados através das redes até o hospedeiro:

1. **Endereçamento:** O endereço IP que identifica cada *host* na Internet.
2. **Roteamento:** Gateways encaminham dados para a rede correta.
3. **Multiplexação:** Protocolo e número do *port* encaminham dados ao módulo correto de SW no *host*.

Neste capítulo estudaremos de forma prática o endereçamento IP.

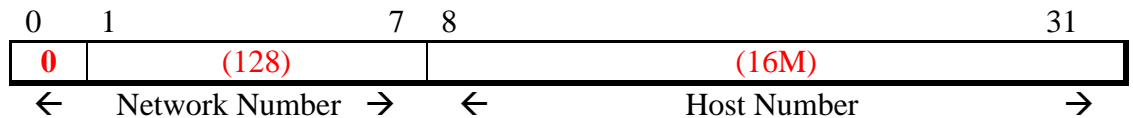
O endereço IP foi estabelecido pela norma IP versão 4 (IPv4) como um endereço de 32 bits possibilitando 2^{32} (4 294 967 296) diferentes endereços. Este endereço é totalmente abstrato e define um endereço único para cada *host* ligado numa rede heterogênea independente do hardware e do sistema operacional utilizados. A camada IP utiliza este endereço, inserindo-o como destinatário em cada pacote de dados enviado.

O endereço é constituído de duas partes: Número da rede e Número do *Host*.

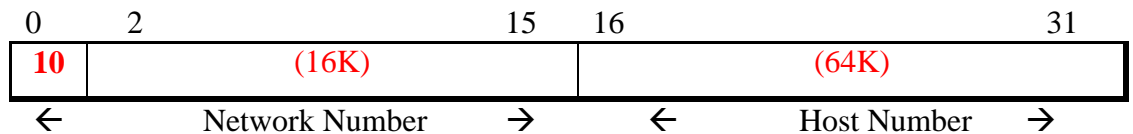


A fim de propiciar a flexibilidade necessária para suportar diferentes tamanhos de rede, os endereços forma divididos em 3 classe principais de endereços (*classful addressing*):

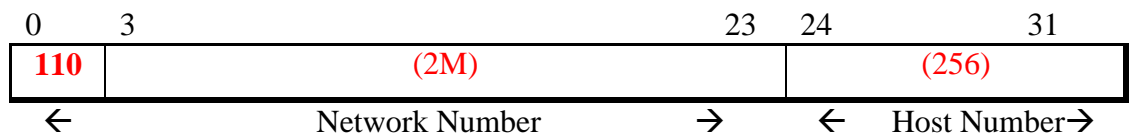
Classe A



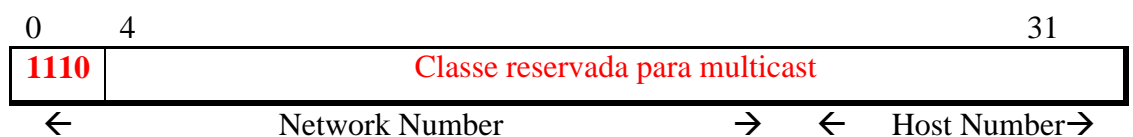
Classe B



Classe C



Classe D



Pode-se também falar de uma classe D reservada como endereço de *multicasting*. Este assunto foge ao escopo desta apostila. Maiores detalhes sobre IP *multicasting* podem ser encontrados na referência [IPMI 97].

O prefixo nesta "classe" é 1110. A classe E tem prefixo 1111 e está reservada para uso experimental.

Os endereços IPs são associados com interfaces de rede e não com os computadores em si. Um *gateway* é visto pelas duas redes que o compartilham através de endereços diferentes. Um roteador possui diversos endereços.

Redes Classe A

Cada endereço de rede da classe A possui 8 bits de prefixo de rede com o bit mais significativo definido para 0 e um número de rede de 7 bits, seguido por um número de *host* de 24 bits. Mais modernamente redes de Classe A são chamadas de /8 (pronuncia-se barra 8) porque apresentam prefixo de rede 8 bits.

Redes /8	
Número máximo de redes *	$2^7 - 2 = 126$
Número máximo de <i>Hosts</i> por rede**	$2^{24} - 2 = 16\,777\,214$
Espaço IPv4	50%

	Prefixo	Sufixo	Significado
*	tudo 0	0.0.0.0 /8	este computador (usado para <i>bootstrap</i>)
	127	127.0.0.0 /8	reservado para função <i>loopback</i>
**	Rede	tudo 0s	Esta rede
	Rede	tudo 1s	<i>Broadcast</i>

Tabela 1: Endereços especiais

Redes Classe B

Cada endereço de rede da classe B possui 16 bits de prefixo de rede com os dois bits mais significativos definidos para 10 e um número de rede de 14 bits, seguido por um número de host de 16 bits. Mais modernamente redes de Classe B são chamadas de /16 porque apresentam prefixo de rede 16 bits. Os endereços de classe B tem-se esgotado rapidamente.

Redes /16	
Número máximo de redes	$2^{14} = 16384$
Número máximo de <i>Hosts</i> por rede **	$2^{16} - 2 = 65534$
Espaço IPv4	25%

Redes Classe C

Cada endereço de rede da classe C possui 24 bits de prefixo de rede com os três bits mais significativos definidos para 110 e um número de rede de 21 bits, seguido por um número de host de 8 bits. Mais modernamente redes de Classe C são chamadas de /24 porque apresentam prefixo de rede 24 bits.

Redes /24	
Número máximo de redes	$2^{21} = 2\,097\,152$
Número máximo de <i>Hosts</i> por rede **	$2^8 - 2 = 254$
Espaço IPv4	12.5%

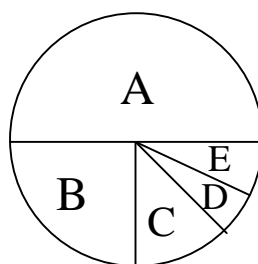


Figura 1 : divisão do espaço de endereçamento IPv4 para endereços *classful*

O padrão Ipv6 pressupõe a extensão do endereçamento IP para 128 bits.

Endereços especiais:

Alguns endereços são reservados e não podem ser utilizados para endereçar computadores na rede:

Endereço do computador

O endereço 0.0.0.0/8 significa “*este computador*”. Este endereço é usado pelo protocolo de *start up* de um computador para obter o endereço IP do próprio host. Como o próprio protocolo IP é utilizado para este fim e este protocolo exige um endereço fonte o endereço 0.0.0.0/8 é utilizado.

Endereço de loopback

O endereço cujo prefixo é 127/8 é utilizado para testar uma aplicação TCP/IP no próprio computador. Dois programas que querem se comunicar via rede podem ser testados desta forma. Toda mensagem enviada para o endereço de prefixo 127. por exemplo, 127.0.0.1 é roteado para o outro programa tentando receber do mesmo endereço.

Endereço da rede

O endereço que começa com um prefixo de rede e é seguido de zeros serve para designar o prefixo atribuído à rede e não os computadores da rede. Por exemplo, o endereço 150.164.0.0/16 serve para designar a rede da UFMG, que recebeu o prefixo 150.164.

Endereço de broadcast

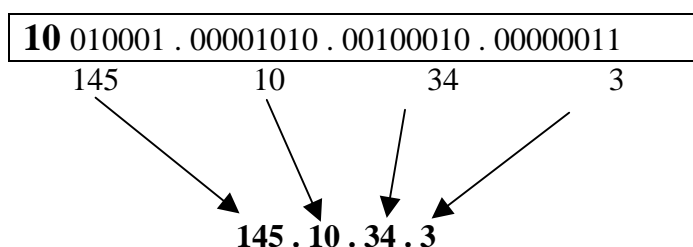
O endereço prefixo seguido de 1s serve para enviar um pacote para todos os *hosts* de uma rede (endereço de *broadcast*).

Notação Decimal com ponto

Ao invés de representar o endereço IP por 32 bits binários é melhor representar cada byte por um número decimal, apenas para facilitar a interface com humanos.

Exemplo

Endereço Classe B:



Em notação decimal, as faixas de endereço das diversas classes ficam:

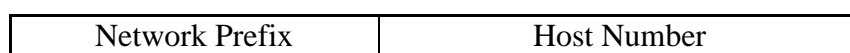
Classe de Endereços	Faixa de Endereços em notação decimal
A (prefixo /8)	1.xx.xx.xx a 126.xx.xx.xx
B (prefixo /16)	128.0.xx.xx a 191.255.xx.xx
C (prefixo /24)	192.0.0.xx a 223.255.255.xx

Problemas do endereçamento por classes puras:

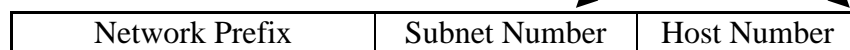
- a) Esgotamento do endereços IP, principalmente os da classe B.
- b) Aumento do tamanho das tabelas de roteamento nos roteadores.

Como as tabelas de roteamento estavam crescendo e os administradores tinham que pedir novos números de rede à Internet toda vez que necessitavam instalar uma nova rede em seu site, foi criado um segundo nível na hierarquia de endereços IP. Esta arquitetura em 3 níveis se chamou de *subnetting*. *Subnetting* divide um único endereço de rede em vários endereços de subrede de tal forma que cada rede física tenha seu próprio endereço.

Hierarquia de 2-níveis (*Classful*):



Hierarquia em três níveis (*Subnet*):



Subnetting resolveu o problema da expansão das tabelas de roteamento, garantindo que a estrutura de subrede de uma rede não é visível fora da rede privada da organização. A rota da Internet para qualquer subrede de um dado endereço IP é a mesma, independente de em qual subrede o host esteja. Os roteadores dentro da organização é que irão diferenciar entre as subredes individuais. Na tabela do roteador da Internet todas as subnets da organização estarão mapeados em uma entrada única.

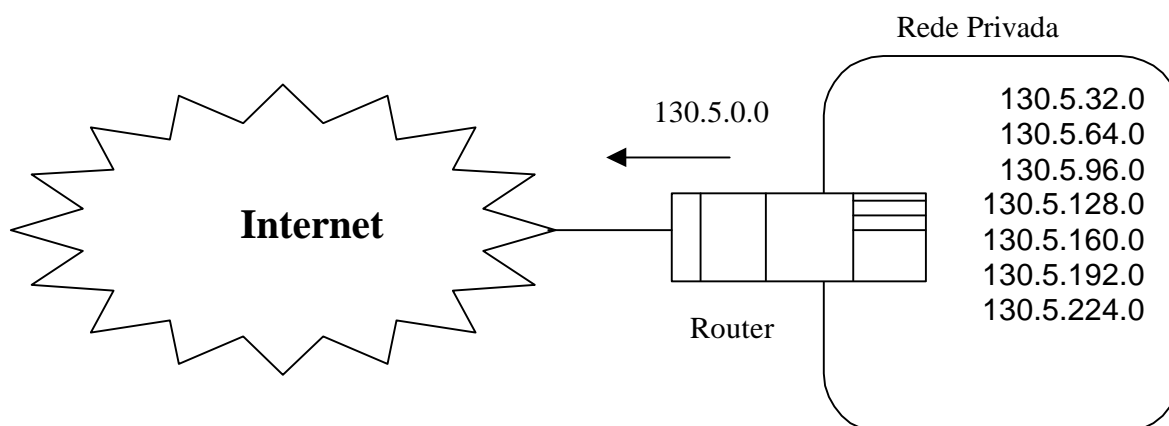
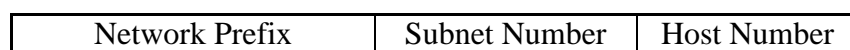


Figura 2 Endereço de rede e tabela de roteamento

Os roteadores da Internet utilizam somente o prefixo de rede do endereço de destino para rotear uma mensagem para uma subnet. Os roteadores locais dentro do ambiente da subnet utilizam o prefixo de rede estendido para rotear o tráfego até o *host* local..

Endereço de Rede Estendido = Network-Prefix + Subnet-Number:

← Extended Network Prefix →



Existem duas maneiras de se identificar o prefixo de rede estendido: pela máscara de subrede (tradicional) ou pelo número de bits que forma o prefixo (notação CIDR).

Exemplo

Se você recebeu o endereço /16: 130.5.0.0 e você deseja usar o terceiro byte para representar o endereço de sub rede, então devemos usar a máscara: 255.255.255.0

		Prefixo de rede	Número de subrede	Número do host
Endereço IP:	130.5.5.25	10000010.00000101.	00000101.	00011001
Máscara de subrede:	255.255.255.0	11111111.11111111.	11111111.	00000000

← prefixo estendido de rede →

Notação CIDR (*Classless Interdomain Routing*)

Ao invés de usar o endereço IP mais a máscara de sub rede como acima, podemos escrever apenas: 130.5.5.25/24. O número 24 designa o número de bits no prefixo de rede.

Embora a notação de endereço acima seja a mais moderna, os protocolos da Internet ainda exigem a máscara de subrede.

Projeto de subredes:

Inicialmente responda às seguintes perguntas:

- 1) Qual o número de subredes existentes na organização hoje ?
- 2) Qual o total de subredes necessárias na organização no futuro ?
- 3) Qual o número de hosts existentes na organização hoje ?
- 4) Qual o número de hosts necessários na organização no futuro ?

Reserve o número de bits necessários para cada campo deixando uma margem para expansão futura.

Exemplo

Uma organização possui o endereço 193.1.1.0/24 e necessita de 6 subredes. O número máximo de hosts a serem suportados é 25.

Número de bits para subredes: 3

Número de bits para hosts: 5

193.1.1.0/24 = **11000001.00000001.00000001.00000000**

Máscara: 11111111.11111111.11111111.11100000 =
255.255.255.224

Endereço estendido: 193.1.1.0/27

Base Net: 11000001.00000001.00000001 .00000000 = 193.1.1.0/24

Subnet #0: 11000001.00000001.00000001. **000** 00000 = 193.1.1.0/27
 Subnet #1: 11000001.00000001.00000001. **001** 00000 = 193.1.1.32/27
 Subnet #2: 11000001.00000001.00000001. **010** 00000 = 193.1.1.64/27
 Subnet #3: 11000001.00000001.00000001. **011** 00000 = 193.1.1.96/27
 Subnet #4: 11000001.00000001.00000001. **100** 00000 = 193.1.1.128/27
 Subnet #5: 11000001.00000001.00000001. **101** 00000 = 193.1.1.160/27
 Subnet #6: 11000001.00000001.00000001. **110** 00000 = 193.1.1.192/27
 Subnet #7: 11000001.00000001.00000001. **111** 00000 = 193.1.1.224/27

Definido o endereço de *broadcast* para cada subnet:

O endereço de broadcast da subnet é o endereço estendido da subnet com todos os bits de host setados para 1.

Exemplo

Endereço de *broadcast* para subnet 6:

Subnet #6: **11000001.00000001.00000001. 110** 11111 = 193.1.1.223/27

Roteamento

Quando o *host* destino está na mesma rede local, o dado é enviado ao *host*.

Quando o *host* destino está numa rede remota, o dado é enviado a um *gateway* local.

O protocolo IP toma decisões de roteamento baseado na porção *network* do endereço. Se a rede destino for a rede local, a máscara de subrede local é aplicada ao endereço destino.

As decisões de roteamento são tomadas após consulta à tabela de roteamento.

Para exibir a tabela de roteamento em sistema UNIX:

Netstat -nr (*routing / numeric form*)

Exemplo

Netstat -nr
 Routing tables

Destination	Gateway	Flags	Refcnt	Use	Interface
127.0.0.1	127.0.0.1	UH	1	298	lo0
Default	128.66.12.1	UG	2	50360	1e0
128.66.12.0	128.66.12.2	U	40	111379	1e0
128.66.2.0	128.66.12.3	UG	4	1179	1e0
128.66.1.0	128.66.12.3	UG	10	1113	1e0
128.66.3.0	128.66.12.3	UG	2	1379	1e0
128.66.4.0	128.66.12.3	UG	4	1119	1e0

Formato:

Destination	Gateway	Flags	Refcnt	Use	Interface
Rede destino ou host	Gateway a ser acessado	Up Host Gateway reDirect	Número de vezes que a rota foi referenciada para conexão	Número de pacotes transmitidos	Nome da interface de rede

Observar:

- A primeira entrada da tabela é a rota *loopback* para o host local. Todo sistema usa esta rota para enviar datagramas para si mesmo.
- A entrada *default* serve para constituir a rota default que é buscada quando nenhuma rota específica atende um endereço de rede. Neste caso a mensagem é enviada pelo gateway default.
- Este host está conectado à rede 128.66.12.0 já que a entrada para esta rede na tabela não especifica um gateway externo (Flag G não está ativada).

Exemplo

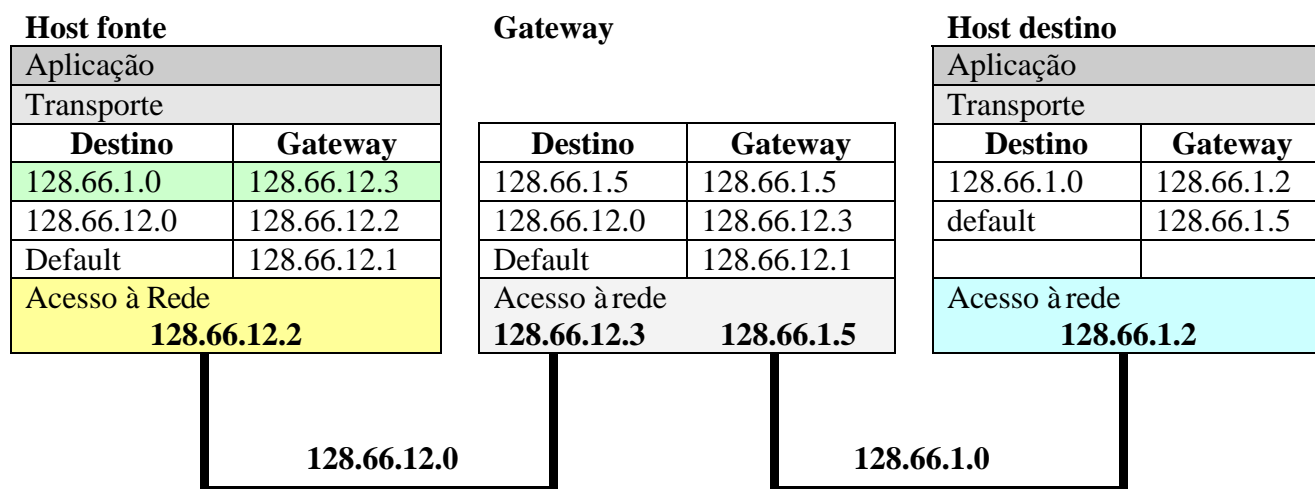


Figura 3 Roteamento de mensagens através de um gateway

Suponha que o host 128.66.12.2 queira se comunicar com o host 128.66.1.2. Para determinar o endereço de rede do nodo destino, o host fonte aplica a *subnet mask* 255.255.255.0 ao endereço 128.66.1.2. O endereço da rede destino será portanto: 128.66.1.0. Consultando a tabela, vemos que para enviar dado para a rede 128.66.1.0 devemos enviá-lo ao *gateway* 128.66.12.3. Este *gateway* reenvia a mensagem através da interface 128.66.1.5.

A tabela de roteamento apenas aponta para o próximo *gateway* (*nexthop*).

Variable Length Subnet Masks (VLSM)

Quando uma rede IP permite o uso de mais de uma máscara de subnet, ela considerada uma rede com tamanho variável de máscaras de subrede, uma vez que os prefixos estendidos de rede possuem diferentes comprimentos.

Protocolo RIP-1:

Permite apenas uma máscara de subrede, porque ele não provê informação de submáscara como parte de suas mensagens de atualização de tabela .

As vantagens de se usar múltiplas máscaras de subrede são:

- Permite um melhor aproveitamento o espaço de endereçamento IP.
- Permite maior agregação de rota, o que pode reduzir significamente a quantidade de informação de roteamento trafegando no *backbone*.

Melhor aproveitamento do espaço de endereçamento

Uma sub máscara única implicava em se ter um número fixo de subredes, cada uma com um tamanho fixo.

Exemplo

Endereço IP: 130.5.0.0/16

Prefixo estendido de rede: /22

	← prefixo de rede →	← subnet→	← host number →
130.5.0.0/22 =	10000010.	00000101.	000000 00. 00000000
	←	prefixo estendido de rede	→

São permitidas 64 subredes, cada uma com 1022 hosts.

Existem na organização algumas subredes pequenas de 20 ou 30 hosts.

Usando um endereço /22 cerca de 1000 endereços serão desperdiçados por subrede.

Solução: usar mais de uma máscara de subrede.

Por exemplo suponha que seja possível usar uma segunda máscara /26.

	← prefixo de rede →	← subnet→	←host number →
130.5.0.0/26 =	10000010.	00000101.	00000000.00 000000
	←	prefixo estendido de rede	→

Esta nova máscara permite usar 1024 subredes cada qual com 62 endereços. O prefixo /26 é ideal para pequenas subnets com menos de 60 hosts enquanto o prefixo /22 é melhor para subnets grandes contendo até 1000 hosts.

Agregação de rotas

VLSM permite uma divisão recursiva do espaço de endereçamento para que ele seja agregado de forma a reduzir a quantidade de informação de roteamento no nível superior. Esta divisão permite que informações de um grupo de subrede seja escondida de roteadores em outro grupo de subrede.

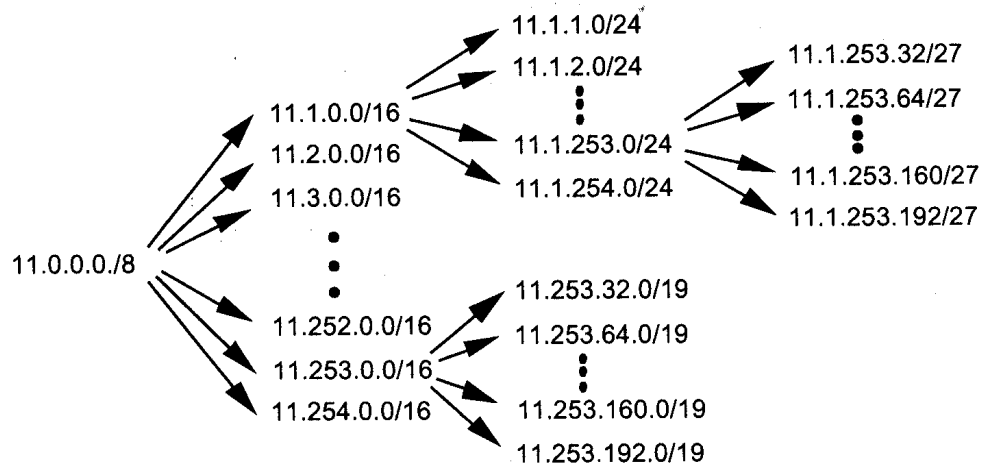


Figura 4: Divisão recursiva de um prefixo de rede

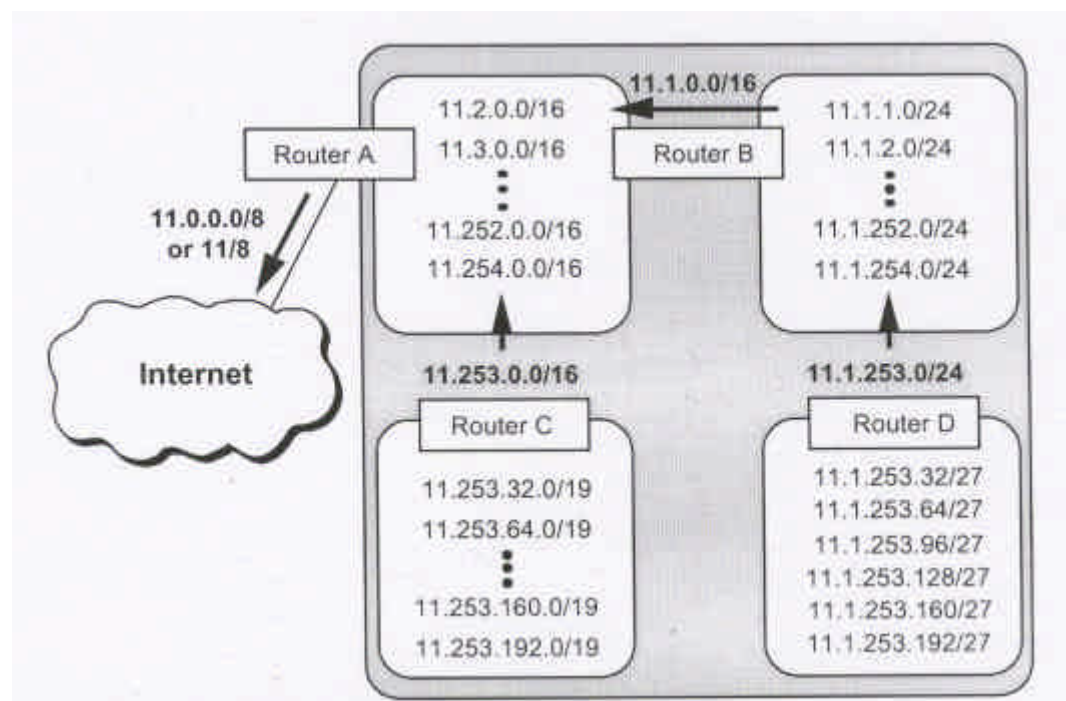


Figura 5: Agregação de endereço

A Figura 5 ilustra como uma alocação correta de VLSM reduz o tamanho das tabelas de rotas da organização. O roteador D pode sumarizar todas as 6 sub-redes

através dele em um único endereço de propaganda (11.1.253.0/24) e o roteador B pode agregar todos os seus endereços na propaganda 11.1.0.0/16. O roteador C sumariza os seus endereços no endereço 11.253.0.0/16 e finalmente, uma vez que a estrutura do subnet não é visível fora da organização, o roteador A injeta uma única rota na tabela de roteamento global da Internet: 11.0.0.0/8 (ou 11/8).

Exercícios

Classful IP Addressing

1. Complete the following table, which provides practice in converting a number from binary notation to decimal format.

Binary	128	64	32	16	8	4	2	1	Decimal
11001100	1	1	0	0	1	1	0	0	$128+64+8+4 = 204$
10101010									
11100011									
10110011									
00110101									

2. Complete the following table, which provides practice in converting a number from decimal notation to binary format.

Decimal	128	64	32	16	8	4	2	1	Binary
48	0	0	1	1	0	0	0	0	$48=32+16=00110000_2$
222									
119									
135									
60									

3. Express 145.32.59.24 in binary format and identify the address class:

4. Express 200.42.129.16 in binary format and identify the address class:

5. Express 14.82.19.54 in binary format and identify the address class:

Subnetting Exercise #1

Assume that you have been assigned the 132.45.0.0/16 network block. You need to establish eight subnets

1. _____ binary digits are required to define eight subnets.
2. Specify the extended-network-prefix that allows the creation of 8 subnets.

3. Express the subnets in binary format and dotted decimal notation:

#0

#1

#2

#3

#4

#5

#6

#7

4. List the range of host addresses that can be assigned to Subnet #3 (132.45.96.0/19).

6. What is the broadcast address for Subnet #3 (132.45.96.0/19) ?

Subnetting Exercise #2

1. Assume that you have been assigned the 200.35.1.0/24 network block. Define an extended-network-prefix that allows the creation of 20 hosts on each subnet.

2. What is the maximum number of hosts that can be assigned to each subnet?

3. What is the maximum number of subnets that can be defined?

4. Specify the subnets of 200.35.1.0/24 in binary format and dotted decimal notation.

5. List range of host addresses that can be assigned to Subnet #6 (200.35.1.192/27)

6. What is the broadcast address for subnet 200.35.1.192/27?

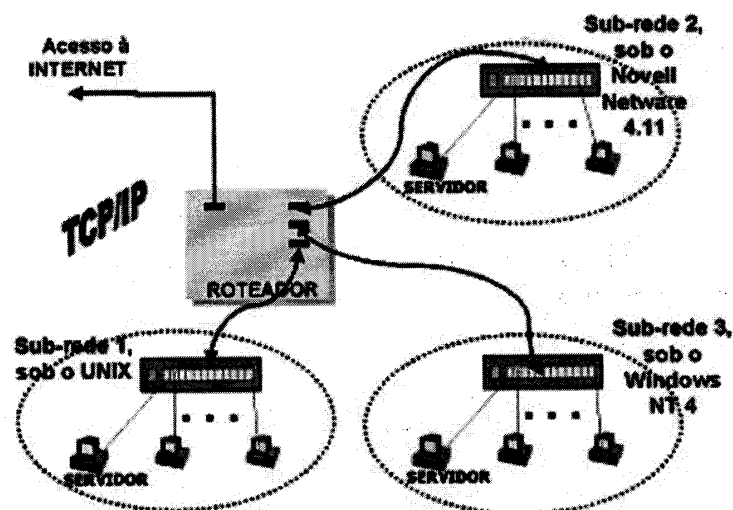
Outros exercícios:

1) Complete a terceira coluna

Endereço IP	Máscara de subrede	Interpretação
128.66.12.1	255.255.255.0	Host 1 na subnet 128.66.12.0
130.97.16.132	255.255.255.192	
192.178.16.66	255.255.255.192	
132.90.132.5	.55.255.240.0	
18.20.16.91	255.255.0.0	

2) Questão do provão 2000

Você é o engenheiro responsável pela rede de computadores da Universidade UNIMAGEM, que esta estruturada conforme o esquema abaixo. Ela é constituída de três sub-redes e permite o acesso a Internet sob o protocolo TCP/IP.



Quanto a essa rede, responda as perguntas a seguir.

- A que classe pertence o endereço IP 204.140.111.0 ? Justifique sua resposta **(valor: 2,0 pontos)**
- Qual é a quantidade total de endereços de "hosts" com o referido endereço IP? Justifique sua resposta. **(valor: 2,0 pontos)**
- Qual é a faixa de variação do referido endereço, com relação ao número máximo de endereços de "hosts"? **(valor: 1,0 ponto)**
- Utilizando somente o endereço IP recebido, a UNIMAGEM tem as três sub-redes configuradas, cada uma contendo no máximo 32 pontos de conexão. Assim sendo, a mascara de rede 255.255.255.224 pode ser usada para distribuir subfaixas de endereços a todas as sub-redes?

Justifique. Em caso de resposta negativa, qual deve ser a mascara de rede? **(valor: 3,0 pontos)**

- e) Se o ambiente contivesse uma única sub-rede em vez de três, qual seria a mascara de sub-rede a ser empregada, utilizando o endereço IP 204.140.111.0 ? **(valor: 2,0 pontos)**

Dados/Informações Técnicas:

Para a configuração TCP/IP. a UNIMAGEM recebeu um endereço IP 204.140.111.0

- 3) Complete a tabela abaixo:

Primeiros 4 bits do endereço	Classe do endereço
0000	A
0001	
0010	
0011	
0100	
0101	
0110	
0111	
1000	
1001	
1010	
1011	
1100	
1101	
1110	
1111	

Bibliografia

- [Comer 01] Computer networks and internets, Douglas E. Comer, 3rd edition, Prentice Hall, 2001.
- [Hunt 94] Craig Hunt, TCP/IP - Network Administration, O'Reilly & Associates, Inc. , 1994
- [Semeria 96] Chuck Semeria, Understanding IP Addressing: Everything You ever wanted to know, 3Com Corporation, 1996
- [Morton 97] David Morton, Understanding IPv6, PC network Advisor, May 1997, pp 17..22
- [IPMI 97] David Morton, How IP Multicast works, Stardust Technologies, Inc. white paper, www.ipmulticast.com