



Laboratório de Pesquisa em Redes e Multimídia

# VLSM

## Variable-Length Subnetwork Mask

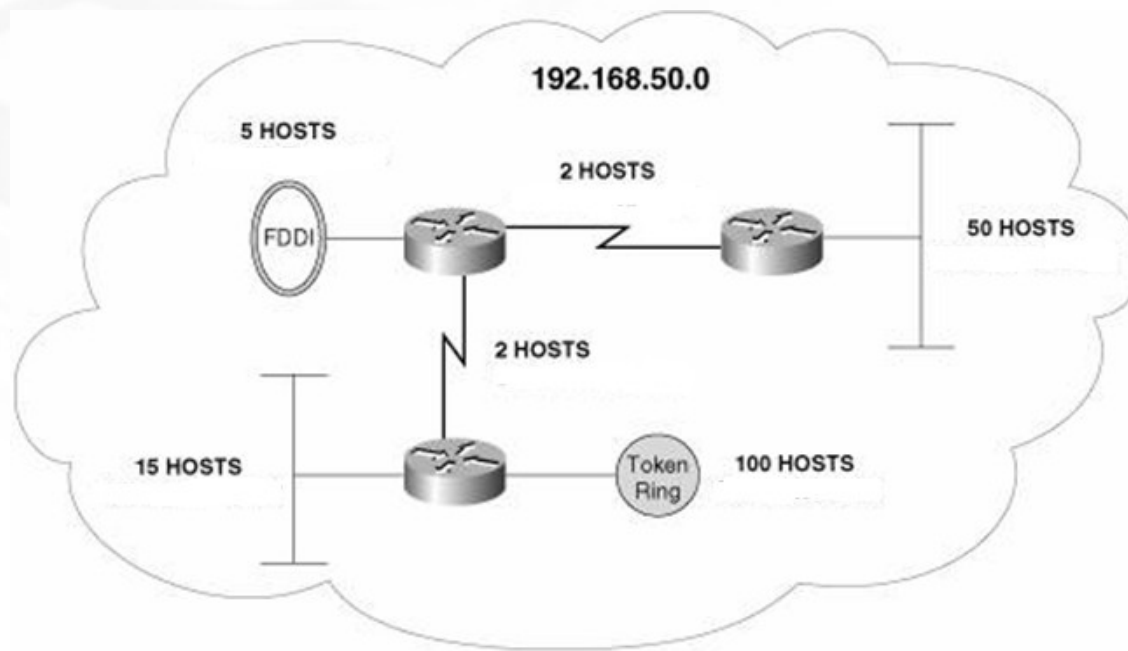
Prof. José Gonçalves  
Departamento de Informática - UFES  
zegonc@inf.ufes.br



Universidade Federal do Espírito Santo  
Departamento de Informática

## Exemplo 1 (O Problema)

- Dado o bloco de endereços classe C da rede abaixo, implementar um esquema de sub-redes que atenda aos requisitos individuais de número máximo de hosts.



## Exemplo 1 (O Problema) (cont.)

- No Exemplo 1, é impossível implementar um esquema de sub-redes que atenda aos requisitos individuais de número máximo de hosts em cada sub-rede usando uma única máscara de tamanho fixo.
- A rede *token ring* precisa de 100 endereços de *hosts*, o que requer, no mínimo, 7 bits no campo de HostID ( $2^7 - 2 = 126$  endereços  $> 100$ ). Isto, resulta numa máscara de 25 bits.
- Com um endereço classe C e uma máscara de 25 bits, sobra apenas 1 bit para endereçar todas as sub-redes. Entretanto, com 1 único bit, no máximo duas sub-redes podem ser criadas (vide abaixo). É impossível endereçar todas sub-redes do exemplo.
  - 192.168.50. 0000 0000** = sub-rede #0 = 192.168.50.0/25
  - 192.168.50. 1000 0000** = sub-rede #1 = 192.168.50.128/25
- Nessa situação, deve ser empregado o esquema de endereçamento *VLSM - Variable Length Subnetwork Mask*, em que as máscaras das sub-redes podem assumir valores (tamanhos) diferentes.

## Exemplo(1): Uma Solução

- Voltando ao Exemplo(1), usando VLSM, um dos endereços de sub-rede (192.168.5.128) pode ser sub-dividido, resultando no seguinte esquema final de endereçamento:

<b>Subnet/Mask</b>	<b>Address Range</b>	<b>Broadcast Address</b>
192.168.50.0/25	192.168.50.1192.168.50.126	192.168.50.127
192.168.50.128/26	192.168.50.129192.168.50.190	192.168.50.191
192.168.50.192/27	192.168.50.193192.168.50.222	192.168.50.223
192.168.50.224/28	192.168.50.225192.168.50.238	192.168.50.239
192.168.50.240/30	192.168.50.241192.168.50.242	192.168.50.243
192.168.50.244/30	192.168.50.245192.168.50.246	192.168.50.247

## VLSM - Variable Length Subnetwork Mask

- Técnica de endereçamento que permite que mais de uma máscara de sub-rede possa ser definida para um dado endereço IP.
  - O campo “prefixo de rede estendido” passa a poder ter tamanhos diferentes.
- Vantagens:
  - Uso mais eficiente do espaço de endereço atribuído à organização.
  - Permite agregação (sumarização) de rotas, o que pode reduzir significativamente a quantidade de informação de roteamento no nível do *backbone*.

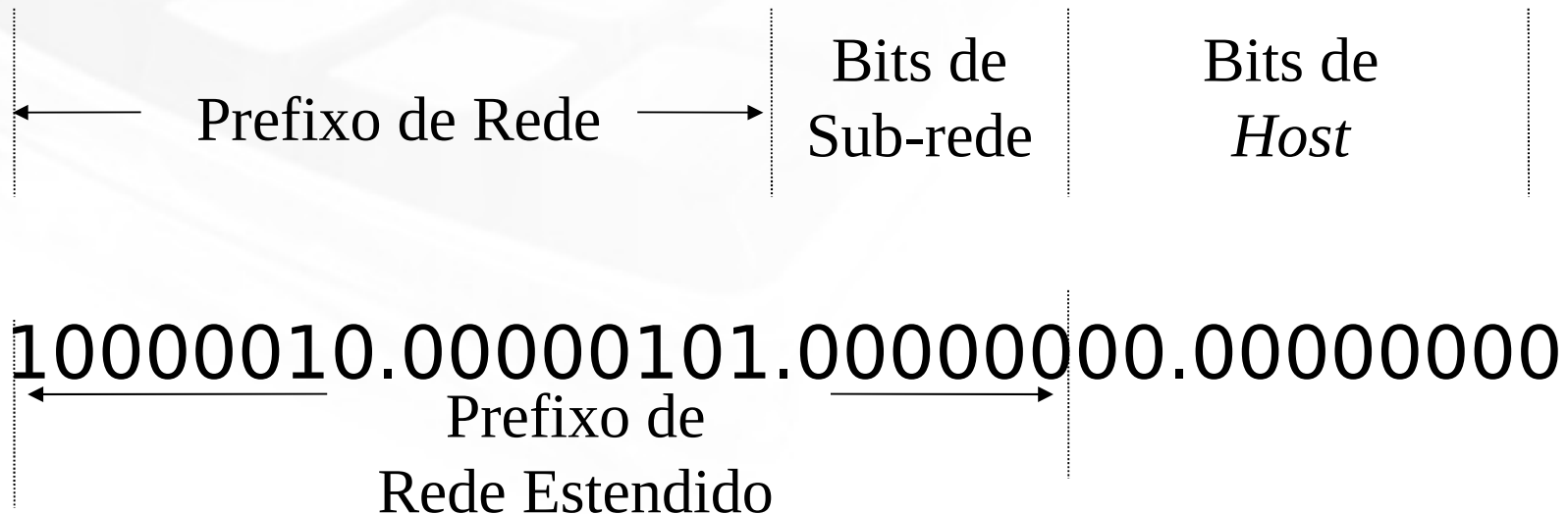
## Vantagem: Uso Eficiente do E.E.

- Seja uma rede /16 (classe B) com prefixo de rede estendido /22 (6 bits para *subnetting*).
  - 64 ( $2^6$ ) sub-redes, cada uma com um máximo de 1022 *hosts* ( $2^{10}-2$ ).
  - Bom esquema para grandes sub-redes, com um grande número de *hosts*. Péssimo para sub-redes com poucos (20, 30) *hosts* (desperdício de +/- 1000 endereços IP).
- Nessa situação, a eficiência de alocação aumentaria se pudéssemos definir mais de uma máscara em um ambiente de sub-redes.
  - Ex: prefixo estendido igual a /26 para pequenas sub-redes (máximo de 62 *hosts*) e /22 para redes grandes, com até 1000 *hosts*.

## Vantagem: Uso Eficiente do E.E. (cont.)

Endereço IP: 130.5.0.0/16

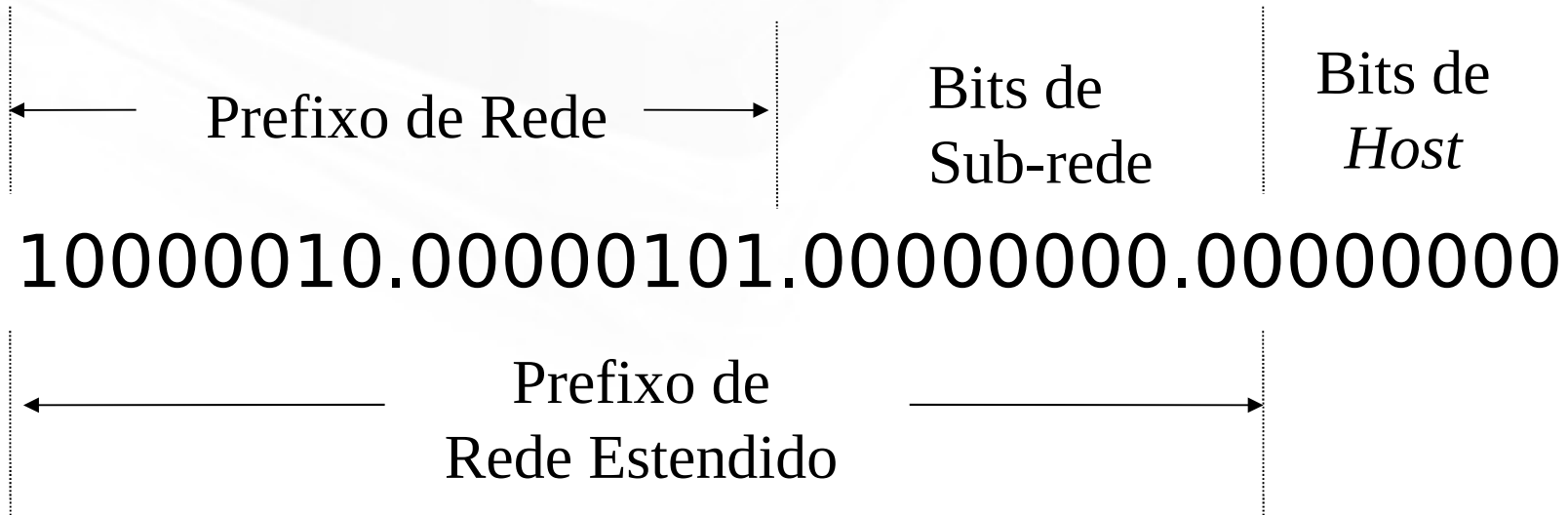
Sub-rede #0: 130.5.0.0/22



## Vantagem: Uso Eficiente do E.E. (cont.)

Sub-sub-rede #1: 130.5.0.0/26

(ou Subnet Mask 255.255.255.192)

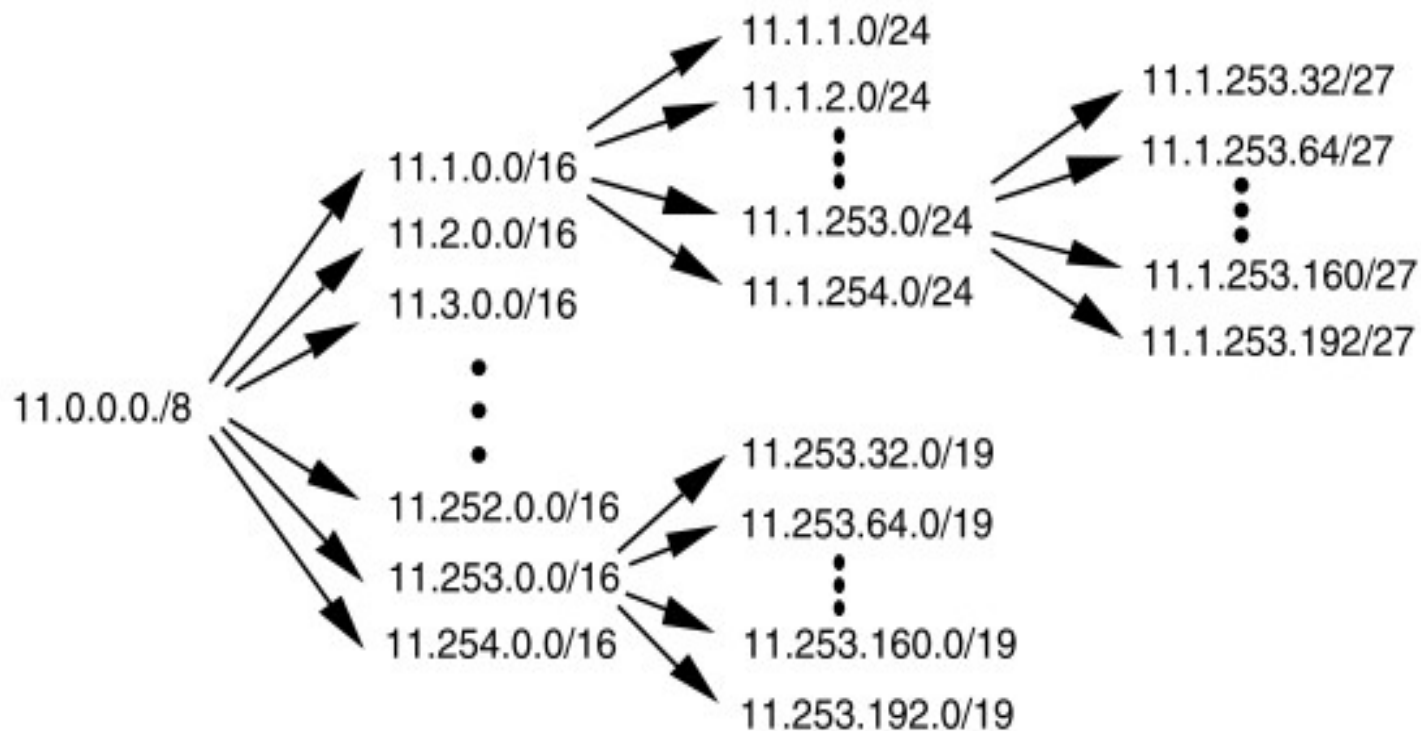




## Vantagem: Agregação de Rotas

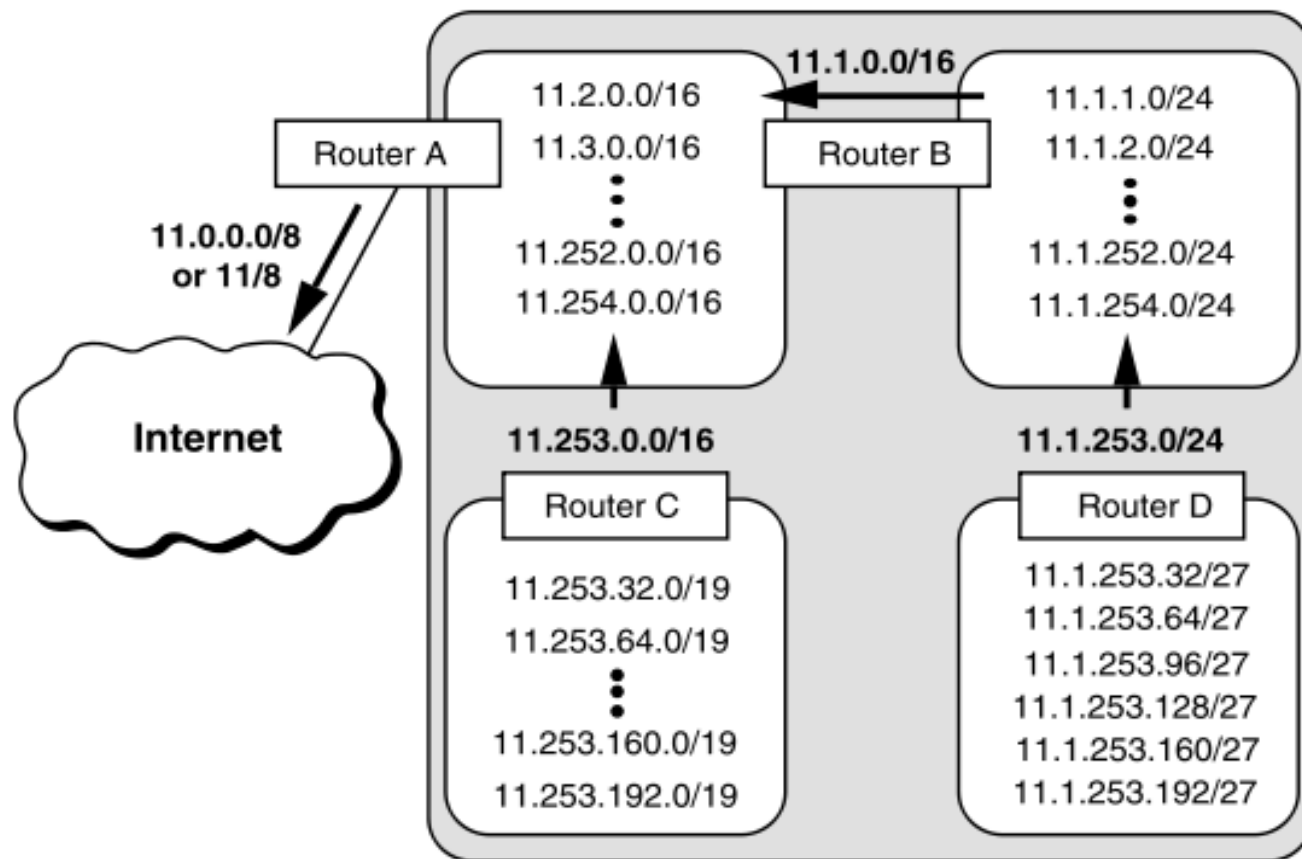
- Permite que uma única entrada na tabela de rotas possa representar várias sub-redes.
  - A estrutura detalhada de informação de roteamento de um grupo de sub-redes é escondida dos roteadores dos outros grupos.
- Permite a divisão recursiva do espaço de endereços da organização.
  - A rede é primeiramente dividida em sub-redes;
  - Algumas dessas sub-redes são divididas em outras sub-redes; e
  - Algumas dessas “sub-sub-redes” são eventualmente divididas em novas sub-redes.

## Vantagem: Divisão Recursiva do Prefixo de Rede



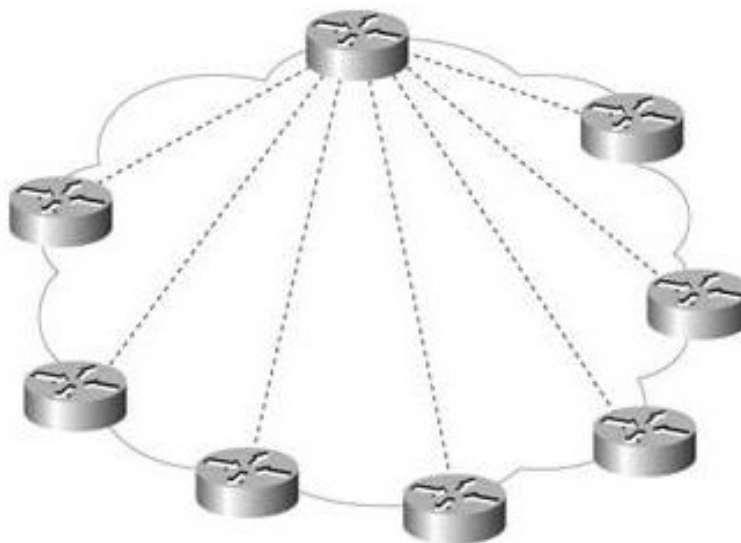
## Vantagem: Agregação (Sumarização) de Rotas

FIGURE 19. Route Aggregation, Reducing Routing Table Size



## VLSM e Enlaces Ponto-a-Ponto

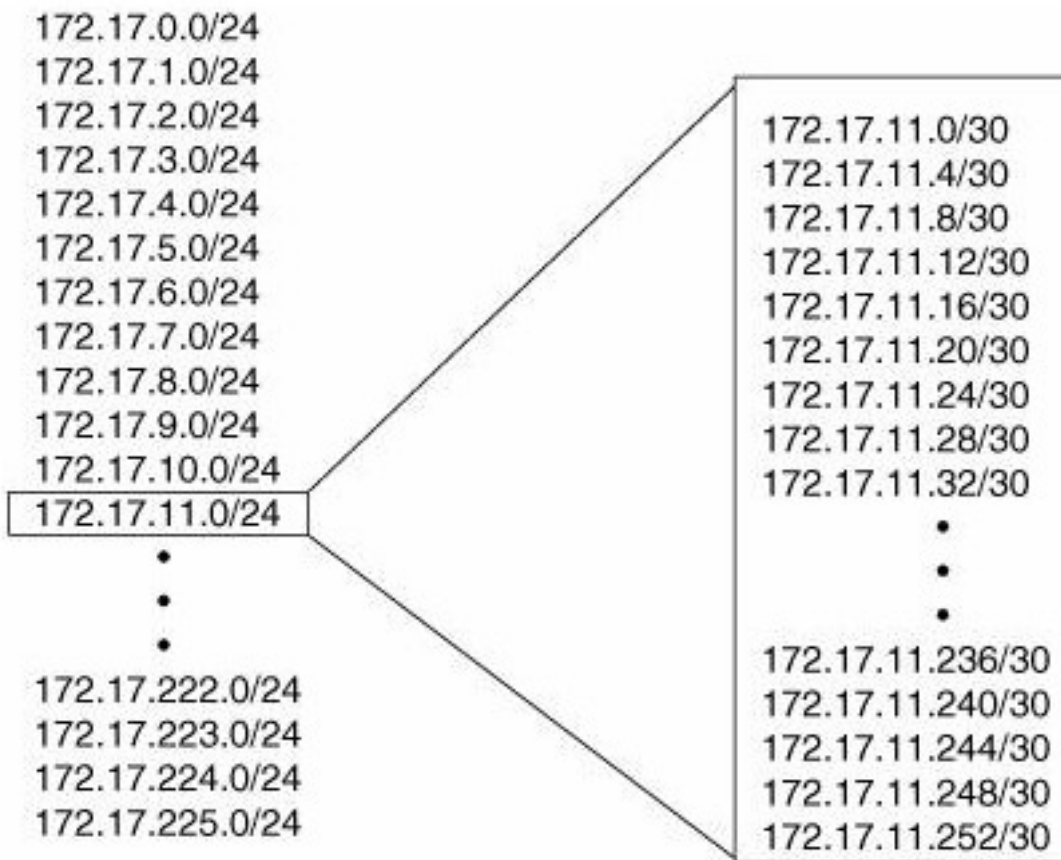
- Links ponto-a-ponto requerem endereço de sub-rede mas precisam apenas de dois endereços de interfaces de rede.
  - Normalmente usam endereços  $x.x.x.x/30$
- Esses *links* são uma boa justificativa para o uso de VLSM.



## VLSM e Enlaces Ponto-a-Ponto (cont.)

- Suponha que um endereço rede classe B seja usado na internet da figura anterior.
- Cada roteador está ligado a várias LANs, cada uma delas com até 175 dispositivos conectados. Nesta situação:
  - Uma máscara de 24 bits deve ser usada ( $2^8$  sub-redes, cada uma delas com  $2^8 - 2 = 254$  endereços de host).
  - Se fossemos usar um endereço de sub-rede para cada uma das 7 sub-redes dos *links* ponto-a-ponto, perderíamos 252 endereços em cada *link*.
  - Usando VLSM podemos eleger um único desses endereços de sub-rede e sub-subnetá-lo com uma máscara de 30 bits. Com isso teríamos endereços de sub-sub-redes para todos os *links*.

## VLSM e Enlaces Ponto-a-Ponto (cont.)



## Requisitos para Uso de VLSM

- Os protocolos de roteamento devem carregar a informação de prefixo de rede estendido em cada anúncio de rota.
  - OSPF, I-IS-IS e RIP-2.
- Todos os roteadores devem implementar um algoritmo de *forwarding* consistente, baseado na escolha da maior máscara ("*longest match*").
- Para a agregação de rotas ocorrer os endereços devem ser atribuídos de modo a ter algum significado topológico.



## Algoritmo “Longest Match”

FIGURE 20. Best Match Route with Longest Prefix (Most Specific)

Destination	11.1.2.5	=	00001011.00000001.00000010.00000101
* Route #1	11.1.2.0/24	=	<u>00001011.00000001.00000010.00000000</u>
Route #2	11.1.0.0/16	=	<u>00001011.00000001.00000000.00000000</u>
Route #3	11.0.0.0/8	=	<u>00001011.00000000.00000000.00000000</u>

A very subtle but extremely important issue is that since the destination address matches all three routes, it must be assigned to a host that is attached to the 11.1.2.0/24 subnet. If the 11.1.2.5 address is assigned to a host that is attached to the 11.1.0.0/16 or 11.0.0.0/8 subnet, the routing system will never route traffic to the host since the “longest match algorithm” assumes that the host is part of the 11.1.2.0/24 subnet. Great care must be taken when assigning host addresses to ensure that every host is reachable.

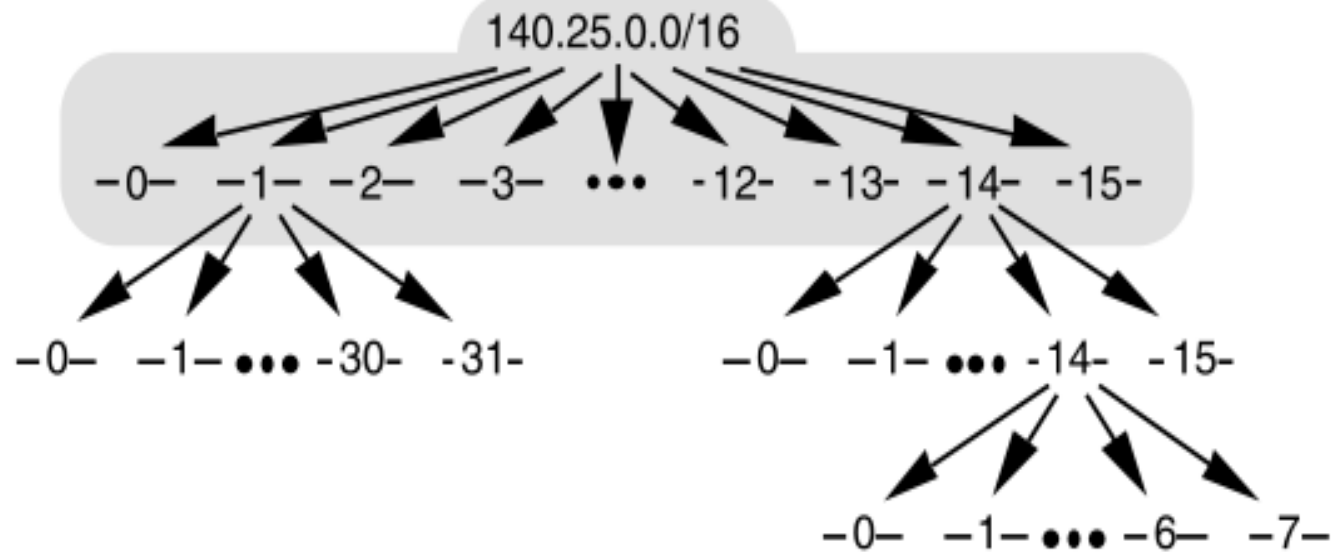


## Exemplo

- An organization has been assigned the network number 140.25.0.0/16 and it plans to deploy VLSM according the figure. In the proposed design, the base network is divided in 16 equal-sized address blocks. Then Subnet #1 is divided into 32 equal-sized address blocks and Subnet #14 is divided into 16 equal sized address blocks. Finally, Subnet #14-14 is divided into 8 equal sized address block.
  - a. Specify the 16 Subnets of 140.25.0.0/16
  - b. Define the host addresses for Subnet #3 (140.25.48.0/20)
  - c. Define the Sub-Subnets for Subnet # 14 (140.25.224.0/20)
  - d. Define host addresses for Subnet #14-3 (140.25.227.0/24)
  - e. Define the Sub<sup>2</sup>-Subnet for Subnet #14-14 (140.25.238.0/24)
  - f. Define the host addresses for Subnet #14-14-2 (140.25.238.64/27)

# Exemplo (cont.)

FIGURE 22. Sixteen Subnets for 140.25.0.0/16

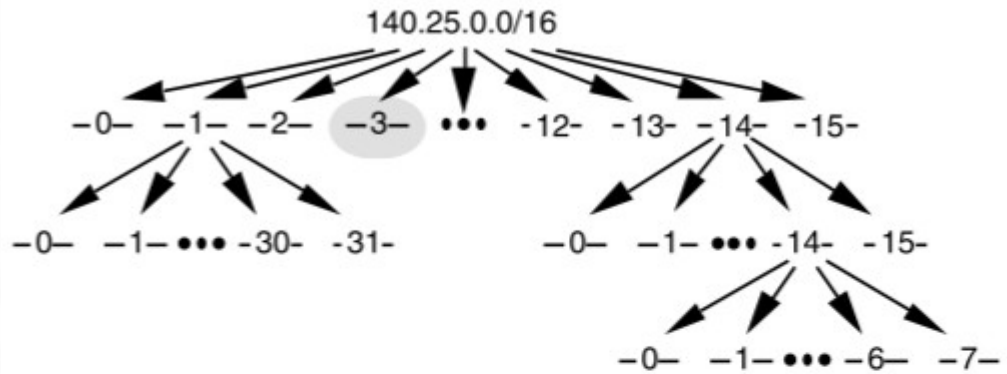


## Exemplo (cont.)

Base Network: 10001100.00011001.00000000.00000000 = 140.25.0.0/16  
Subnet #0: 10001100.00011001.0000 0000.00000000 = 140.25.0.0/20  
Subnet #1: 10001100.00011001.0001 0000.00000000 = 140.25.16.0/20  
Subnet #2: 10001100.00011001.0010 0000.00000000 = 140.25.32.0/20  
Subnet #3: 10001100.00011001.0011 0000.00000000 = 140.25.48.0/20  
Subnet #4: 10001100.00011001.0100 0000.00000000 = 140.25.64.0/20  
:  
:  
Subnet #13: 10001100.00011001.1101 0000.00000000 = 140.25.208.0/20  
Subnet #14: 10001100.00011001.1110 0000.00000000 = 140.25.224.0/20  
Subnet #15: 10001100.00011001.1111 0000.00000000 = 140.25.240.0/20

# Exemplo (cont.)

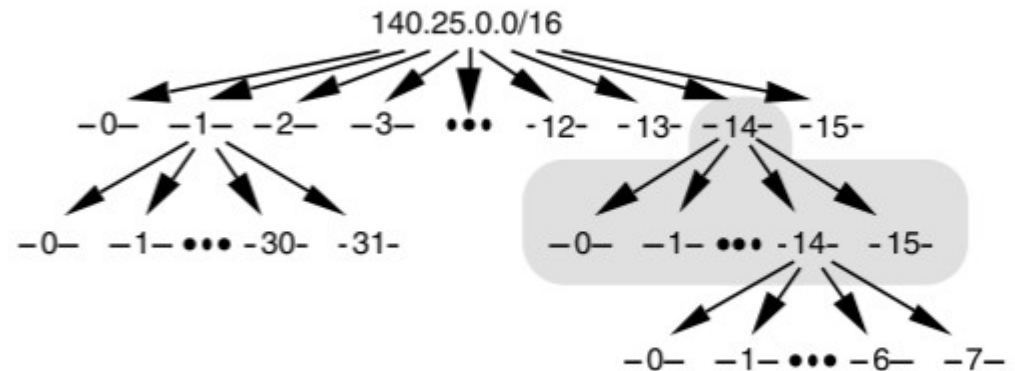
FIGURE 23. Host Address for Subnet #3 (140.25.48.0/20)



Since the host number field of Subnet #3 contains 12 bits, there are 4,094 valid host addresses (2<sup>12</sup> - 2) in the address block. The hosts are numbered 1 through 4,094. The valid host addresses for Subnet #3 are listed in the following sample code. The underlined portion of each address identifies the extended network prefix, while the bold digits identify the 12-bit host number field:

- Subnet #3: 10001100.00011001.0011 0000.00000000 = 140.25.48.0/20
- Host #1: 10001100.00011001.0011 **0000.00000001** = 140.25.48.1/20
- Host #2: 10001100.00011001.0011 **0000.00000010** = 140.25.48.2/20
- Host #3: 10001100.00011001.0011 **0000.00000011** = 140.25.48.3/20
- :
- :
- Host #4093: 10001100.00011001.0011 **1111.11111101** = 140.25.63.253/20
- Host #4094: 10001100.00011001.0011 **1111.11111110** = 140.25.63.254/20

FIGURE 24. Sub-Subnets for Subnet #14 (140.25.224.0/20)



Since  $16 = 2^4$ , four more bits are required to identify each of the 16 subnets. This means that the organization will need to use a /24 as the extended network prefix length. The 16 subnets of the 140.25.224.0/20 address block are listed in the following sample code. The subnets are numbered 0 through 15. The underlined portion of each sub-subnet address identifies the extended network prefix, while the bold digits identify the 4 bits representing the sub-subnet number field:

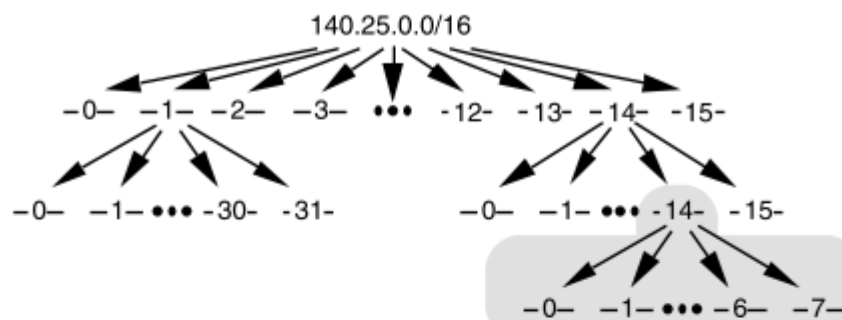
Subnet #14: 10001100.00011001.1110 0000.00000000 = 140.25.224.0/20  
 Subnet #14-0: 10001100.00011001.1110 **0000**.00000000 = 140.25.224.0/24  
 Subnet #14-1: 10001100.00011001.1110 **0001**.00000000 = 140.25.225.0/24  
 Subnet #14-2: 10001100.00011001.1110 **0010**.00000000 = 140.25.226.0/24  
 Subnet #14-3: 10001100.00011001.1110 **0011**.00000000 = 140.25.227.0/24  
 Subnet #14-4: 10001100.00011001.1110 **0100**.00000000 = 140.25.228.0/24  
 .  
 .  
 Subnet #14-14: 10001100.00011001.1110 **1110**.00000000 = 140.25.238.0/24  
 Subnet #14-15: 10001100.00011001.1110 **1111**.00000000 = 140.25.239.0/24

## Exemplo (cont.)



## Exemplo (cont.)

FIGURE 27. Host Addresses for Subnet #14-14-2 (140.25.238.64/27)



Each of the subnets of Subnet #14-14 has 5 bits in the host number field. This means that each subnet represents a block of 30 valid host addresses (25 - 2). The hosts will be numbered 1 through 30.

The valid host addresses for Subnet #14-14-2 are listed in the following sample code. The underlined portion of each address identifies the extended network prefix, while the bold digits identify the 5-bit host number field:

Subnet #14-14-2: 10001100.00011001.11101110.010 00000 = 140.25.238.64/27  
 Host #1 10001100.00011001.11101110.010 **00001** = 140.25.238.65/27  
 Host #2 10001100.00011001.11101110.010 **00010** = 140.25.238.66/27  
 Host #3 10001100.00011001.11101110.010 **00011** = 140.25.238.67/27  
 Host #4 10001100.00011001.11101110.010 **00100** = 140.25.238.68/27  
 Host #5 10001100.00011001.11101110.010 **00101** = 140.25.238.69/27  
 .  
 Host #29 10001100.00011001.11101110.010 **11101** = 140.25.238.93/27  
 Host #30 10001100.00011001.11101110.010 **11110** = 140.25.238.94/27

The broadcast address for Subnet #14-14-2 is the all-1s host address or:

10001100.00011001.11011100.010 **11111** = 140.25.238.95

The broadcast address for Subnet #6-14-2 is exactly one less than the base address for Subnet #14-14-3 (140.25.238.96).

## Exercício

- An organization has been assigned the network number 140.25.0.0/16 and it plans to deploy VLSM. The following figure provides a graphic display of the VLSM design for the organization.
  - a. Specify the 8 Subnets of 140.25.0.0/16
  - b. Identify the broadcast address for Subnet #3 (140.25.96.0)
  - c. Specify the 16 subnets of Subnet #6 (140.25.192.0/19)
  - d. List the host addresses that can be assigned to Subnet #6-3 (140.25.198.0/23)
  - e. Identify the broadcast address for Subnet #6-3
  - f. Specify the 8 Subnets of Subnet #6-14 (140.25.220.0/23)
  - g. List the host addresses that can be assigned to Subnet #6-3 (140.25.198.0/23)
  - h. 140.25.0.0/16
  - i. Define host addresses for Subnet #6-14-2 (140.25.220.128/26)
  - j. Identify the broadcast address for Subnet #6-14-2

# Exercício (cont.)

