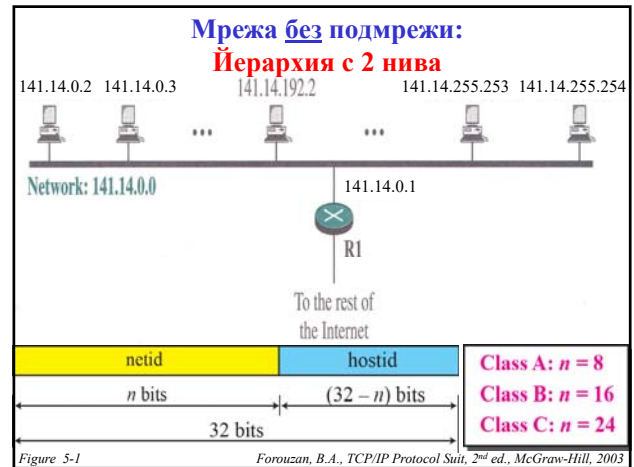
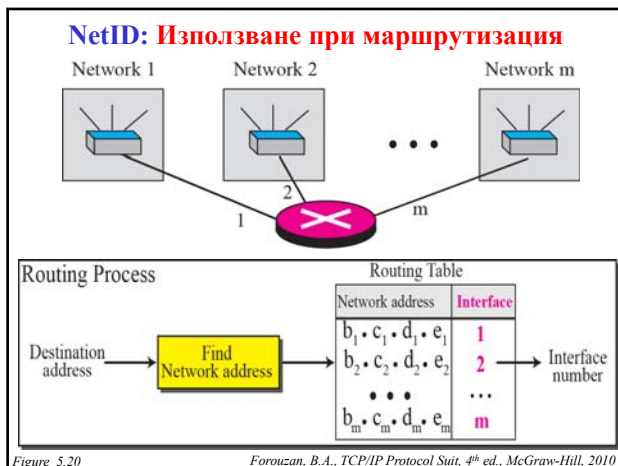


## IPv4 адресация с класове (classful addressing): Подмрежи и супермрежи

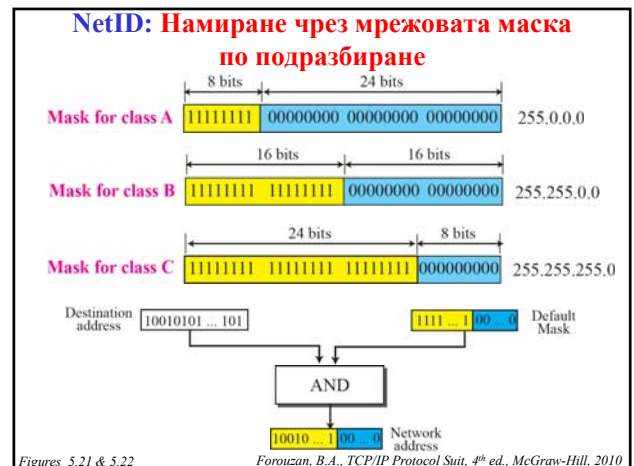
1



2



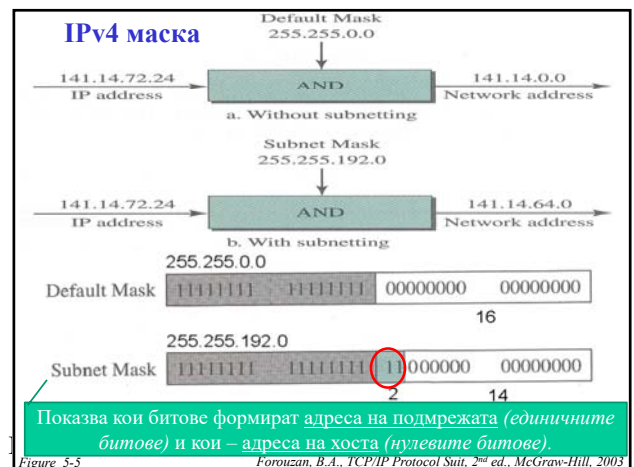
3



4



5



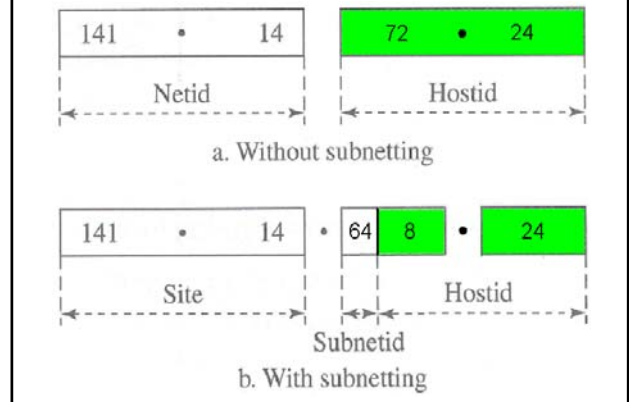
6

### Прилагане на побитово логическо И (AND) за определяне на (под)мрежовия адрес

IP address	141.14.72.24	10001101	00001110	01001000	00011000
Mask		11111111	11111111	00000000	00000000
Network address	141.14.0.0	10001101	00001110	00000000	00000000
a. Without subnetting					
IP address	141.14.72.24	10001101	00001110	01001000	00011000
Mask		11111111	11111111	11000000	00000000
Network + Subnetwork address	141.14.64.0	10001101	00001110	01000000	00000000
b. With subnetting					

7

### HostID: Без/с подмрежи



8

### IPv4: Използване на подмрежи

- Позволява разделяне на IPv4 мрежа на няколко части за вътрешна употреба
  - Делението не се вижда извън мрежата
  - Мрежата съществува като едно единно цяло за външния свят (Интернет)
- Локален проблем
  - Формирането на нова подмрежа не изисква разрешение от ICANN
    - Internet Corporation for Assigned Names and Numbers
  - Не изисква промяната на външни бази данни
    - Само локалните маршрутизатори (на организацията) трябва да бъдат правилно конфигурирани
  - Позволява произволна комплексност на взаимосвързани локални мрежи в рамките на организацията
  - Скрива за останалия Интернет нарастването на броя на IP мрежите в него и съпътстващите усложнения по маршрутизацията.
- Намаляване размера на маршрутизиращите таблици на локалните маршрутизатори
- Улеснява мрежовото администриране
  - Например, добавяне, разместване, премахване на хостове и др.
- Позволява лесно филтриране на IP пакети

9

### IPv4 подмрежи: Пример

Мрежа, използваща IPv4 адресен блок от клас C, трябва да се раздели на 6 подмрежи с еднакъв размер.

Да се намери подмрежовата маска и адресният диапазон на всяка подмрежа.

$$\text{Решение: } 2^2 < 6 < 2^3$$

=> Необходими са **3** бита за адресиране на подмрежите.

10

### Пример: Подмрежова маска

Mask	255.255.255.0
Netid	Hostid
11111111 11111111 11111111	00000000
a. Without subnetting	
Mask	255.255.255.224
Netid	Subnetid Hostid
11111111 11111111 11111111	11100000
b. With subnetting	

11

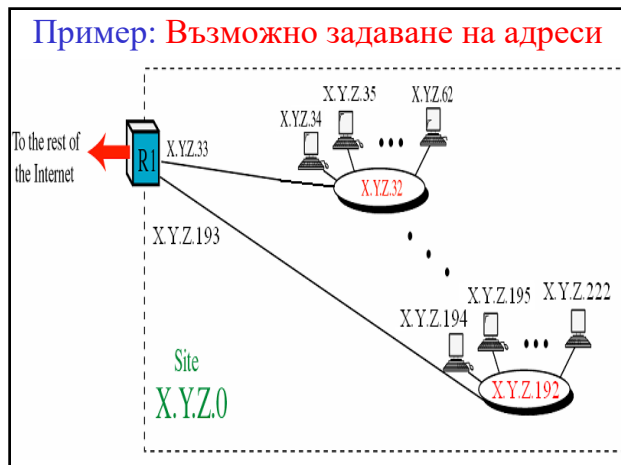
### Пример: Диапазон на използваемите IP адреси

Special addresses hostid all 0s					Special addresses hostid all 1s
0 subnet	X.Y.Z.0	X.Y.Z.1	...	X.Y.Z.30	X.Y.Z.31
1st subnet	X.Y.Z.32	X.Y.Z.33	...	X.Y.Z.62	X.Y.Z.63
2nd subnet	X.Y.Z.64	X.Y.Z.65	...	X.Y.Z.94	X.Y.Z.95
...	...	...	...	...	...
6th subnet	X.Y.Z.192	X.Y.Z.193	...	X.Y.Z.222	X.Y.Z.223
7th subnet	X.Y.Z.224	X.Y.Z.225	...	X.Y.Z.254	X.Y.Z.255
<b>Using all-zeros subnet (subnet 0) and all-ones subnet (subnet 7):</b> RFC1878 states: "The practice of <b>excluding</b> all-zeros and all-ones subnets is <b>obsolete</b> . Modern software will be able to utilize all definable networks." Today, the use of subnet zero and the all-ones subnet is generally accepted and most vendors support their use. However, on certain networks, particularly the ones using legacy software, the use of subnet zero and the all-ones subnet can lead to problems.					

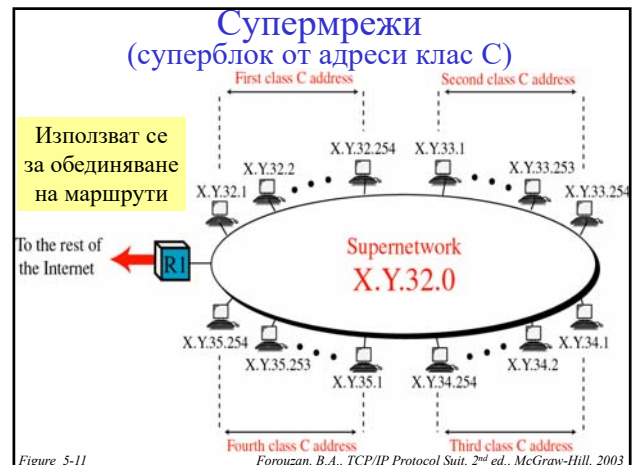
12

ф. Иван

2



13



14

**IPv4: Използване на супермрежи**

- Намалява размера на маршрутизиращите таблици на **външните** маршрутизатори
- Комбинира множество малки префикси в един голям префикс
  - Само 1 запис в маршрутизиращата таблица
- Изисквания:**
  - Броят на блоковете трябва да е степен на двойката
  - Съседни/последователни блокове
    - Без промеждутъци м/у тях
  - За **клас C**: 3. байт на 1, адрес трябва да се дели без остатък на броя на блоковете
  - Например следният набор от клас C адреси може да се използва за образуването на супермрежа: X.Y.32.0; X.Y.33.0; X.Y.34.0; X.Y.35.0

Default mask	Network address	Next hop address
255.255.255.0	X.Y.32.0	.....
255.255.255.0	X.Y.33.0	.....
255.255.255.0	X.Y.34.0	.....
255.255.255.0	X.Y.35.0	.....
:	:	:

a. Routing table without supernet mask

Default mask	Network address	Next hop address
255.255.252.0	X.Y.32.0	.....
:	:	:

b. Routing table with supernet mask

15

**Супермрежова маска срещу подмрежова маска**

Netid: 11111111 11111111 11111111 Hostid: 00000000

↓

Netid: 11111111 11111111 11111111 Subnetid: 11000000 Hostid: 00000000

a. Subnetting

подмрежова маска: 255.255.255.192

4 subnets out of 1 network

↓

Supernetid: 11111111 11111111 11111100 Hostid: 00000000

b. Supernetting

супермрежова маска: 255.255.252.0

1 supernet out of 4 networks

Figure 5-12  
Forouzan, B.A., TCP/IP Protocol Suite, 2nd ed., McGraw-Hill, 2003

16

**IPv4 супермрежа: Пример 1**

- Каква супермрежова маска е необходима за формирането на супермрежа, състояща се от 16 блока от клас C?
- Решение:**
  - За  $16=2^4$  блока, 4 единици в маската по подразбиране трябва да се променят на нули.
  - Т.е. 11111111 11111111 11110000 00000000
  - => супермрежова маска е: **255.255.240.0**
- Задаване/определяне на супермрежата:**
  - Начален адрес (1. адрес в блока): **X.Y.32.0**
  - Супермрежова маска: **255.255.240.0**

17

**IPv4 супермрежа: Пример 2**

- Супермрежа има начален адрес X.Y.32.0 и супермрежова маска 255.255.252.0. Маршрутизатор получава 2 пакета с адрес на получателя X.Y.33.4 и X.Y.39.12 съответно. Кой пакет е предназначен за супермрежата?
- Решение:** За всеки от адресите се прилага логическо И (AND) със супермрежовата маска, за да се определи началният адрес:
  - X.Y.33.4 AND 255.255.252.0 → X.Y.32.0 (начален адрес на супермрежата)
  - X.Y.39.12 AND 255.255.252.0 → X.Y.36.0
- => Само 1. пакет е предназначен за супермрежата!

X.Y.33.4	X.Y.39.12
xxxxxxx xxxxxxxx 00100001 00000100	xxxxxxx xxxxxxxx 00100111 00001100
11111111 11111111 11111100 00000000	11111111 11111111 11111100 00000000
xxxxxxx xxxxxxxx 00100000 00000000	xxxxxxx xxxxxxxx 00100100 00000000
X.Y.32.0	X.Y.36.0
предназначен за супермрежата	непредназначен за супермрежата

18

## IPv4 адресация без класове (classless addressing): Подмрежи и супермрежи

19

### IPv4 адресация без класове

- Разделяне на IPv4 адресното пространство на класове е негъвкаво решение
  - За повечето корпоративни мрежи: блок от клас А е твърде голям, а блок от клас С е твърде малък.
    - Проблем известен като *“Златокоска и трите мечета”*
  - Някои мрежи от клас В имат значително по-малко на брой хостове, отколкото максималния размер на блока!
  - Милиони адреси се прахосват по цял свят!
- Решение:
  - Използване на *адресиране без класове*
  - Т.е. блокове с променлива дължина, принадлежащи към никакъв клас.

20

### IPv4 адресация без класове (прод.)

- На всяка корпорация/организация се предоставя блок, съответстващ на размера на мрежата ѝ.
- Броят на адресите в блока (N) трябва да бъде степен на двойката, т.е.  $N=2^x$
- Началният адрес трябва да се дели на N без остатък!
  - Ако  $N < 256$  адреса, 4. байт на началния адрес трябва да се дели без остатък на N, защото  $N=2^x < 2^8 = 256 \Rightarrow x < 8$ .
    - Например, 205.16.37.32 може да бъде начален адрес на блок, състоящ се от 2, 4, 8, 16 или 32 адреса.
  - Ако  $2^{16} > N(=2^x) > 2^8$  адреса, 3. байт на началния адрес трябва да се дели без остатък на  $2^{x-8}$
  - Ако  $2^{24} > N(=2^x) > 2^{16}$  адреса, 2. байт на началния адрес трябва да се дели без остатък на  $2^{x-16}$
  - Ако  $2^{32} > N(=2^x) > 2^{24}$  адреса, 1. байт на началния адрес трябва да се дели без остатък на  $2^{x-24}$
- На всяка организация се предоставя начален адрес и префикс

21

### Нотация с наклонена черта (slash notation)

- |                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| Network<br>Prefix | Host<br>Suffix  |
| $n$ bits          | $(32 - n)$ bits |
- A.B.C.D/n**
  - /n**
    - Броят на битовете, които са едни и същи във всеки адрес на даден блок.
    - Префикс, което показва дължината (в *битове*) на NetID.
    - Диапазон: от 1 до 31
  - Използва се в CIDR
    - Classless Inter-Domain Routing*
    - Маршрутизиращите таблици се претърсват до намирането на *най-дълъг съвпадащ префикс*
    - Необходимост от бързи алгоритми за претърсване!
  - Възможни начини за миграция към адресиране без класове за организация, която вече е получила блок от клас А, В, С:
    - Ако иска да си задържи блока, организацията може да използва нотация с наклонена черта (/ 8, /16, /24).
    - Ако не иска повече този блок, организацията може да поиска рециклирането му и получаването на нов блок с подходящ размер.

22

### IPv4 адресация без класове: Пример 1

- На организация/корпорация е даден блок с начален адрес 205.16.37.24/29. Кой е диапазонът от адреси?
- Решение 1:
  - Началният адрес е 205.16.37.24/29 = 11001111 00010000 00100101 00011000
  - За да се определи последният адрес в блока, трябва да се запази значението на първите 29 бита, а последните 3 бита да се заменят с двоични единици.
  - Последният адрес е: 11001111 00010000 00100101 00011111 или 205.16.37.31/29
  - Т.е. блокът се състои от 8 адреса
- Решение 2:
  - Определя се суфиксът:  $32-29=3$
  - $\Rightarrow$  блокът се състои от  $2^3=8$  адреса
  - Ако началният адрес е 205.16.37.24/29, тогава последният адрес е 205.16.37.31/29 (тъй като диапазонът 24-31 обхваща 8 адреса).

23

### IPv4 адресация без класове: Пример 2

- На организация/корпорация ѝ е нужен блок, състоящ се от 1000 адреса. Какви са оптималният размер на блока и възможният диапазон от адреси?
- Оптималният размер на блока е равен на най-малкото число, представляващо степен на двойката, което е по-голямо или равно на 1000, т.е.  $1000 \leq 1024 (=2^{10})$ .
- $\Rightarrow$  префикс  $n = 32 - 10 = 22$
- Например на организацията/корпорацията може да бъде предоставен блок с начален адрес 18.14.12.0/22  
(00010010.00001110.00001100.00000000)  
✓ 3. байт трябва да се дели без остатък на  $2^{10-8} = 4$
- Последният адрес в блока е 18.14.15.255/22  
(00010010.00001110.00001111.11111111)

24

ф. Иван

4



## Формиране на подмрежи при IPv4 адресация без класове

- Когато на дадена организация/корпорация е предоставен блок от IP адреси, тя може да си създаде подмрежи за удовлетворяване на собствените нужди.
- Префиксът ( $n$ ) се увеличава със съответна степен на двойката, която формира най-малкото число, което е по-голямо или равно на броя на подмрежите.
- Пример:
  - Ако  $n=26$  и организацията/корпорацията се нуждае от 4 подмрежи, то:
  - $4 \leq 2^2 \Rightarrow$  префиксът за подмрежите ще е  $26+2=28$

25

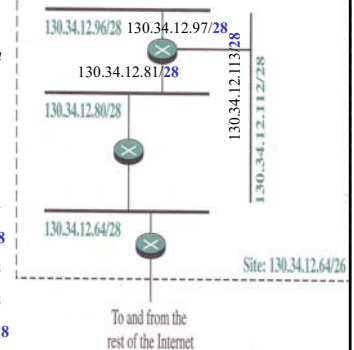
## Подмрежи при IPv4 адресация без класове: Пример

Дадена организация разполага с блок адреси 130.34.12.64/26.  
Организацията се нуждае от 4 подмрежи с еднакъв размер.  
Да се определи префиксът на подмрежите и диапазонът на адресите им.

Решение:

Тъй като организацията се нуждае от  $4 \leq 2^2$  subnets, префиксът на подмрежите е  $28=2+26$ . Суфиксът на подмрежите е  $4=32-28$ . Следователно всяка подмрежа има  $16=2^4$  адреса:

- Подмрежа 0: от 130.34.12.64/28 до 130.34.12.79/28
- Подмрежа 1: от 130.34.12.80/28 до 130.34.12.95/28
- Подмрежа 2: от 130.34.12.96/28 до 130.34.12.111/28
- Подмрежа 3: от 130.34.12.112/28 до 130.34.12.127/28



26

## Супермрежи при адресация без класове

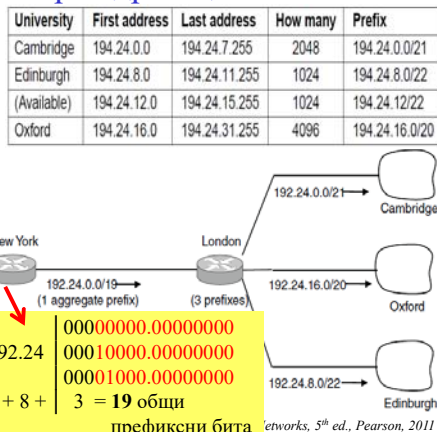
### Обединяване на IP префикси

- Същият принцип както при адресацията с класове

Може да намали размера на маршрут. таблици на външните маршрутизатори до ~ 200 000 записа

Например в NY, вместо 3 маршрутни записа за 3 по-малки префикса, може да се използва 1 запис 192.24.0.0/19, който включва всички IPv4 адреси от 192.24.0.0/19 до 192.24.31.255/19

Figures 5-50 & 5-51



29

## Разпределяне на IP адреси

### • ICANN

- Internet Corporation for Assigned Names and Numbers
- Носи отговорност за разпределяне на адресите
- Обикновено не разпределя адреси директно към отделните организации
- Раздава големи блокове от адреси на Интернет доставчиците (ISP)
- Т.е. използва принципа на обединение на адреси (address aggregation)

### • Интернет доставчици

- Разделят по подходящ начин предоставените им блокове на по-малки блокове
- Раздават малките блокове на своите клиенти / организации

30

## Разпределяне на IP адреси: Пример

- На ISP е предоставен блок, започващ с 190.100.0.0/16, който трябва да се раздели за използване между 3 групи клиенти:
  - 1. група: 64 клиента, всеки имащ нужда от  $256=2^8$  адреса
  - 2. група: 128 клиента, всеки имащ нужда от  $128=2^7$  адреса
  - 3. група: 128 клиента, всеки имащ нужда от  $64=2^6$  адреса
- Да се определи диапазонът на блоковете и дали ще останат свободни адреси за бъдещо използване (и колко точно)!

ф. Иван

31

## Решение: Група 1

- Всеки от 64-те клиента в тази група се нуждае от 256 адреса
- Това означава, че  $\log_2 256=8$  бита са необходими за адресиране на хостовете
- $\Rightarrow$  Префикс  $n = 32-8 = 24$
- Адресите се разпределят по следния начин:

1st Customer:	190.100.0.0/24	190.100.0.255/24
2nd Customer:	190.100.1.0/24	190.100.1.255/24
...		
64th Customer:	190.100.63.0/24	190.100.63.255/24
Total =	$64 \times 256 = 16,384$	

32

**Решение: Група 2**

- Всеки от 128-те клиента в тази група се нуждае от 128 адреса
- Това означава, че  $\log_2 128 = 7$  бита са необходими за адресиране на хостовете
- $\Rightarrow$  Префикс  $n = 32 - 7 = 25$
- Адресите се разпределят по следния начин:

1st Customer: 190.100.64.0/25      190.100.64.127/25  
 2nd Customer: 190.100.64.128/25      190.100.64.255/25  
 ...  
 128th Customer: 190.100.127.128/25      190.100.127.255/25  
 Total =  $128 \times 128 = 16,384$

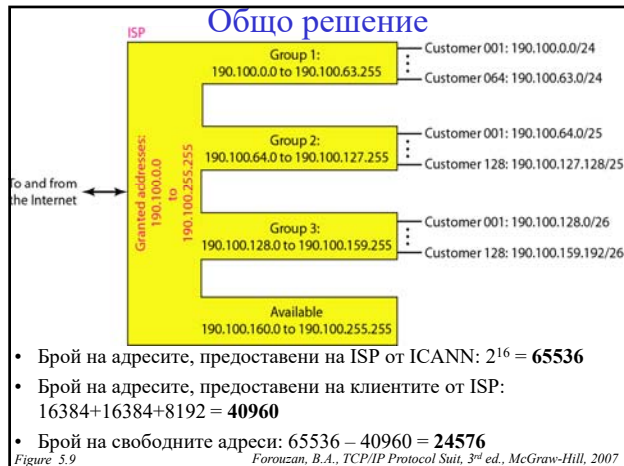
33

**Решение: Група 3**

- Всеки от 128-те клиента в тази група се нуждае от 64 адреса
- Това означава, че  $\log_2 64 = 6$  бита са необходими за адресиране на хостовете
- $\Rightarrow$  Префикс  $n = 32 - 6 = 26$
- Адресите се разпределят по следния начин:

1st Customer: 190.100.128.0/26      190.100.128.63/26  
 2nd Customer: 190.100.128.64/26      190.100.128.127/26  
 ...  
 128th Customer: 190.100.159.192/26      190.100.159.255/26  
 Total =  $128 \times 64 = 8192$

34



35