



---

**Образовательный комплекс**  
***Компьютерные сети***

---

Лекция 12

Межсетевой уровень TCP/IP

**Microsoft®**

# Содержание

- Межсетевой уровень модели TCP/IP
  - Адресация IP
  - Маршрутизация IP

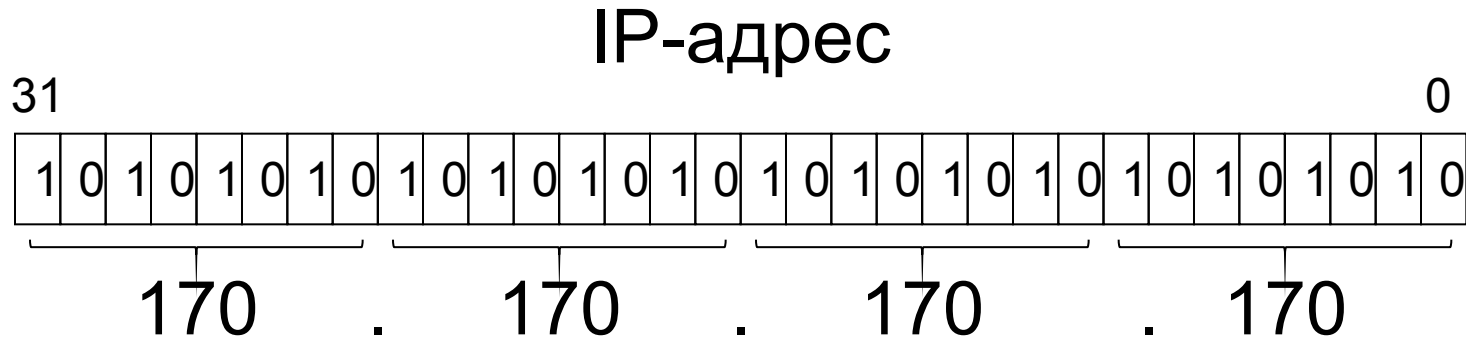


---

# Адресация IP

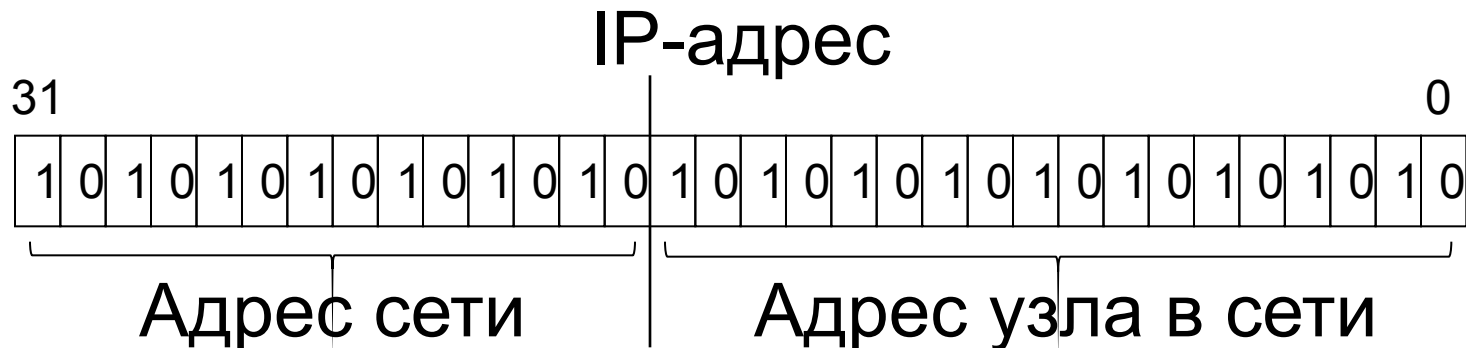
---

# Адресация IP (IPv4)



- IP-адрес представляет собой 32-битное число (мы будем рассматривать 4 версию протокола)
- Обычно адрес разбивают на 4 байта и записывают в виде 4-х чисел от 0 до 255, перечисленных через точку:  
192.168.0.1

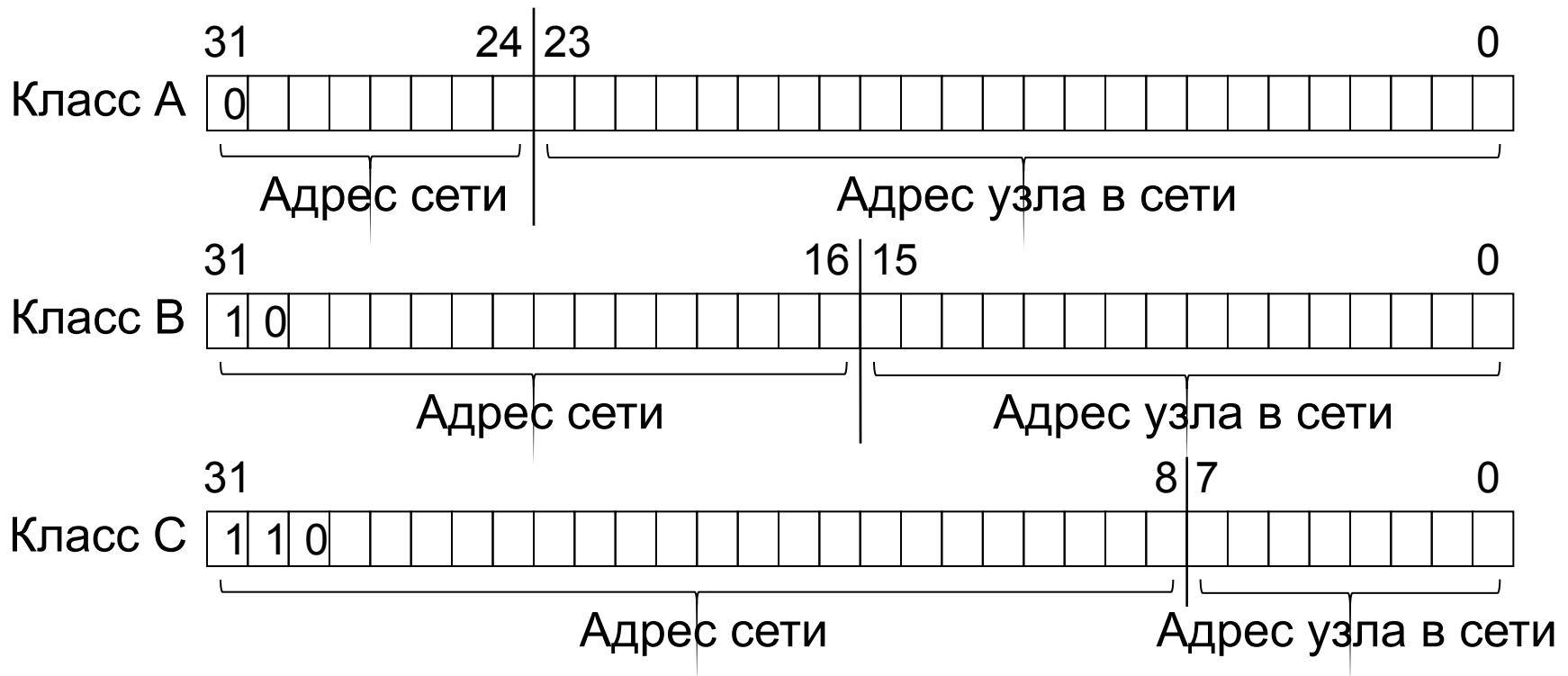
# Адресация IP (IPv4)



- Для решения задачи маршрутизации адрес узла должен состоять из 2 частей: адрес сети и адрес узла в сети. В IP-адресе адрес сети размещается в старших битах, адрес узла в сети – в младших
- Существует 2 способа выделить адрес сети и адрес узла из IP-адреса
  - Использование старших битов IP-адреса для определения его класса
  - Использование маски подсети

# Адресация IP (IPv4)

## Классы адресов...



- Класс А:  $2^7$  сетей по  $2^{24}-2$  узлов (0-127.x.x.x)
- Класс В:  $2^{14}$  сетей по  $2^{16}-2$  узлов (128-191.x.x.x)
- Класс С:  $2^{21}$  сетей по  $2^8-2$  узлов (192-224.x.x.x)





# Адресация IP (IPv4)

## Специальные адреса

- 127.x.y.z – "петлевые" адреса, посылая пакет на любой из этих адресов, узел посылает пакет самому себе
  - При этом передача происходит внутри сетевой подсистемы без использования драйвера NIC
- АдресСети.00...00 (все биты адреса узла в сети равны 0) – используется как адрес сети; узел не может иметь такой адрес
- АдресСети.11...11 (все биты адреса узла в сети равны 1) – используется как адрес широковещательной рассылки в указанной сети; узел не может иметь такой адрес
- 255.255.255.255 (все биты IP-адреса равны 1) – адрес широковещательно рассылки в физической сети





# Адресация IP (IPv4)

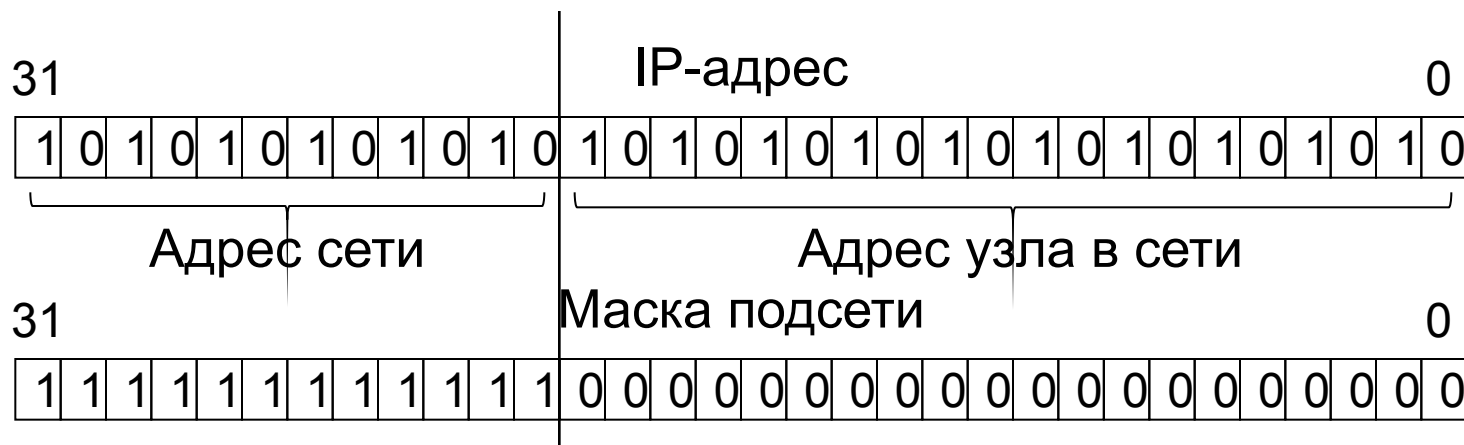
## Классы адресов

- Схема классовой адресации имеет ряд недостатков
  - Современные технологии не позволяют создавать сети с размерами, подходящими для классов А и В ( $2^{21}$  и  $2^{14}$  узлов соответственно) – при назначении сети адреса такого класса 99% IP-адресов не будут в ней использоваться
  - Даже при использовании адресов класса С большие диапазоны IP-адресов не будут использоваться
  - Нужна более гибкая схема, позволяющая выделять диапазоны адресов необходимого размера для назначения адресов внутри одной сети
- В настоящий момент классы адресов не используются для выделения в IP-адресе адреса сети и адреса узла в сети



# Адресация IP (IPv4)

## Маска подсети...



- Маска подсети – 32-битное значение, выделяющее в IP-адресе адрес сети и адрес узла в сети
  - биты маски подсети, соответствующие адресу сети, установлены в 1
  - биты маски подсети, соответствующие адресу устройства сети, установлены в 0

# Адресация IP (IPv4)

## Маска подсети...



# Адресация IP (IPv4)

## Маска подсети...

- Для каждого узла должны быть определены IP-адрес и маска подсети
- Все узлы одной сети должны использовать одну маску подсети и иметь одинаковый адрес сети
- Адрес сети должен содержать как адрес сети, так и маску подсети; используются две формы записи
  - Маску подсети можно указывать в том же виде, что и IP-адрес (значения 4 байт):  
IP-адрес сети: 170.160.0.0  
Маска подсети: 255.240.0.0
  - Можно указывать количество начальных единичных бит в маске подсети сразу после адреса сети (через /):  
IP-адрес сети: 170.160.0.0/12
- Алгоритм маршрутизации, использующий маски подсети, называется Classless InterDomain Routing (CIDR) – бесклассовая маршрутизация



# Адресация IP (IPv4)

## Маска подсети...

- Маска подсети позволяет разбить имеющийся диапазон адресов на несколько сетей
- Сеть: 170.170.170.0/24 (256 адресов, 254 узла) можно разбить на
  - 2 сети размером 128 адресов (126 узлов)
  - 4 сети размером 64 адреса (62 узла)
  - 8 сетей размером 32 адреса (30 узлов)
  - 16 сетей размером 16 адресов (14 узлов)
  - 32 сети размером 8 адресов (6 узлов)
  - 64 сетей размером 4 адреса (2 узла)



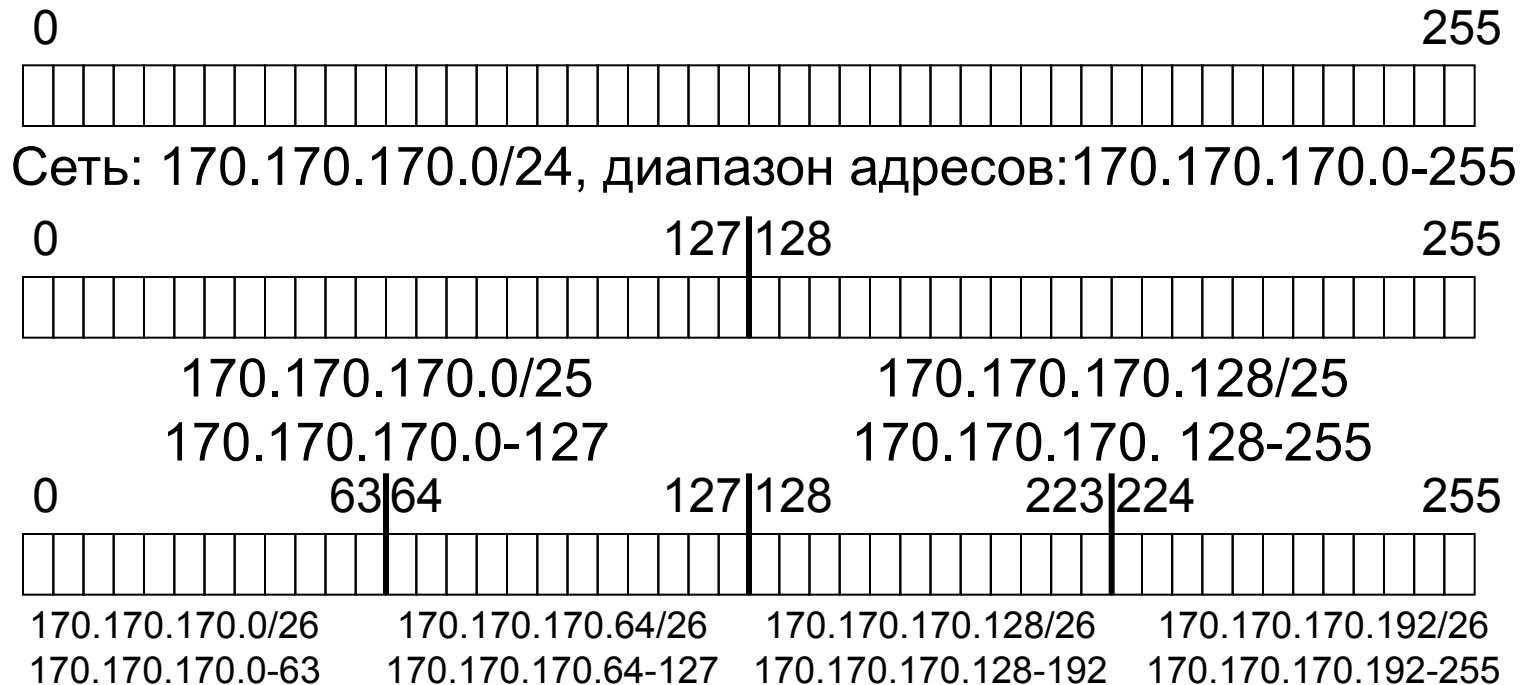
# Адресация IP (IPv4)

## Маска подсети...



# Адресация IP (IPv4)

## Маска подсети...

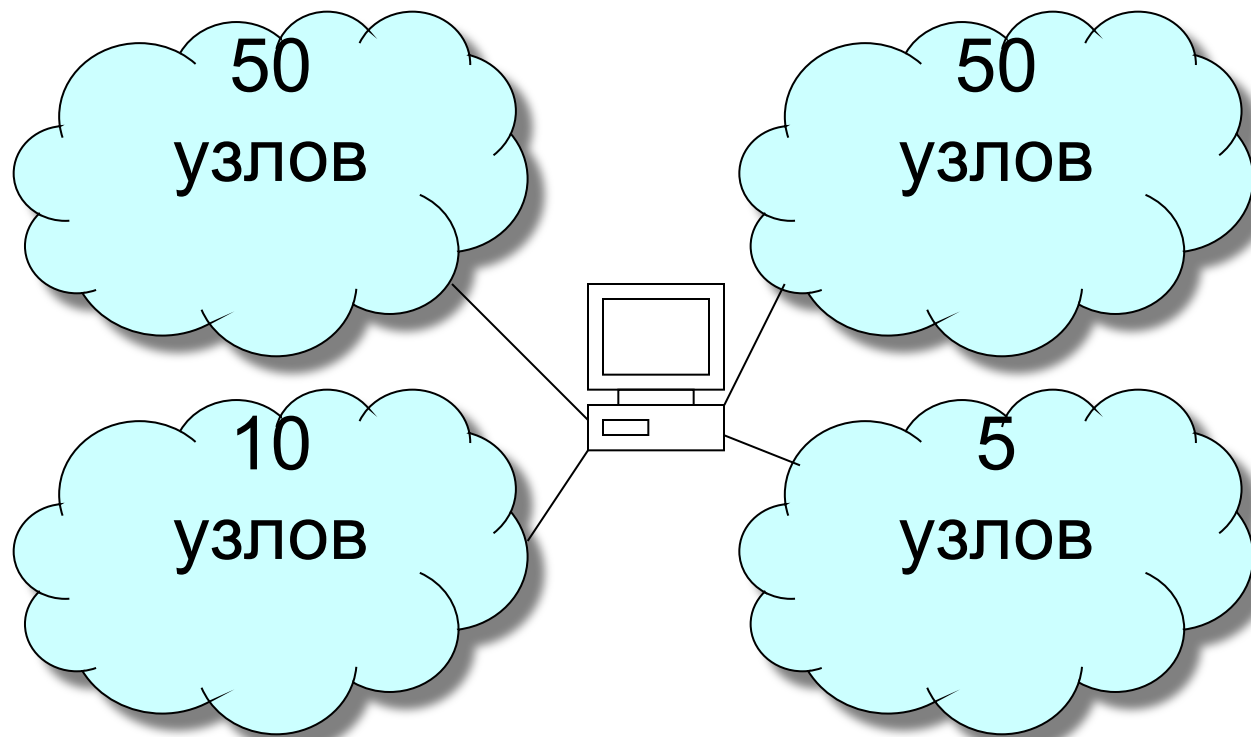


- При построении интерсети можно использовать одинаковую маску подсети во всех сетях, либо различные маски



# Адресация IP (IPv4)

## Маска подсети...

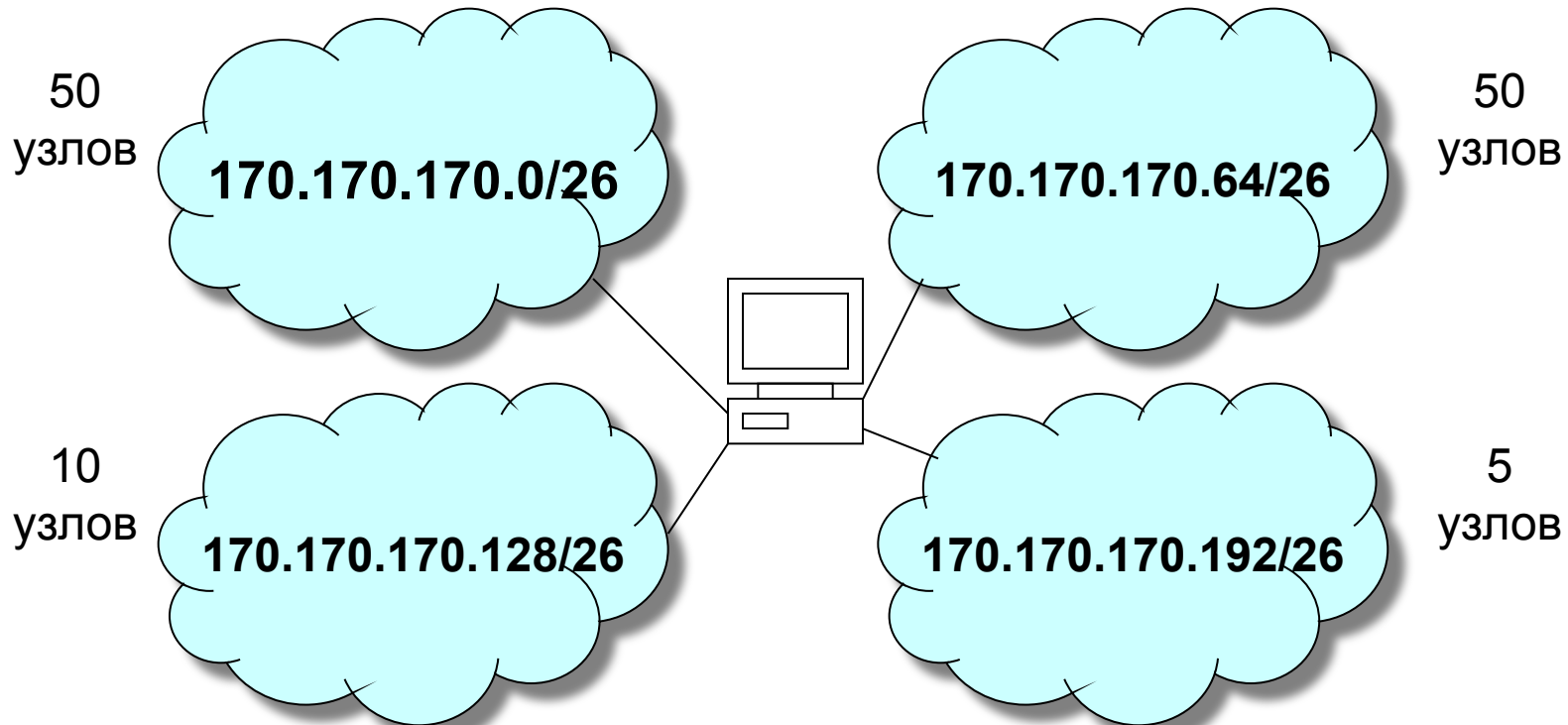


- Предположим, имеется диапазон адресов  $170.170.170.0/24$  и необходимо обеспечить адресацию устройств в 4 сетях размером 50, 50, 10 и 5 узлов



# Адресация IP (IPv4)

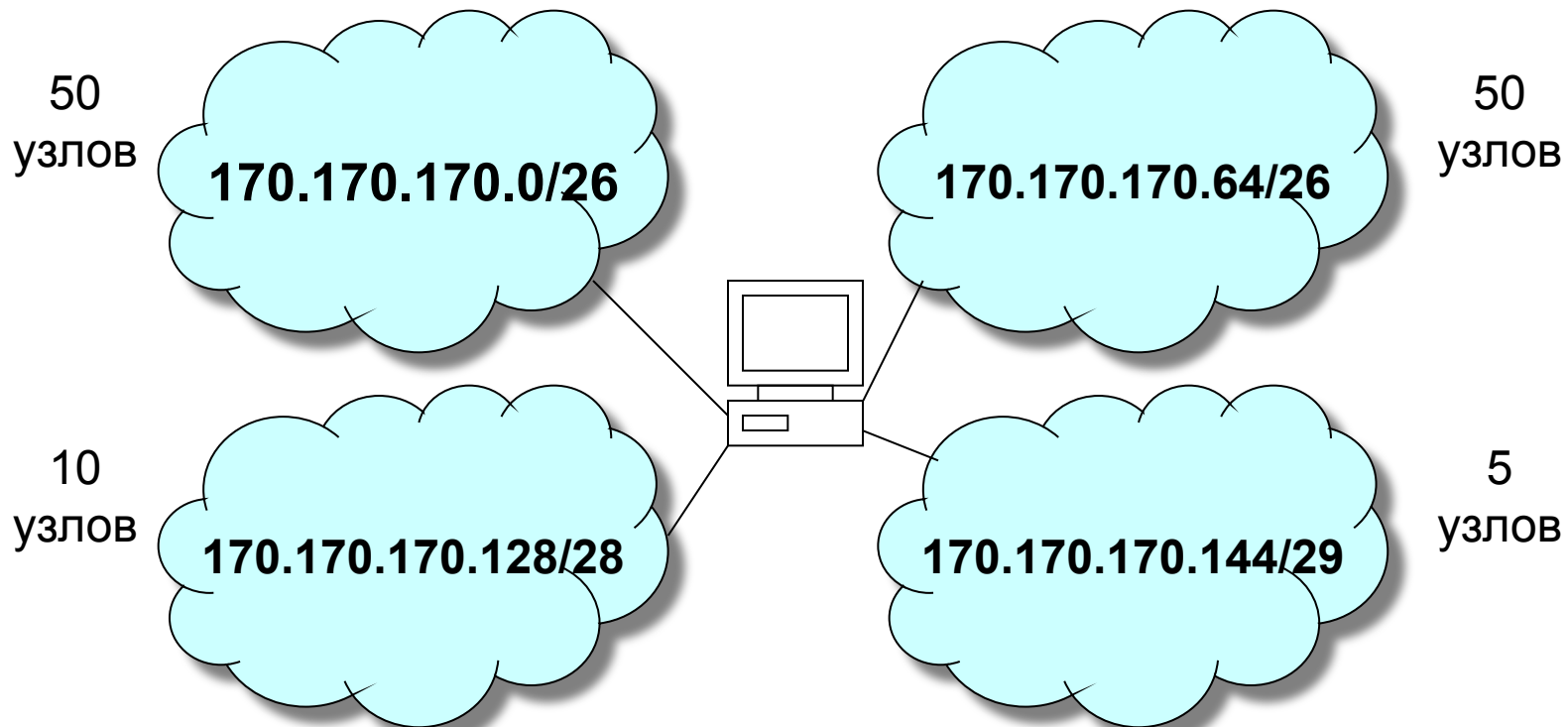
## Маска подсети...



- При использовании одинаковой маски подсети нужно выделить минимум 2 бита для адресации 4 сетей и минимум 6 бит для адресации 50 узлов в наибольшей сети
  - будет создано 4 подсети по 64 устройства, что дает использование всего диапазона адресов

# Адресация IP (IPv4)

## Маска подсети



- При использовании разных масок подсети нужно выделить минимум 6 бит для адресации 50 узлов, 4 – для адресации 10 узлов и 3 – для адресации 5 узлов
- будет создано 2 сети размером 64 адреса и по одной – размеров 16 и 8 адресов, что оставляет свободными 104 адреса

# Адресация IP (IPv4)

## Частные адреса

- Private Address Space (пространство частных адресов) – множество IP-адресов, не используемых в Интернете и предназначенных для использования в частных сетях
  - ❑ 10.0.0.0/8 (10.0.0.0-10.255.255.255)
  - ❑ 172.16.0.0/12 (172.16.0.0-172.31.255.255)
  - ❑ 192.168.0.0/24 (192.168.0.0-192.168.255.255)
- Множество организаций используют внутри своих сетей одно и то же множество адресов, что позволяет экономить IP-адреса
- Для обеспечения подключения сети, использующей частные адреса, к Интернет достаточно одного маршрутизатора, имеющего общий ("реальный") адрес



---

# Маршрутизация IP

---

# Маршрутизация IP

- Алгоритм маршрутизации использует таблицу маршрутизации, которая должна содержать информацию о маршрутах, включающую
  - сеть назначения
  - следующий шаг в направлении сети назначения
  - стоимость (метрику) маршрута
- Таблица маршрутизации позволяет определить
  - узлу с каким сетевым адресом следует переслать пакет
  - какой NIC следует использовать



# Маршрутизация IP

## Таблица маршрутизации

- Описание маршрута в таблице маршрутизации IP содержит, как минимум, следующие поля
  - Адрес сети назначения
  - Маска подсети
  - Следующий шаг
  - NIC, который следует использовать для передачи
  - Стоимость (метрика) маршрута



# Маршрутизация IP

## Алгоритм выбора маршрута

- Входные данные
  - Таблица маршрутизации
  - IP-адрес получателя
- Шаги алгоритма
  1. Для каждого маршрута вычисляется побитовое "И" поля "маска подсети" и IP-адреса получателя. Маршруты, для которых результат совпадает со значением поля "адрес сети назначения", считаются подходящими.
    - Если подходящих маршрутов нет, IP фиксирует ошибку маршрутизации
  2. Если маршрутов, отобранных на шаге 1, несколько, из них выбираются маршруты с максимальным количеством единиц в маске подсети
  3. Если маршрутов, отобранных на шаге 2, несколько, из них выбираются маршруты с максимальной метрикой
  4. Если маршрутов, отобранных на шаге 3, несколько, из них выбирается произвольный маршрут



# Маршрутизация IP

## Таблица маршрутизации

- Таблица маршрутизации содержит
  - Автоматически генерируемые маршруты (на основании параметров узла)
  - Статические маршруты – маршруты, сформировавшиеся в результате выполнения специальных команд
  - Динамические маршруты – маршруты, сформированные на основании информации, которой маршрутизаторы обмениваются между собой согласно специальным протоколам маршрутизации





# Маршрутизация IP

## Генерируемые маршруты...

- Автоматически генерируемые маршруты создаются на основании имеющихся параметров сетевого подключения
  - IP-address (IP-адрес)
  - Subnet Mask (Маска подсети)
  - Gateway (Шлюз по умолчанию)
- Мы рассмотрим автоматически генерируемые маршруты в ОС Windows (семейство NT/2000/...)
  - Возьмем следующий пример
    - IP-address: 192.168.0.200
    - Subnet Mask: 255.255.255.0
    - Gateway: 192.168.0.1



# Маршрутизация IP

## Генерируемые маршруты...

IP-address:  
192.168.0.200  
Subnet Mask:  
255.255.255.0  
Gateway:  
192.168.0.1

Сеть назначения	Маска подсети	Следующий шаг	Интерфейс	М
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.0.1	192.168.0.200	1

### ■ Маршрут по умолчанию

#### □ Значения полей

- Сеть назначения: 0.0.0.0
- Маска подсети: 0.0.0.0
- Следующий шаг: IP-адрес шлюза по умолчанию
- Интерфейс: IP-адрес NIC, подключенного к той же сети, к которой подключен шлюз по умолчанию

#### □ Является подходящим для любого IP-адреса получателя

#### □ Присутствует только если задан Gateway (шлюз по умолчанию)



# Маршрутизация IP

## Генерируемые маршруты...

IP-address:  
192.168.0.200  
Subnet Mask:  
255.255.255.0  
Gateway:  
192.168.0.1

Сеть назначения	Маска подсети	Следующий шаг	Интерфейс	М
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.0.1	192.168.0.200	1
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	1

- Маршрут для петлевых адресов
  - Значения полей
    - Сеть назначения: 127.0.0.0
    - Маска подсети: 255.0.0.0
    - Следующий шаг: 127.0.0.1
    - Интерфейс: 127.0.0.1
  - Сетевая подсистема поддерживает специальный "петлевой" (loopback) NIC. Кадр, отправленный через него, считается немедленно полученным (от него же). Петлевому NIC назначается IP-адрес 127.0.0.1
  - Маршрут для петлевых адресов является подходящим для адресов получателя 127.x.y.z и передает все пакеты, отправленные по данным адресам, через петлевой интерфейс



# Маршрутизация IP

## Генерируемые маршруты...

IP-address:  
192.168.0.200  
Subnet Mask:  
255.255.255.0  
Gateway:  
192.168.0.1

Сеть назначения	Маска подсети	Следующий шаг	Интерфейс	М
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.0.1	192.168.0.200	1
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.0.0	255.255.255.0	192.168.0.200	192.168.0.200	1

- Маршрут в непосредственно подключенную сеть
  - Значения полей
    - Сеть назначения: адрес непосредственно подключенной сети
    - Маска подсети: маска непосредственно подключенной сети
    - Следующий шаг: IP-адрес подключенного к данной сети NIC
    - Интерфейс: IP-адрес подключенного к данной сети NIC
- Для доставки по данному маршруту узел передает пакет непосредственно получателю



# Маршрутизация IP

## Генерируемые маршруты...

IP-address:  
192.168.0.200  
Subnet Mask:  
255.255.255.0  
Gateway:  
192.168.0.1

Сеть назначения	Маска подсети	Следующий шаг	Интерфейс	М
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.0.1	192.168.0.200	1
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.0.0	255.255.255.0	192.168.0.200	192.168.0.200	1
192.168.0.200	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1

### ■ Маршрут к локальному хосту

#### □ Значения полей

- Сеть назначения: адрес узла
- Маска подсети: 255.255.255.255 (это означает, что данный маршрут является подходящим только для одного IP-адреса получателя, в точности совпадающего со значением поля "Адрес сети")
- Следующий шаг: 127.0.0.1
- Интерфейс: 127.0.0.1

- Все пакеты, отправленные на локальный адрес, доставляются через петлевой интерфейс



# Маршрутизация IP

## Генерируемые маршруты...

IP-address:  
192.168.0.200  
Subnet Mask:  
255.255.255.0  
Gateway:  
192.168.0.1

Сеть назначения	Маска подсети	Следующий шаг	Интерфейс	M
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.0.1	192.168.0.200	1
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.0.0	255.255.255.0	192.168.0.200	192.168.0.200	1
192.168.0.200	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.0.255	255.255.255.255	192.168.0.200	192.168.0.200	1

- Маршрут широковещательной рассылки в непосредственно подключенной сети
  - Значения полей
    - Сеть назначения: адрес широковещательной рассылки
    - Маска подсети: 255.255.255.255
    - Следующий шаг: IP-адрес подключенного к данной сети NIC
    - Интерфейс: IP-адрес подключенного к данной сети NIC



# Маршрутизация IP

## Генерируемые маршруты...

IP-address:  
192.168.0.200  
Subnet Mask:  
255.255.255.0  
Gateway:  
192.168.0.1

Сеть назначения	Маска подсети	Следующий шаг	Интерфейс	M
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.0.1	192.168.0.200	1
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.0.0	255.255.255.0	192.168.0.200	192.168.0.200	1
192.168.0.200	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.0.255	255.255.255.255	192.168.0.200	192.168.0.200	1
224.0.0.0	240.0.0.0	192.168.0.200	192.168.0.200	1

- Маршрут групповой рассылки
  - Значения полей
    - Сеть назначения: 224.0.0.0
    - Маска подсети: 240.0.0.0
    - Следующий шаг: IP-адрес NIC
    - Интерфейс: IP-адрес NIC



# Маршрутизация IP

## Генерируемые маршруты...

IP-address:  
192.168.0.200  
Subnet Mask:  
255.255.255.0  
Gateway:  
192.168.0.1

Сеть назначения	Маска подсети	Следующий шаг	Интерфейс	M
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.0.1	192.168.0.200	1
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.0.0	255.255.255.0	192.168.0.200	192.168.0.200	1
192.168.0.200	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.0.255	255.255.255.255	192.168.0.200	192.168.0.200	1
224.0.0.0	240.0.0.0	192.168.0.200	192.168.0.200	1
255.255.255.255	255.255.255.255	192.168.0.200	192.168.0.200	1

### ■ Маршрут ограниченной широковещательной рассылки

#### □ Значения полей

- Сеть назначения: 255.255.255.255
- Маска подсети: 255.255.255.255
- Следующий шаг: IP-адрес NIC
- Интерфейс: IP-адрес NIC





# Заключение

- Маршрутизация IP является одной из основных задач межсетевого уровня модели TCP/IP
- Для понимания маршрутизации необходимо знать структуру IP-адреса, принципы назначения IP-адресов в сети и алгоритм выбора маршрута
- Таблица маршрутизации содержит маршруты 3 типов
  - генерируемые автоматически
  - статические
  - динамические



# Тема следующей лекции

- Межсетевой уровень модели TCP/IP
  - Маршрутизация IP
  - Формат IP-пакета
  - Протоколы ICMP, RARP



---

# Вопросы для обсуждения



# Литература

- Сети TCP/IP. Ресурсы Microsoft Windows 2000 Server. – М.: Русская редакция, 2001.
- В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. СПб: Питер, 2001.

