

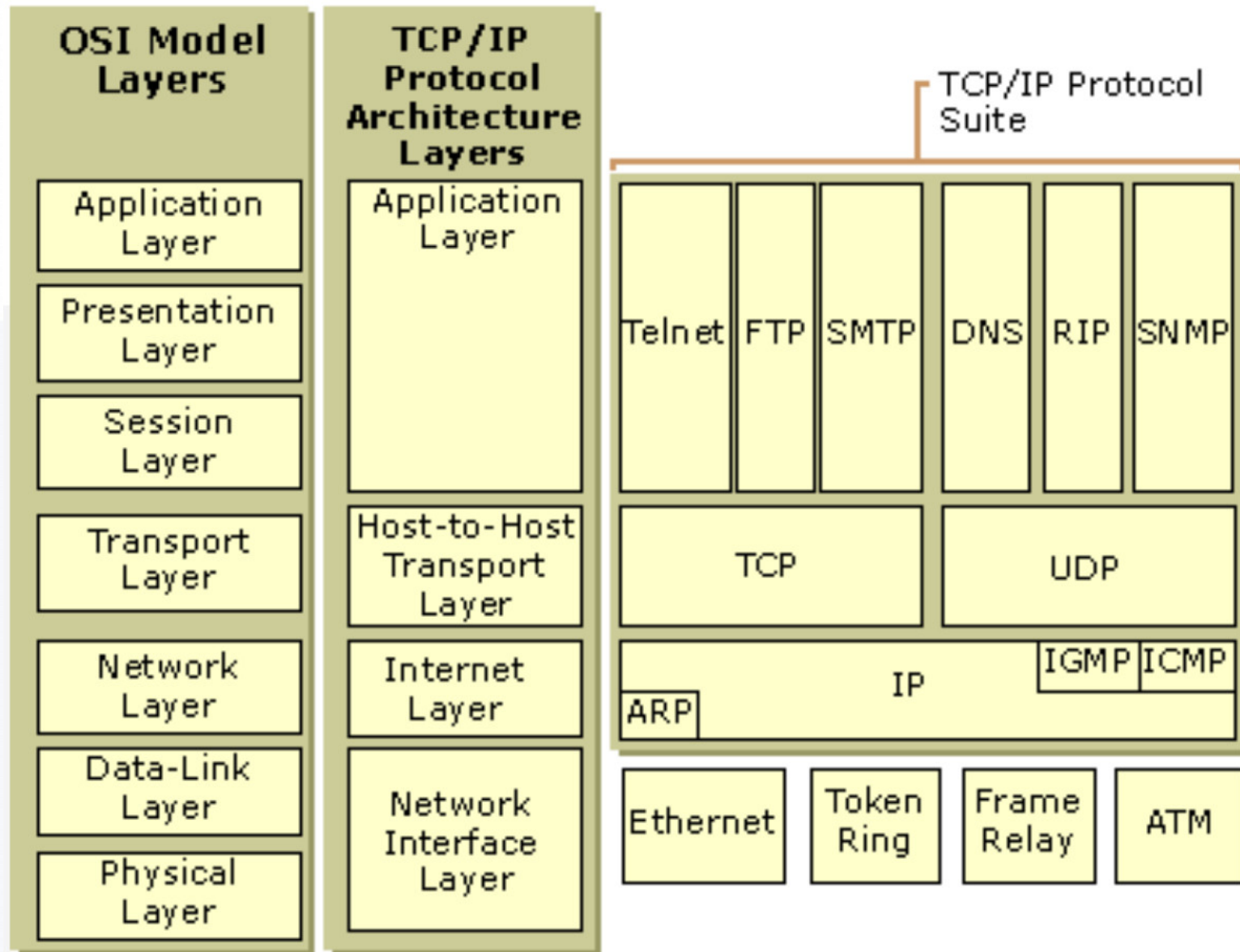
# ***Networks***

- Сетевая модель OSI и стек протоколов TCP/IP
- Протоколы транспортного уровня
- Протокол IP. Адресация
- Тестирование сети

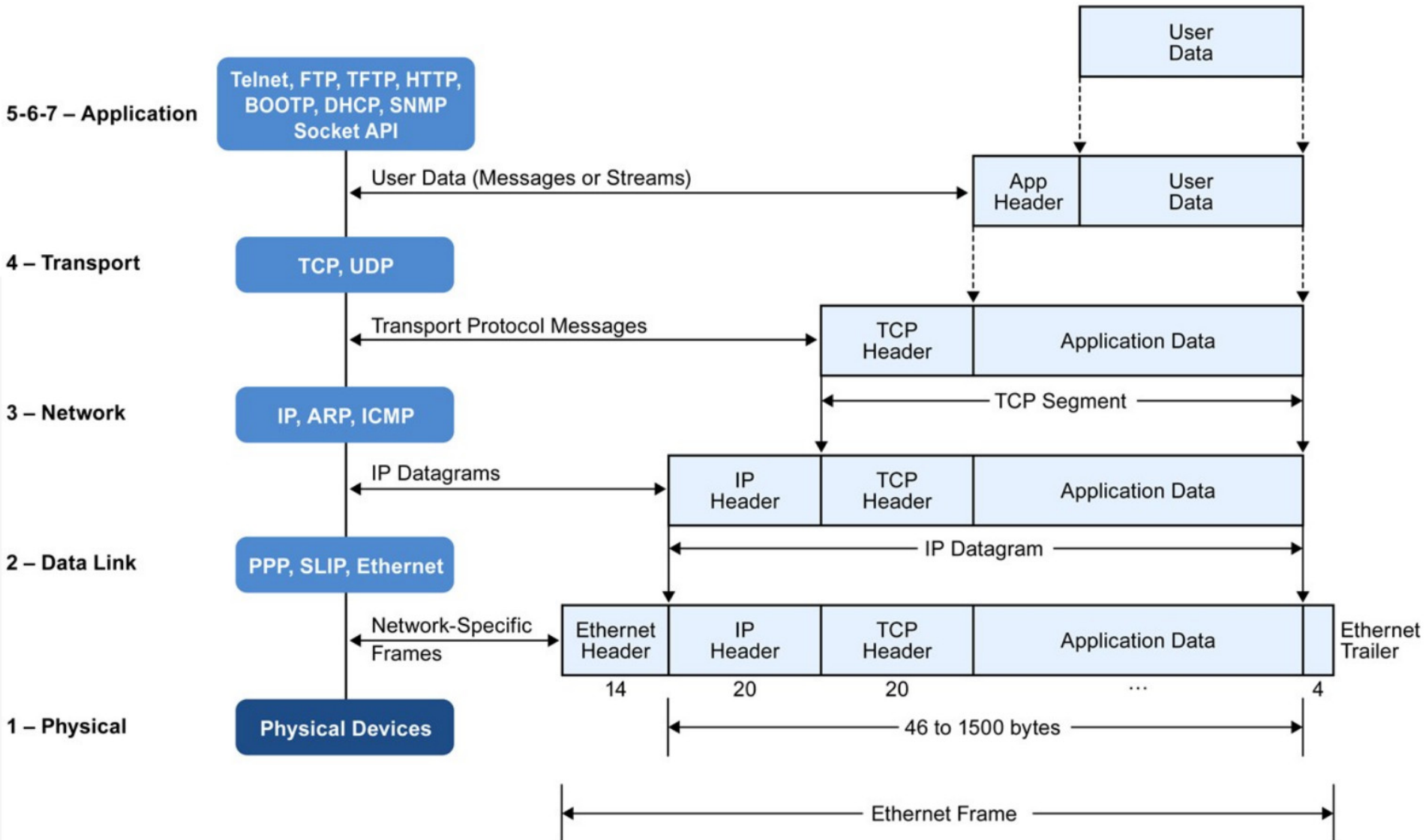
# Open Systems Interconnection (OSI) model

OSI Model			
	Data unit	Layer	Function
Host layers	Data	7. Application	Network process to application
		6. Presentation	Data representation, encryption and decryption, convert machine dependent data to machine independent data
		5. Session	Interhost communication, managing sessions between applications
	Segments	4. Transport	End-to-end connections, reliability and flow control
Media layers	Packet/Datagram	3. Network	Path determination and logical addressing
	Frame	2. Data link	Physical addressing
	Bit	1. Physical	Media, signal and binary transmission

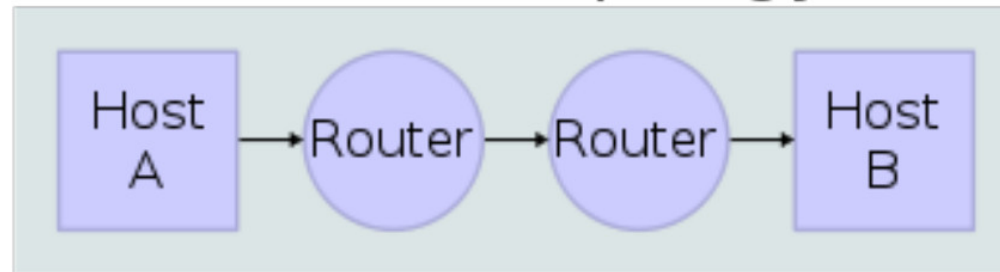
# Comparison between TCP/IP and OSI models



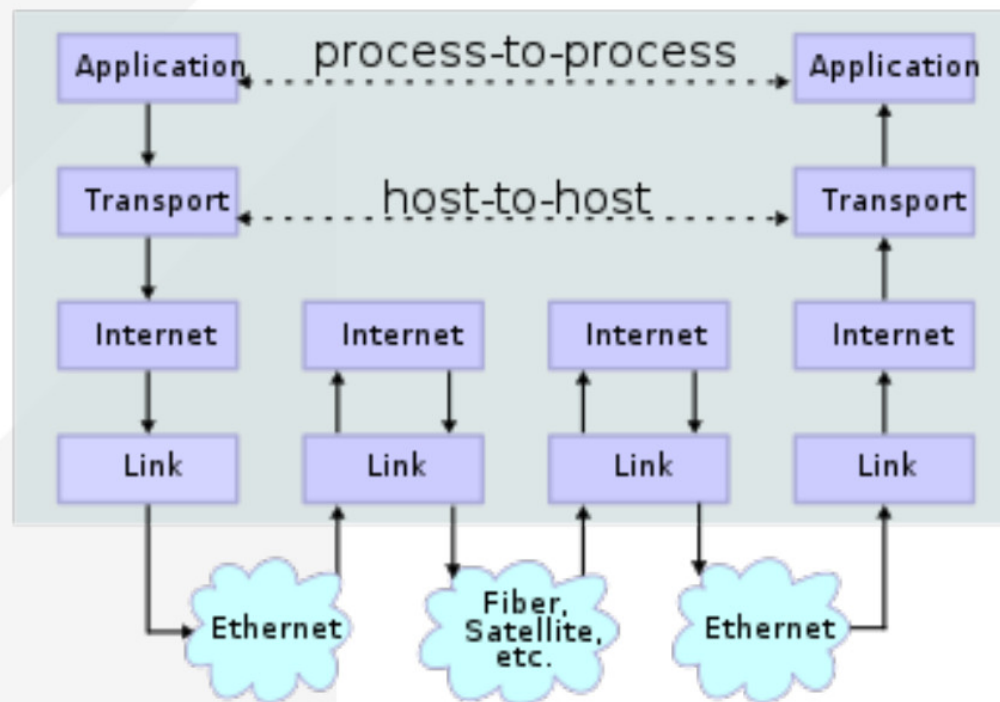
# Headers



# Network Topology



## Data Flow





# TCP vs UDP



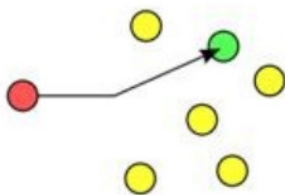
**TCP**

- **Slower but reliable transfers**
- **Typical applications:**
  - Email
  - Web browsing

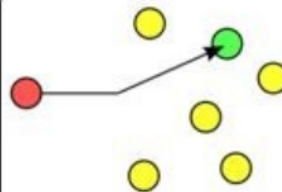


**UDP**

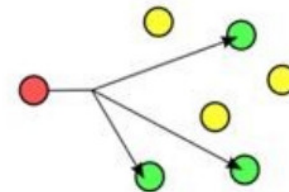
- **Fast but non-guaranteed transfers ("best effort")**
- **Typical applications:**
  - VoIP
  - Music streaming



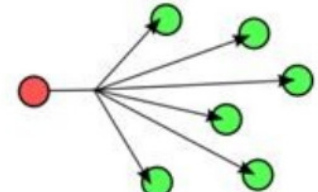
**unicast**



**unicast**



**multicast**



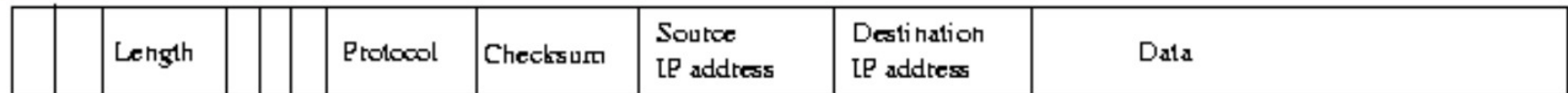
**broadcast**

# IP packet

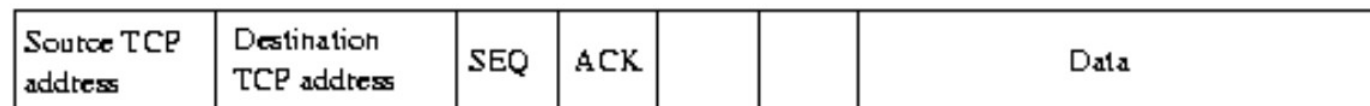
ETHERNET FRAME



IP PACKET



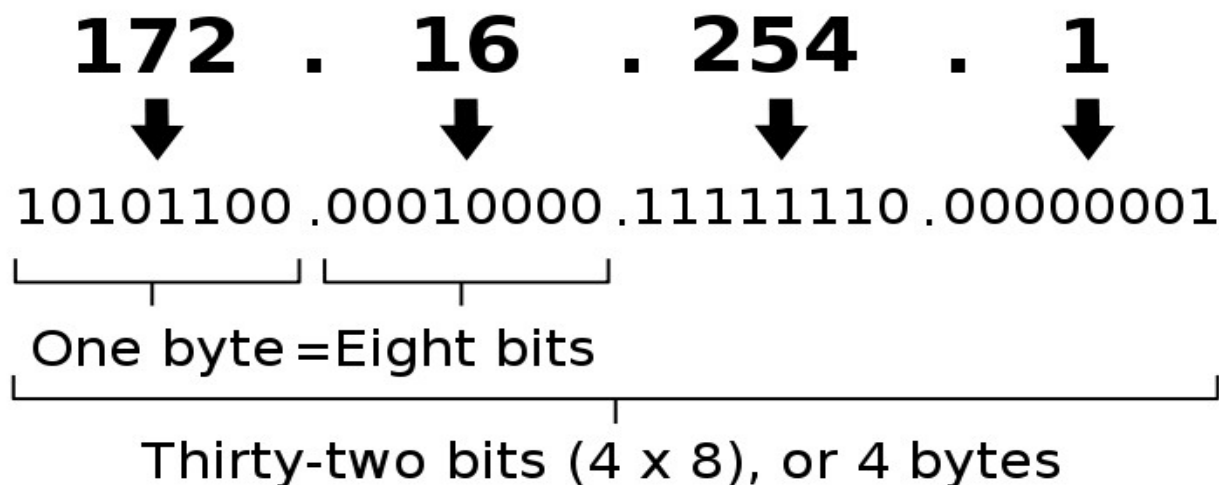
TCP PACKET





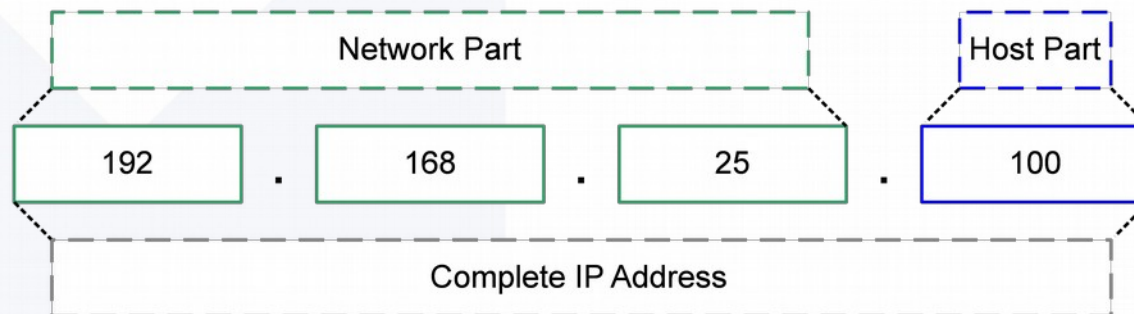
- **IP-адрес** - уникальный логический адрес 3-го уровня  
Содержится – в заголовке IP пакета и идентифицирует:
  - **Отправителя** – Source Address (32)
  - **Адресата** – Destination Address (32)
- Размер IPv4 адреса – 32 бита

An IPv4 address (dotted-decimal notation)



- **Сетевая часть адреса (Network Part)** – старшие биты
  - P – число бит
  - определяет максимальное количество сетей
- **Часть адреса устройства (Host Part)** – младшие биты
  - N – число бит
  - определяет максимальное количество устройств в сети

$$P + N = 32$$



## Адрес устройства (Host Address):

- Однозначно идентифицирует **одно** сетевое **устройство**

**192.168.25.[1-254]**

## Адрес сети (Network Address):

- Идентифицирует всю **подсеть**
- все биты Host Part – нулевые
- Используется для маршрутизации

**192.168.25.0**

## Широковещательный адрес (Broadcast Address):

- Задаёт **все устройства** в подсети
- Все биты Host Part – единичные
- Используется для рассылки всем устройствам в одной сети

**192.168.25.255**

# Типы IPv4 адресов

Host Address	<div>11000000 192</div>	<div>10101000 168</div>	<div>00011001 25</div>	<div>01100100 100</div>
Network Address	<div>11000000 192</div>	<div>10101000 168</div>	<div>00011001 25</div>	<div>00000000 0</div>
Broadcast Address	<div>11000000 192</div>	<div>10101000 168</div>	<div>00011001 25</div>	<div>11111111 255</div>
	Network Part			Host Part

## Host Address

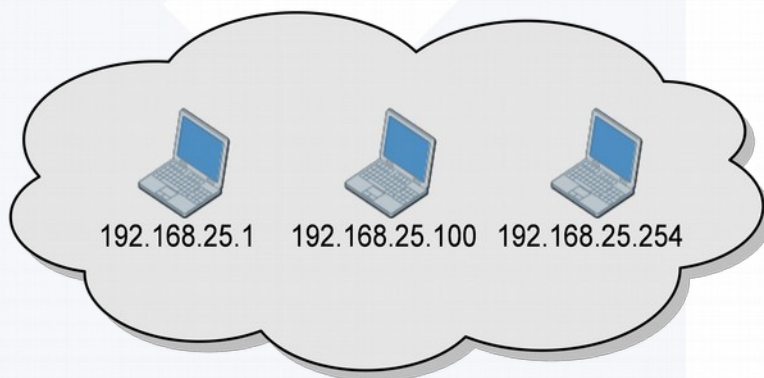
Однозначно идентифицирует одно сетевое устройство: 192.168.25.[1-254]

## Network Address

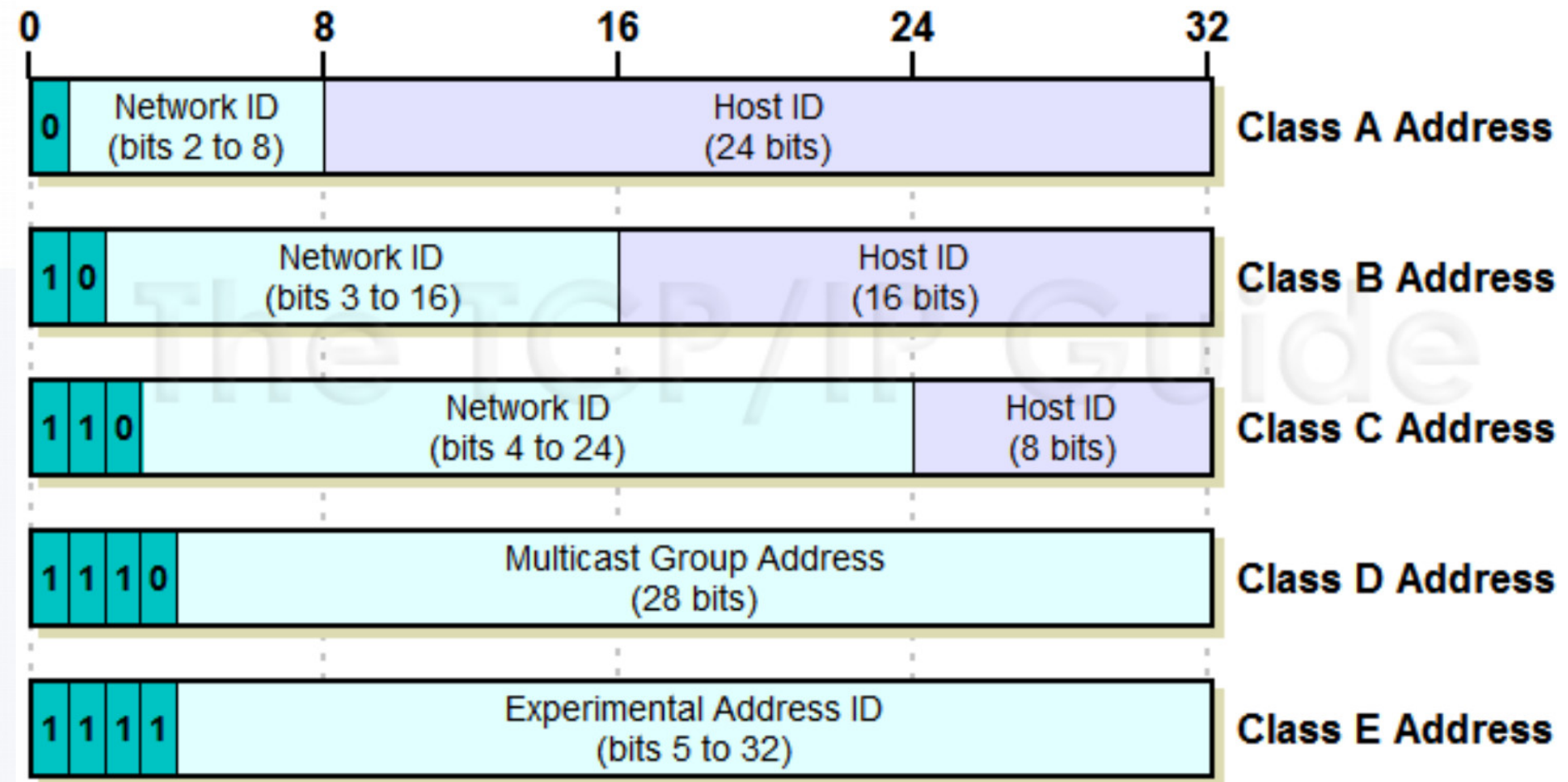
- Идентифицирует всю подсеть
- Все биты Host Part – нулевые
- Используется для маршрутизации

## Broadcast Address

- Задаёт все устройства в подсети
- Все биты Host Part – единичные
- Используется для рассылки всем устройствам в одной сети



# Классовая адресация





# Маска подсети

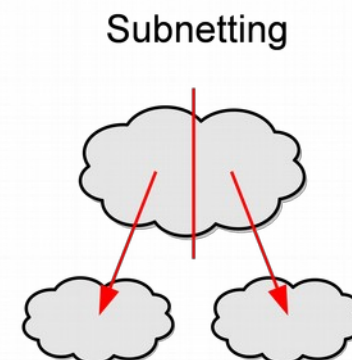
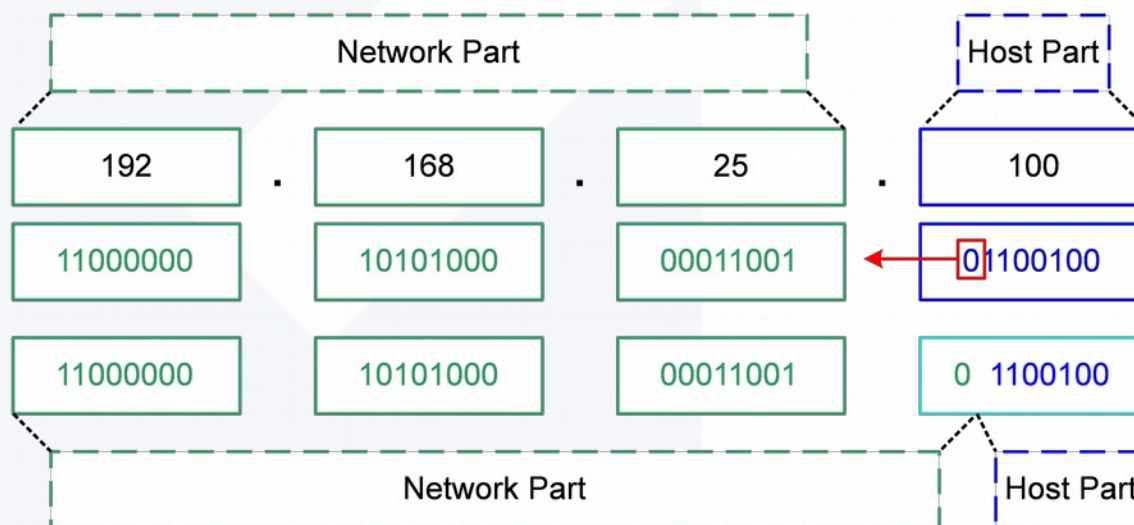
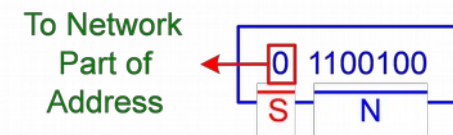
- Маска подсети** (Subnet Mask) – 32-битовое число, показывающее диапазон IP-адресов, находящихся в одной подсети
  - 1 – биты подсети (нераздельны, с лева на право)
  - 0 – биты устройства (нераздельны, с права на лево)

&	<div>11000000</div> <div>192</div>	.	<div>10101000</div> <div>168</div>	.	<div>00011001</div> <div>25</div>	.	<div>01100100</div> <div>100</div>	Host Address
	<div>11111111</div> <div>255</div>	.	<div>11111111</div> <div>255</div>	.	<div>11111111</div> <div>255</div>	.	<div>00000000</div> <div>0</div>	Subnet Mask
	<div>11000000</div> <div>192</div>	.	<div>10101000</div> <div>168</div>	.	<div>00011001</div> <div>25</div>	.	<div>00000000</div> <div>0</div>	Network Address



# Разделение на подсети

- **Разделение на подсети** (Subnetting) – создание логических подсетей из одного блока адресов (сети)
  - Заимствование битов в сетевую часть адреса (S бит)
  - Число подсетей:  $2^S$
  - Число устройств в подсети:  $2^N - 2$



- **Длина префикса (Prefix Length)** – число бит в сетевой части адреса

Однозначно задает:

- Максимальное количество устройств в сети

$$2^N - 2, \quad N = 32 - \text{Prefix\_Length}$$

- Максимальное количество сетей (данного уровня)

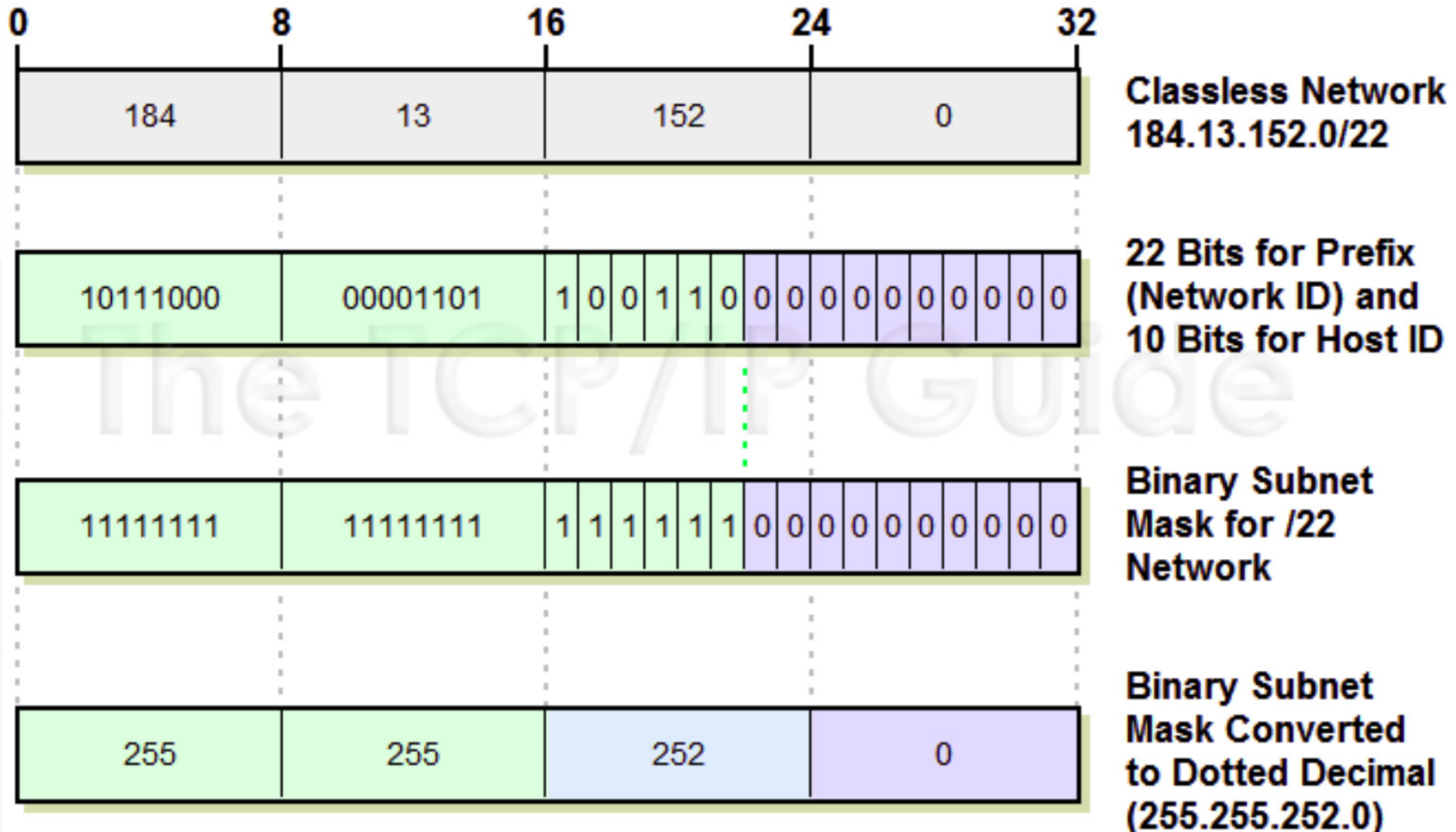
$$2^{\text{Prefix\_Length}}$$

- Адреса:

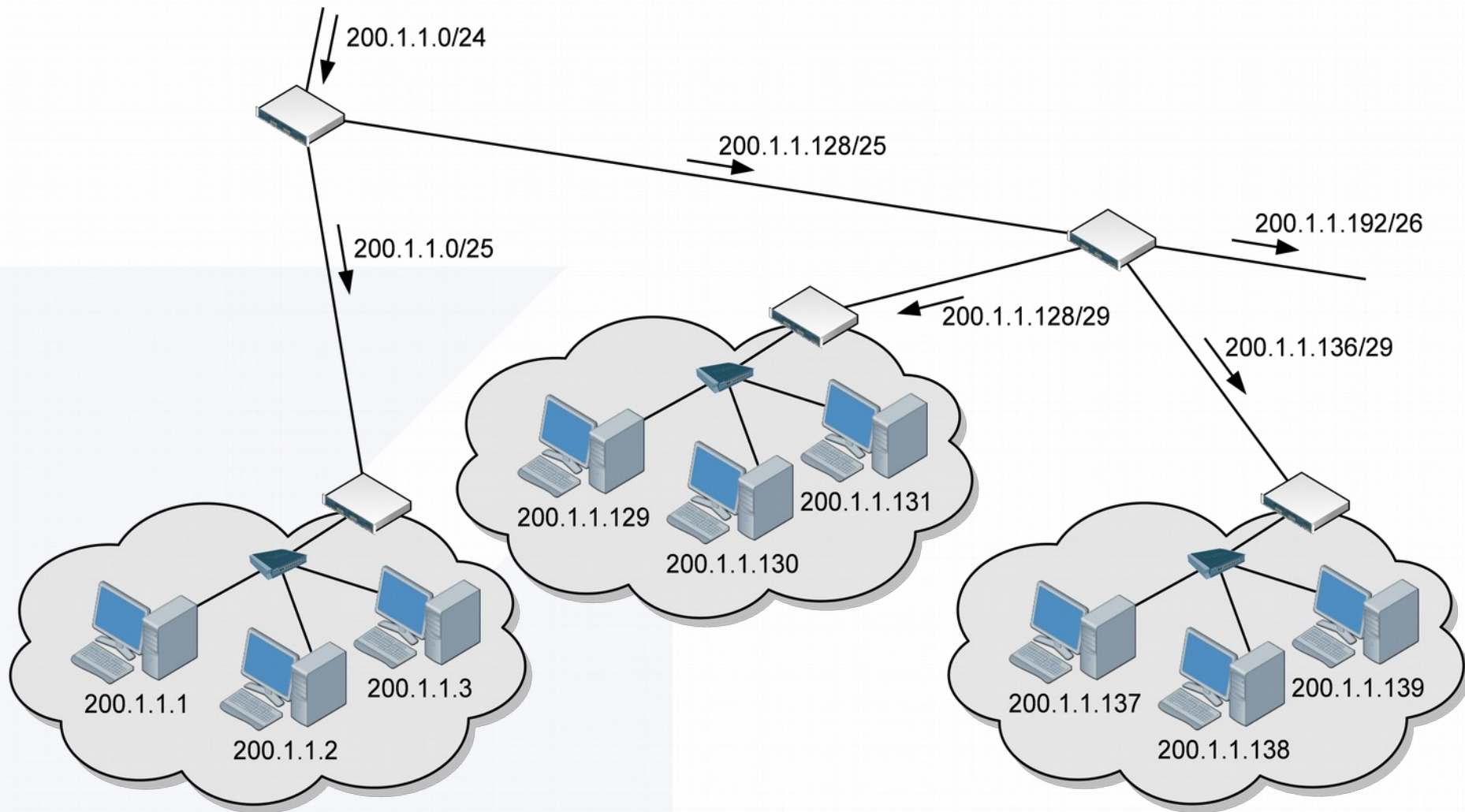
- Сети
- Широковещательный

192.168.25.0/24  
192.168.25.0/25

# Mask vs Prefix



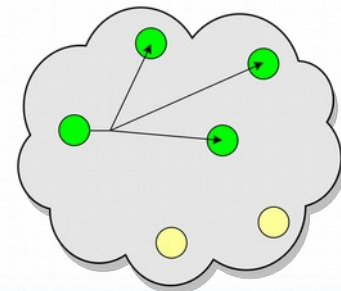
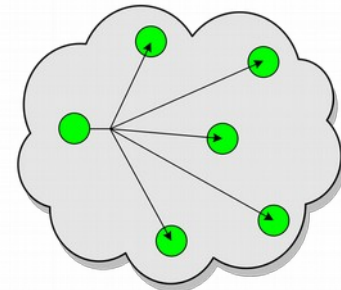
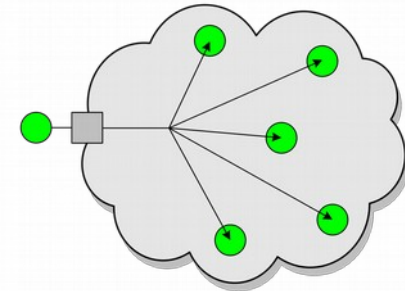
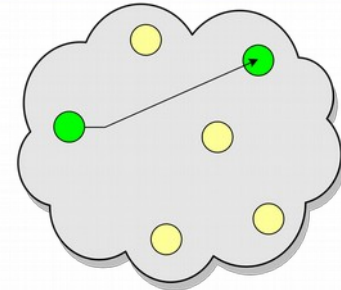
# Variable Length Subnet Mask (VLSM)



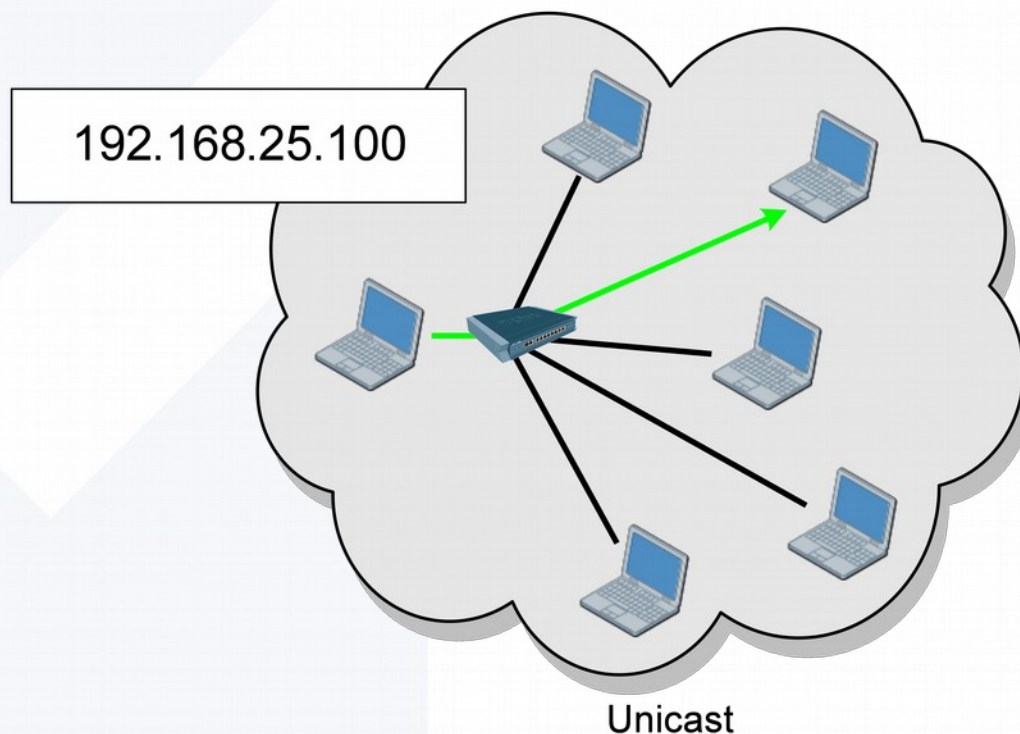


# Типы передачи

- **Unicast** – индивидуальная передача
  - Адресована отдельному устройству (единственному)
- **Broadcast** – широковещательная передача
  - Адресована **всем** устройствам
    - **Directed Broadcast** – в удаленной подсети
    - **Limited Broadcast** – в локальной подсети
- **Multicast** – групповая передача
  - Адресована **группе** устройств сети (нескольким)



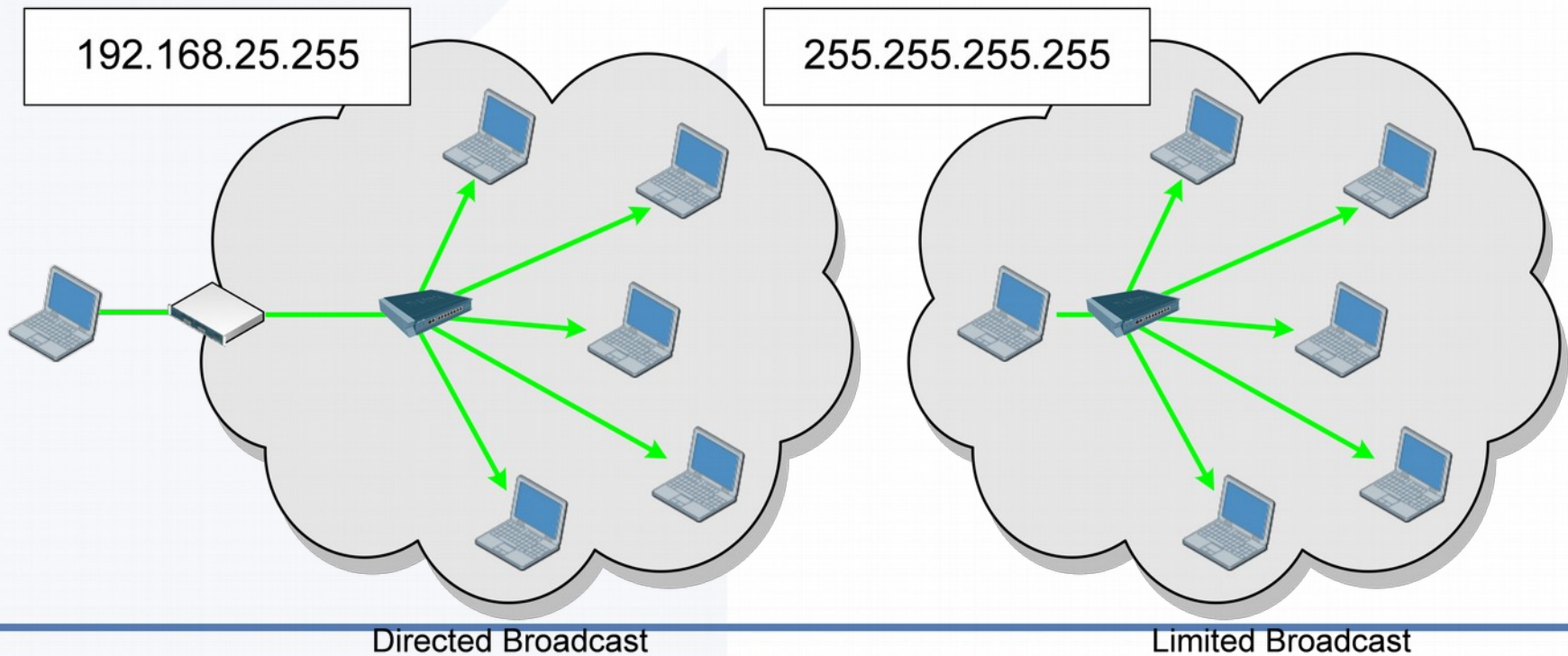
- Адресат:
  - Один – отдельное устройство
  - Задается полем IPv4 заголовка (устройство):
    - Destination Address – логический адрес устройства





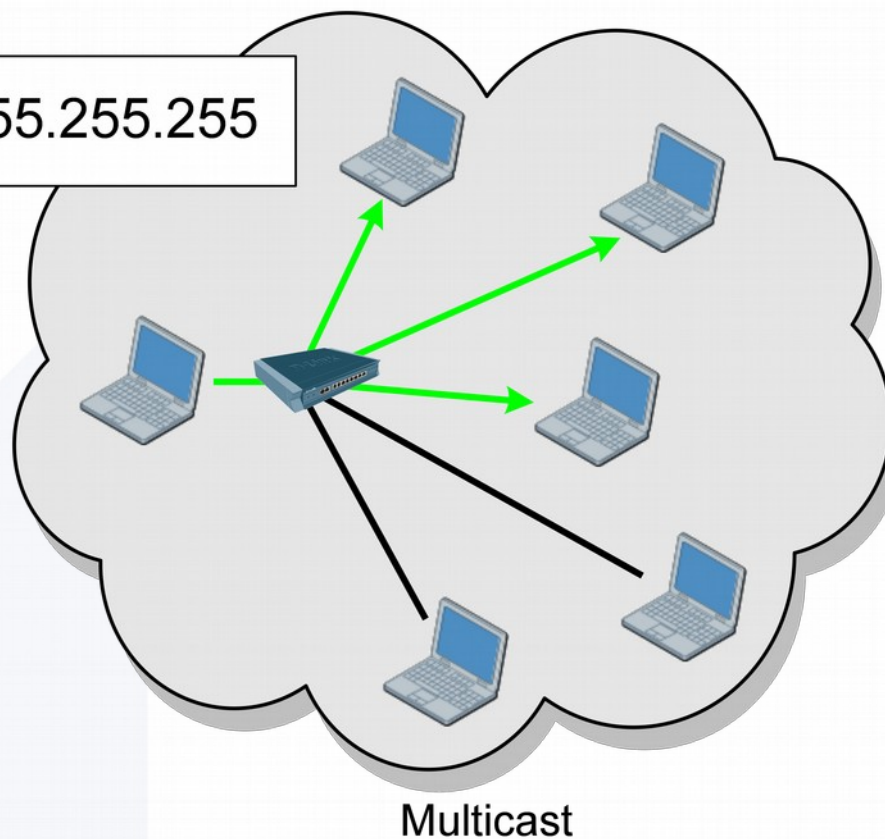
# Broadcast

- Адресат:
  - Все устройства в указанной подсети:
    - Локальной LAN (Limited Broadcast)
    - Удаленной LAN (Directed Broadcast)
  - Задается полем IPv4 заголовка (подсеть):
    - Destination Address – широковещательный адрес подсети



- Адресат:
  - Выбранная группа устройств
  - Задается полем IPv4 заголовка:
    - Destination Address – отдельная зарезервированная группа

224.0.0.0 – 239.255.255.255



# Диапазоны IPv4 адресов

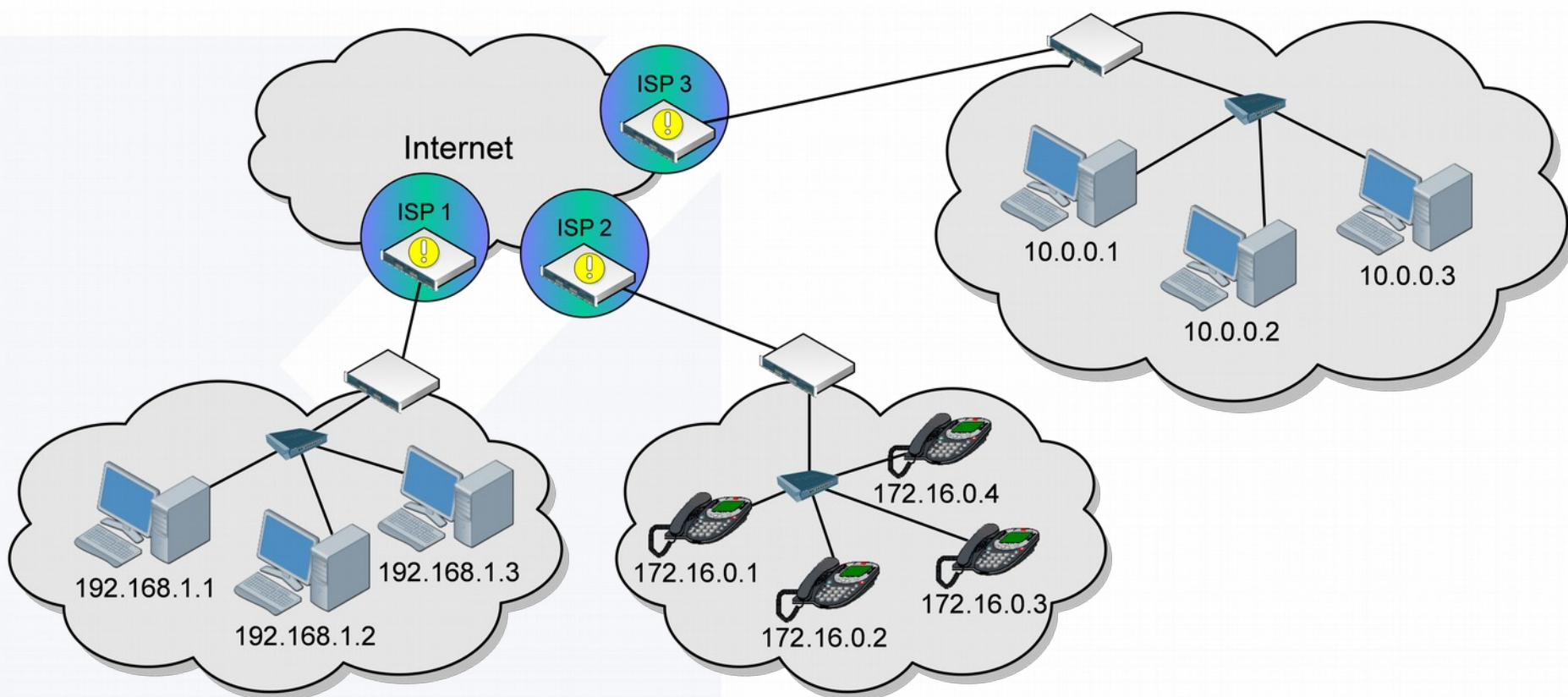
Type of Address	Subtype	Usage	Reserved Range
Host Addresses		IPv4 Hosts	0.0.0.0 – 223.255.255.255
Multicast Addresses	Reserved Link Local	Multicast Groups on a Local Network	224.0.0.0 – 224.0.0.255
	Globally Scoped	Multicast Groups on a Global Network	224.0.1.0 – 238.255.255.255
	Administratively Scoped	Special	239.0.0.0 – 239.255.255.255
Experimental Addresses		Research or Experimentation	240.0.0.0 – 255.255.255.254



# IPv4 адреса устройств

- Приватные:

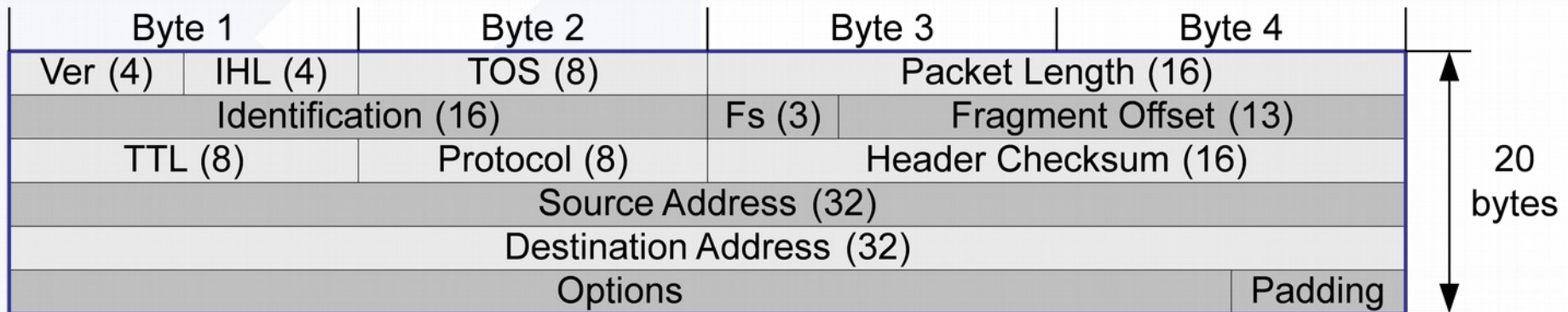
- 10.0.0.0/8 (10.0.0.0 – 10.255.255.255)
- 192.168.0.0 /16 (192.168.0.0 – 192.168.255.255)
- 172.16.0.0/12 (172.16.0.0 – 172.31.255.255.255)



- **Адреса сетей** (Network Addresses)
- **Широковещательные адреса** (Broadcast Addresses)
- **Маршрут по умолчанию** (Default Route)
  - **0.0.0.0**
  - Зарезервированы: **0.0.0.0/8** (0.0.0.0 – 0.255.255.255)
- **Адрес обратной петли** (Loopback Address)
  - **127.0.0.1**
  - Зарезервированы: **127.0.0.0/8** (127.0.0.0 – 127.255.255.255)
- **Локально-связанные адреса** (Link-Local Addresses)
  - **169.254.0.0/16** (169.254.0.0 – 169.254.255.255)
- **Тестовые адреса** (TEST-NET Addresses)
  - **192.0.2.0/24** (192.0.2.0 – 192.0.2.255)

# Недостатки IPv4

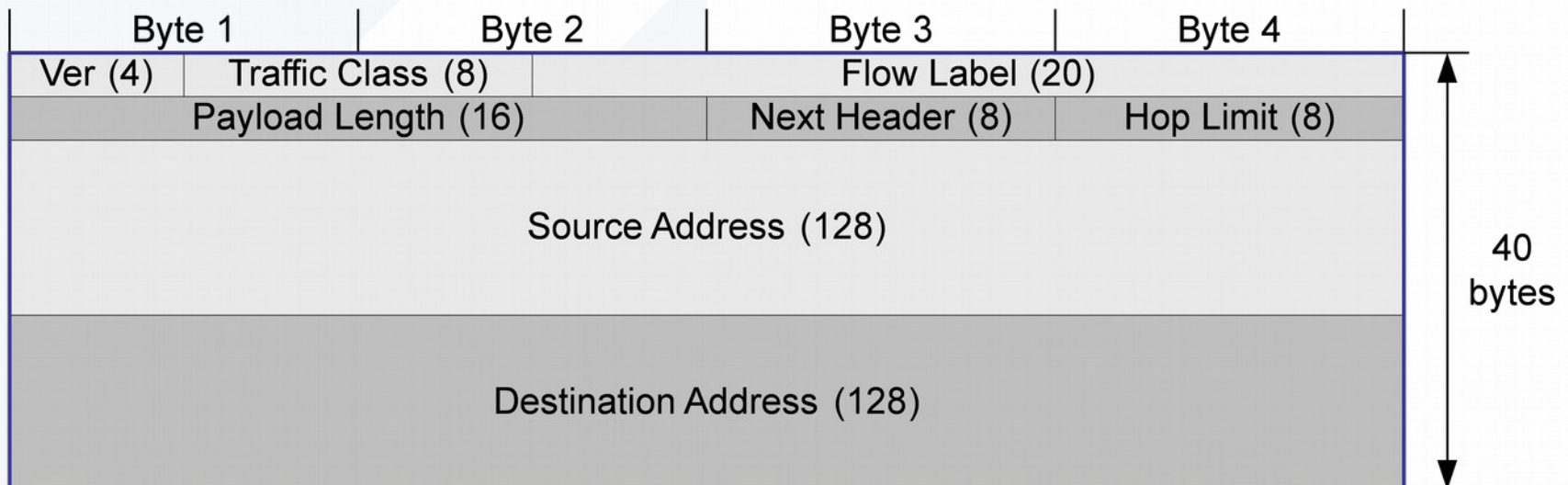
- Ограниченная масштабируемость сетей
  - Недостаточность 32-х битного адресного пространства
  - Сложность компоновки маршрутов
    - разрастание таблиц маршрутизации
- Сложность обработки заголовков
- Отсутствие поддержки классов обслуживания
  - Ухудшение качества передачи мультисервисных данных
- Отсутствие поддержки функций безопасности на сетевом уровне





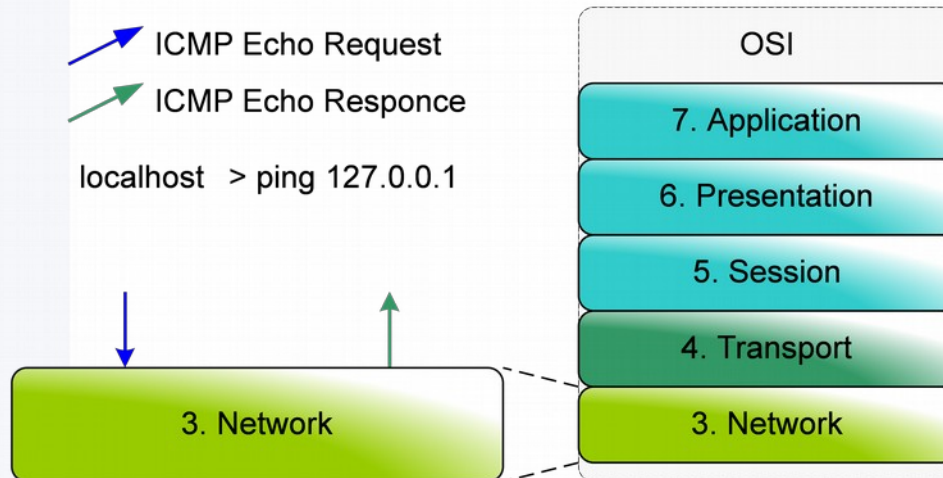
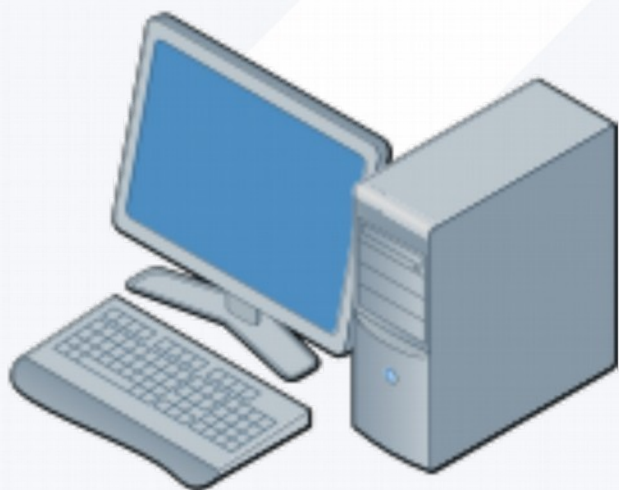
# Internet Protocol v6

- Расширено адресное пространство до 128 бит
- Упрощен стандартный заголовок пакета
- Изменено представление необязательных полей заголовка
- Введены метки потоков данных
- Введены механизмы аутентификации и шифрования
- Улучшена поддержка иерархической адресации, агрегирования маршрутов и автоматического конфигурирования адресов



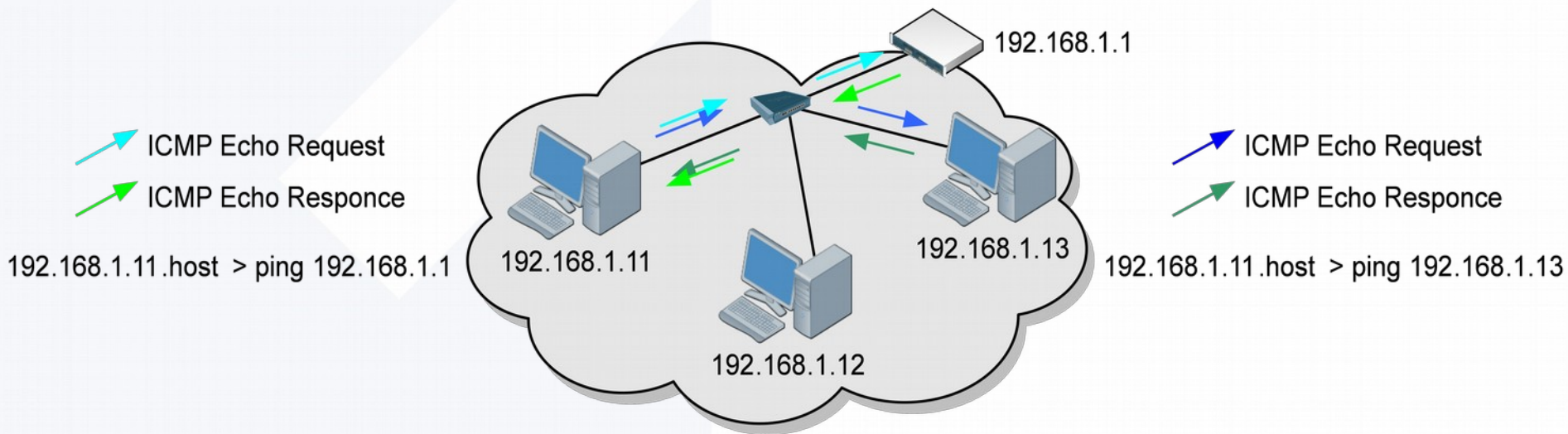
# Тестирование сети (Loopback)

- **ping** – утилита для тестирования IP соединения / стека
  - **ICMP** – Internet Control Message Protocol
    - ICMP Echo Request
    - ICMP Echo Reply
  - **Проверка локального стека TCP/IP (127.0.0.1 – Loopback):**
    - Отражает состояние сетевого уровня (локально)
    - Ничего не говорит о нижележащих уровнях
    - Ничего не говорит о корректности сетевых настроек (IP, Mask, Gateway...)



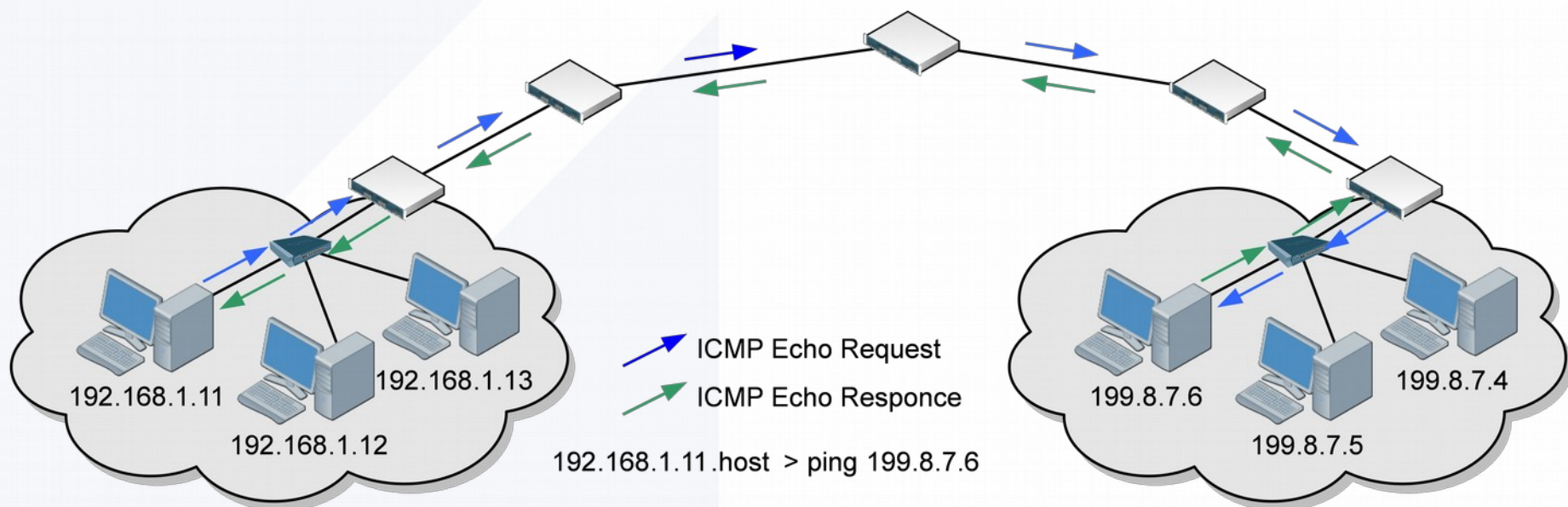
# Тестирование сети (Local)

- Проверка локальной сети (IP, Gateway):
  - Функционирование всего стека TCP/IP
  - Функционирование шлюза
  - Функционирование концентратора, коммутатора ...
  - Функционирование локальной сети



# Тестирование сети (Remote)

- Проверка соединения с удаленной сетью (устройством):
  - Возможность межсетевой передачи (WAN, Internet)
  - Функционирование промежуточного оборудования (и ПО)
  - Функционирование конечного адресуемого устройства (и ПО)
- Ограничения:
  - Запрет / отброс ICMP датаграмм
  - Сложность маршрутов





- **traceroute** — утилита для отображения пути следования пакетов
  - используемые протоколы для обнаружения маршрута: ICMP, TCP, UDP
  - Отображение пути (путей) следования пакетов
  - Отображение суммарного времени доставки и возврата (Round Trip Time)

