

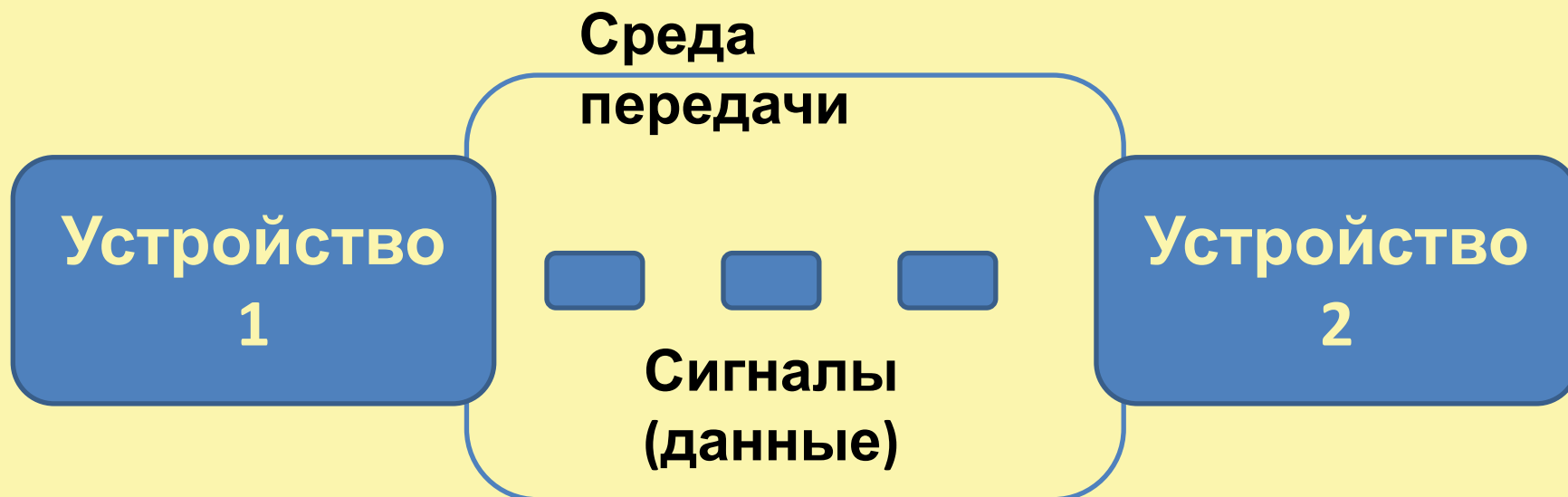
Введение в компьютерные сети.

Модель OSI.

Стэк протоколов TCP/IP.

Уровень сетевых интерфейсов.

Передача данных

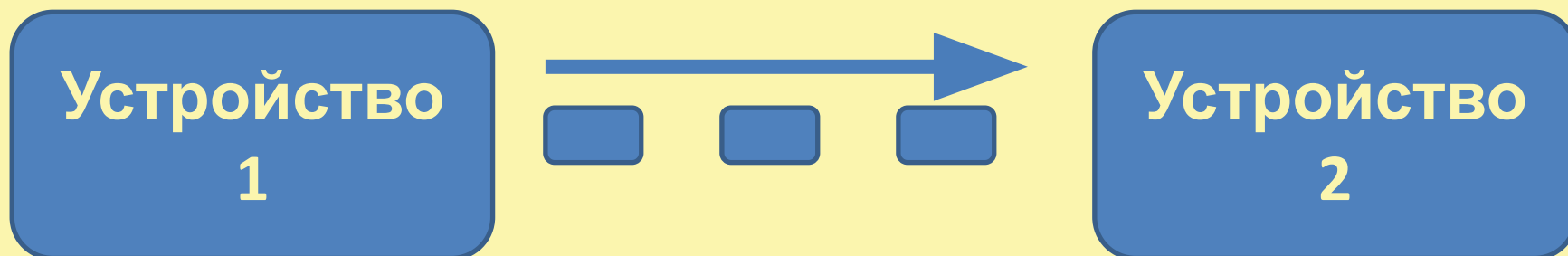


Виды связи. Simplex

Simplex – односторонняя связь.

Примеры:

- **Теле- и радиовещание.**
- **Передача данных от спутников GPS.**

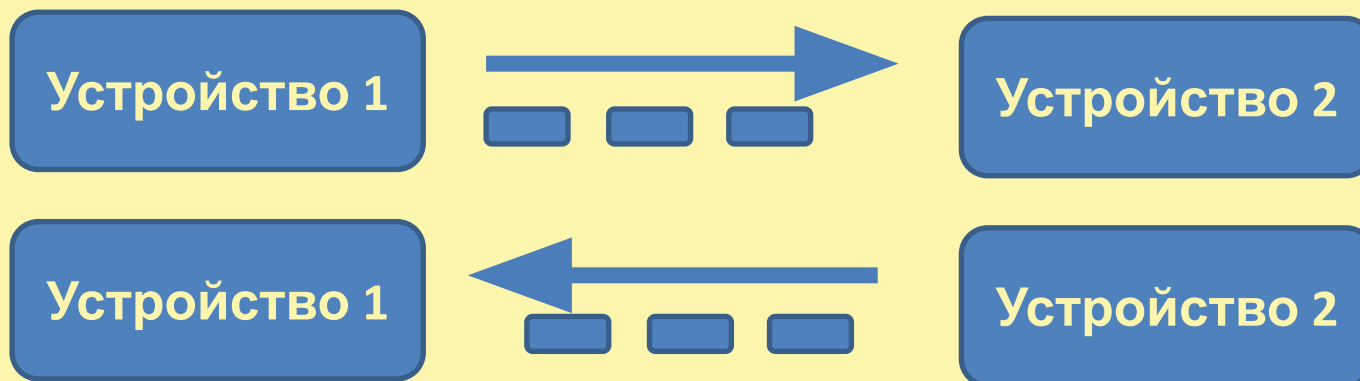


Виды связи. Half-duplex

Half-duplex – двусторонняя связь, но в один момент времени может передавать только одно устройство.

Примеры:

- **Общение по радию, когда можно либо слушать канал, либо, нажав кнопку, передавать в него.**

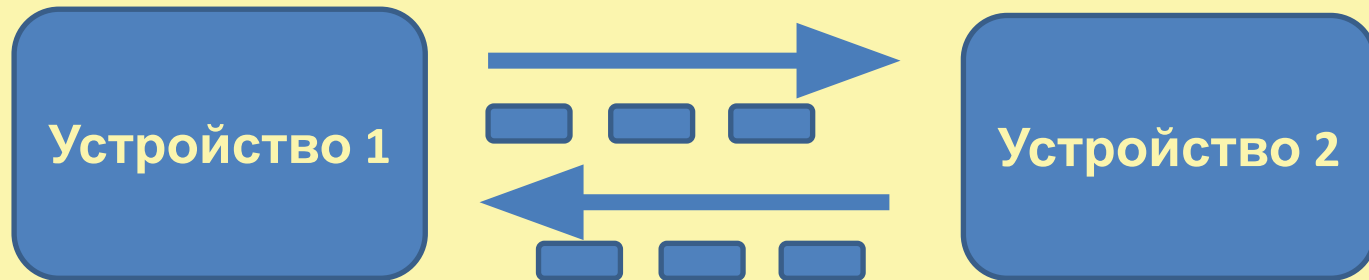


Виды связи. Full-duplex

Full-duplex – двусторонняя передача, оба устройства могут одновременно вести передачу.

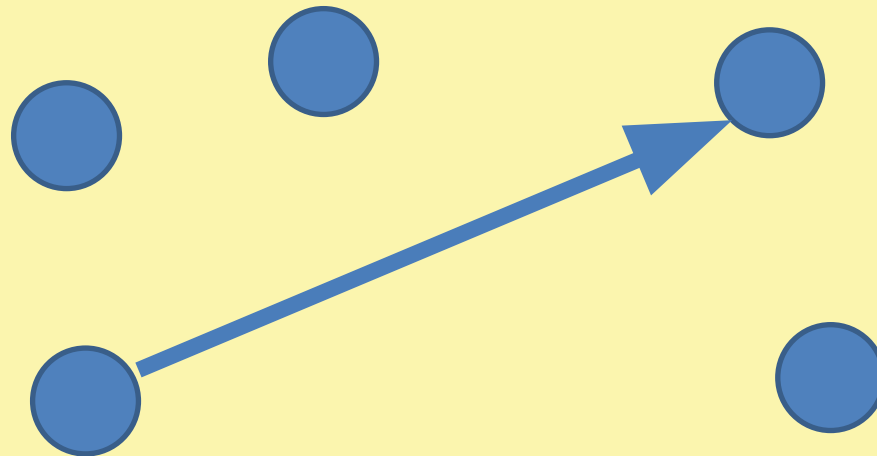
Примеры:

- **Разговор по телефону.**



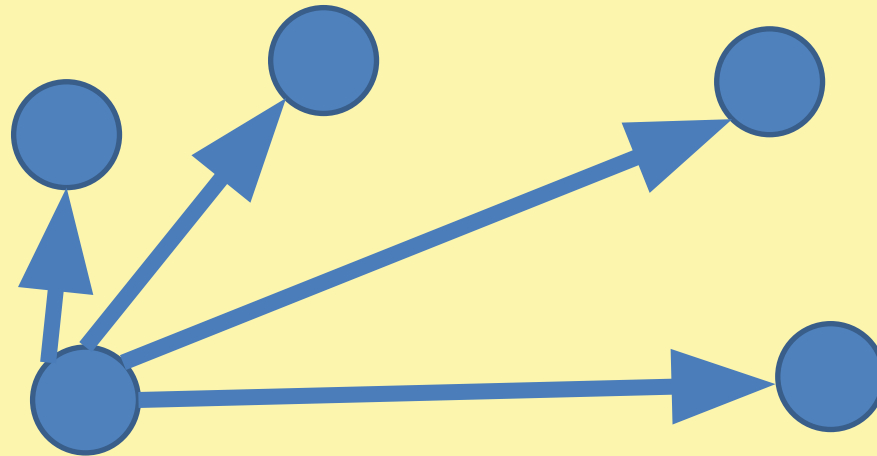
Виды связи. Unicast

Unicast – передача данных единственному адресату.



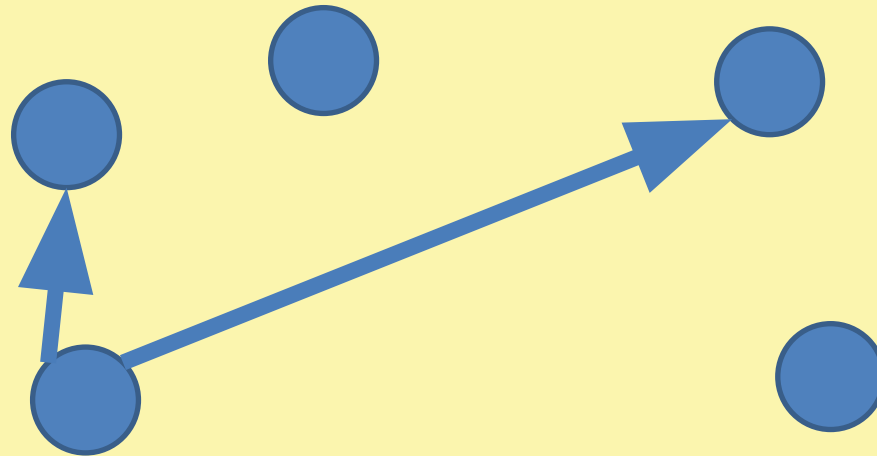
Виды связи. Broadcast

Broadcast – широковещательная передача данных всем адресатам.



Виды связи. Multicast

Multicast – передача данных группе адресатов.

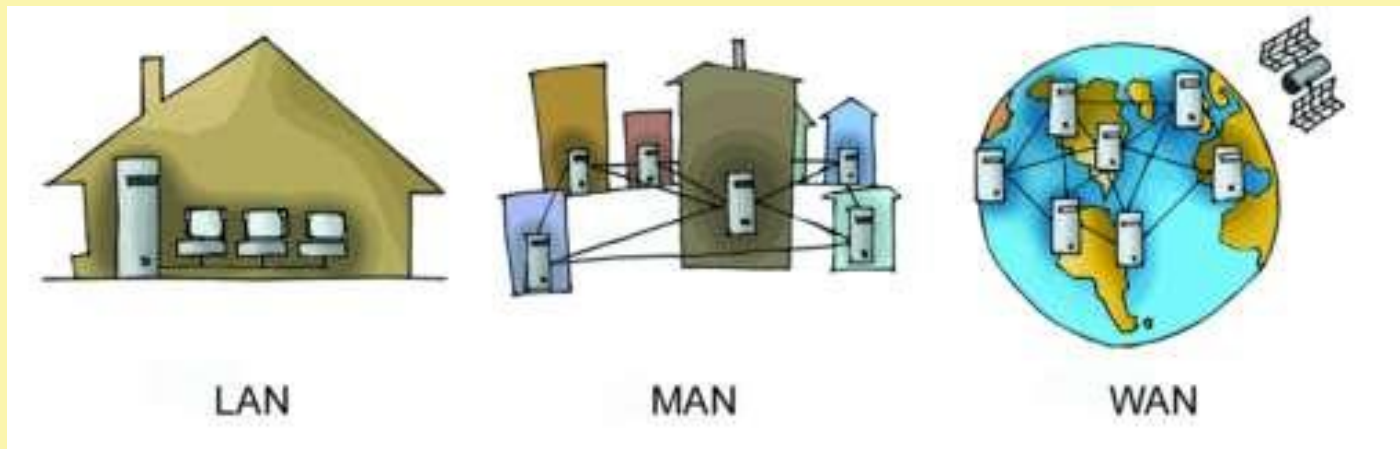


Виды сетей в зависимости от географического охвата.

LAN (Local area network) – локальная сеть, объединяет небольшое количество устройств на ограниченной территории (до нескольких сотен метров).

MAN (Metropolitan Area Network) – городская сеть, объединяет большое количество устройств в пределах города (обычно до 50 км).

WAN (Wide Area Network) – глобальная сеть, объединяет большое кол-во устройств по всему миру.



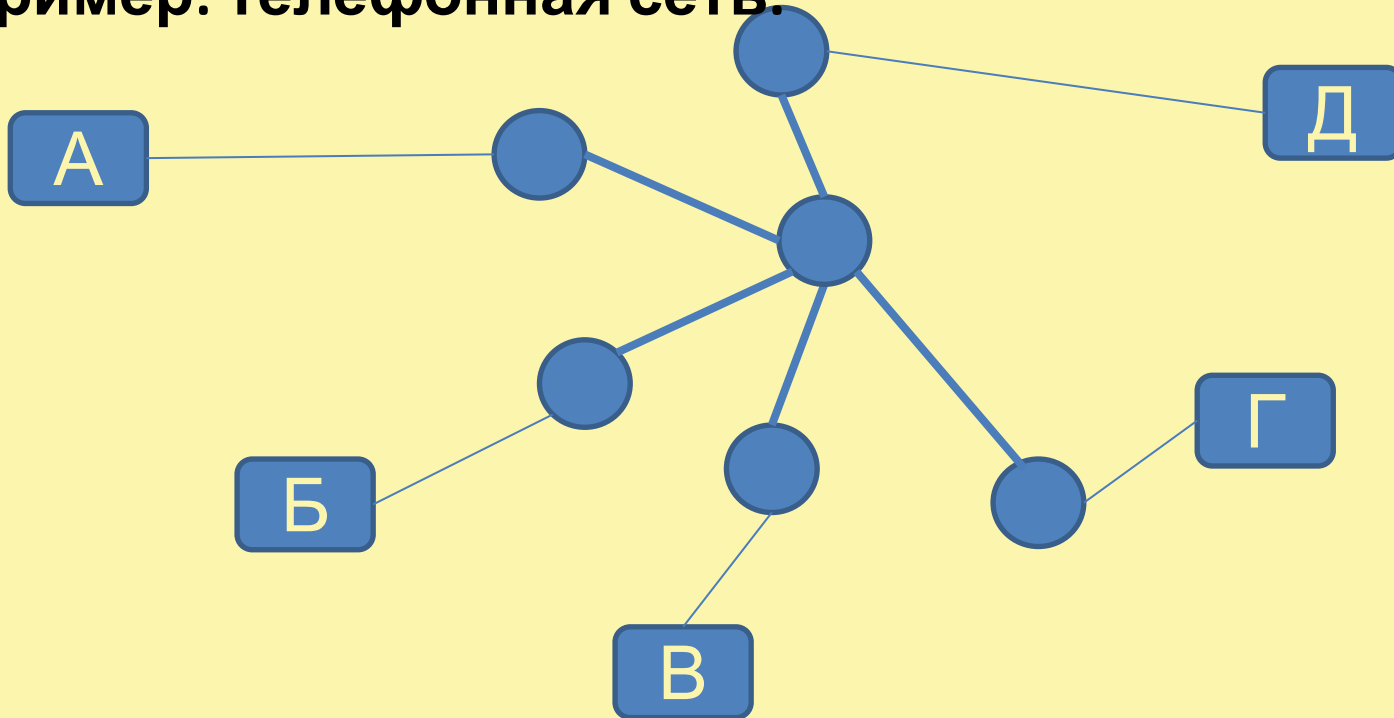
Протяженность

Название	Протяженность	Расположение
Персональная	1 м	На столе
Локальная	10 м – 1 км	Комната, здание, кампус
Муниципальная	10 км	Город
Глобальная	100 – 1000 км	Страна, континент
Объединение сетей	10 000 км	Весь мир

Виды коммутации. Коммутация каналов.

В сети с коммутацией каналов между двумя конечными устройствами устанавливается физический канал.

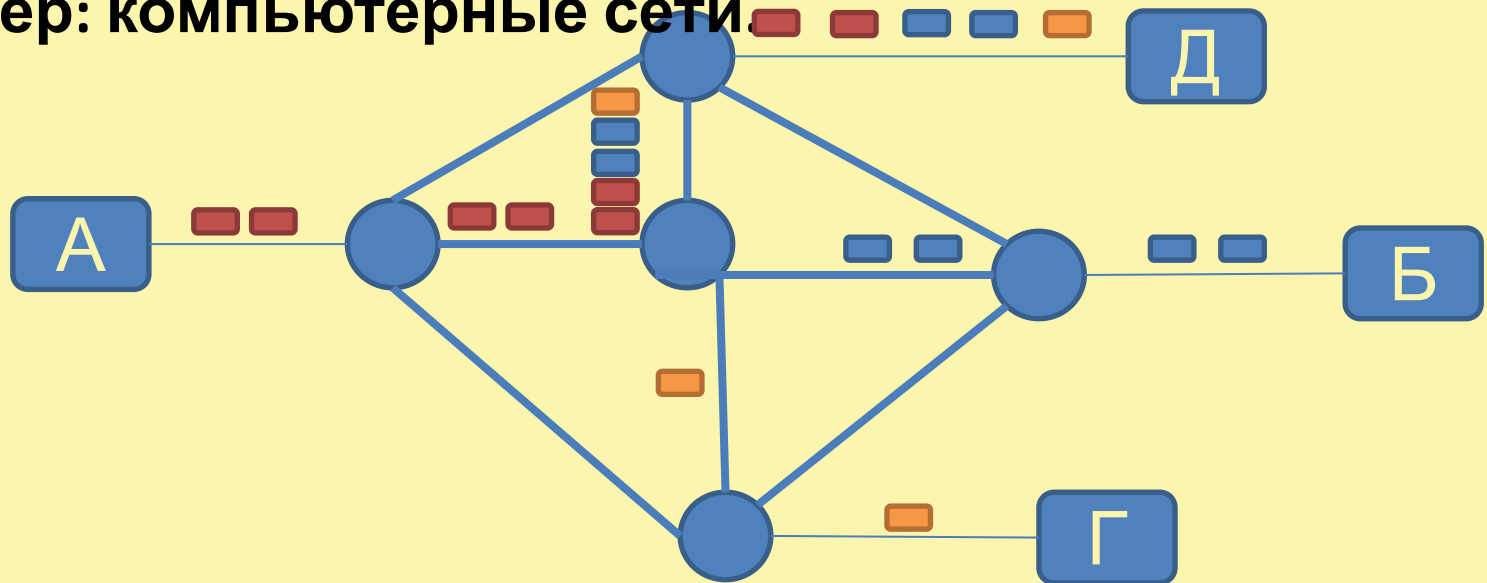
Пример: телефонная сеть.



Виды коммутации. Коммутация пакетов.

В сети с коммутацией пакетов информация от каждого устройства делится на небольшие пакеты и эти пакеты передаются по одним и тем же физическим каналам.

Пример: компьютерные сети.



Абстракции для описания сетевого взаимодействия

- Сложности построения сетей
 - Многообразие оборудования и программного обеспечения
 - Надёжность
 - Развитие сети
 - Распределение ресурсов
 - Качество обслуживания
 - Безопасность
- Решение:
 - Декомпозиция на отдельные подзадачи
 - Шаблон «Уровни»
 - Ввод единых стандартов (OSI, TCP/IP)

Стандарты

- На раннем этапе развития сетей (60-70 годы) стандартизации не было
- Оборудование разных производителей не могло взаимодействовать по сети
 - Несовместимость сетевого оборудования
 - Несовместимость программного обеспечения
 - Разные протоколы
- Решение - стандарты

Эталонные модели организации сетей

- Модель взаимодействия открытых систем (ISO OSI)
 - Юридический стандарт международной организации стандартизации ISO
 - 7 уровней, протоколы не входят в модель
 - Хорошая теоретическая проработка
 - На практике не используется
- Модель TCP/IP
 - Фактический стандарт на основе популярного стека протоколов TCP/IP
 - 4 уровня
 - Протоколы TCP/IP широко используются на практике
 - Основа интернет

Декомпозиция: шаблон «Уровни»

Компьютер 1

Уровень 4



Уровень 3



Уровень 2

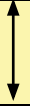


Уровень 1

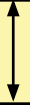


Компьютер 2

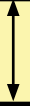
Уровень 4



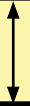
Уровень 3



Уровень 2



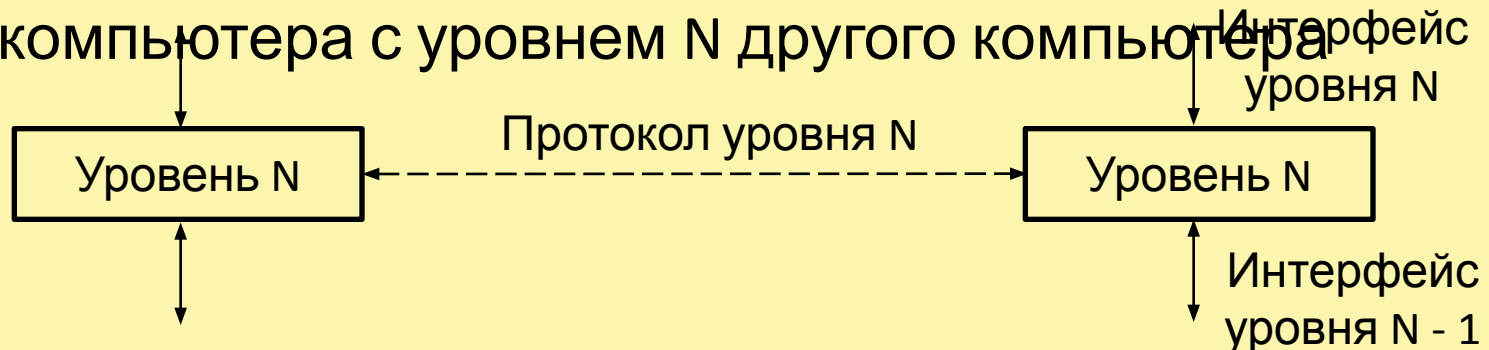
Уровень 1



Среда передачи данных

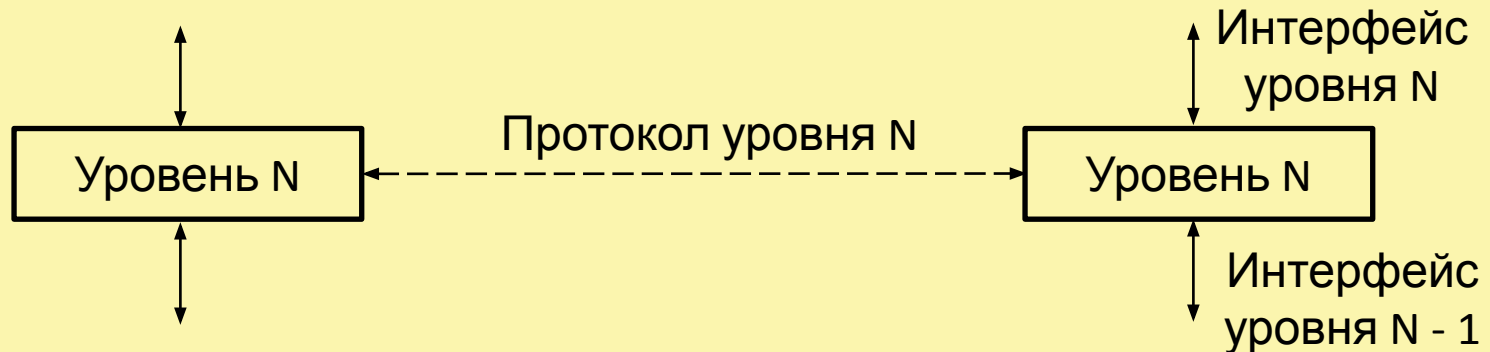
Базовые понятия для каждого уровня

- **Сервис** – описывает какие функции реализует уровень
- **Интерфейс** – набор примитивных операций, которые нижний уровень предоставляет верхнему
- **Протокол** – правила и соглашения, используемые для связи уровня N одного компьютера с уровнем N другого компьютера



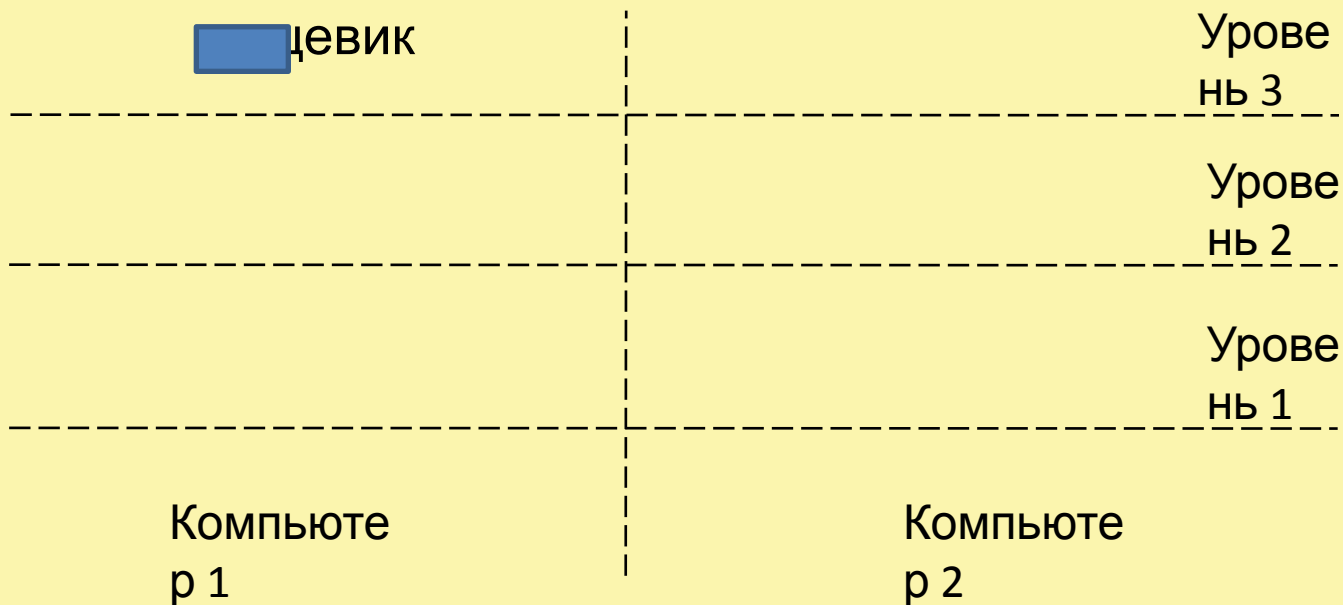
Базовые понятия для каждого уровня

- Сервис – что делает уровень
- Протокол – как уровень это делает
- Интерфейс – как получить доступ к сервису уровня



Инкапсуляция

- Инкапсуляция:
 - Включение сообщения вышестоящего уровня в сообщение нижестоящего уровня
 - Сообщение: заголовок + данные +



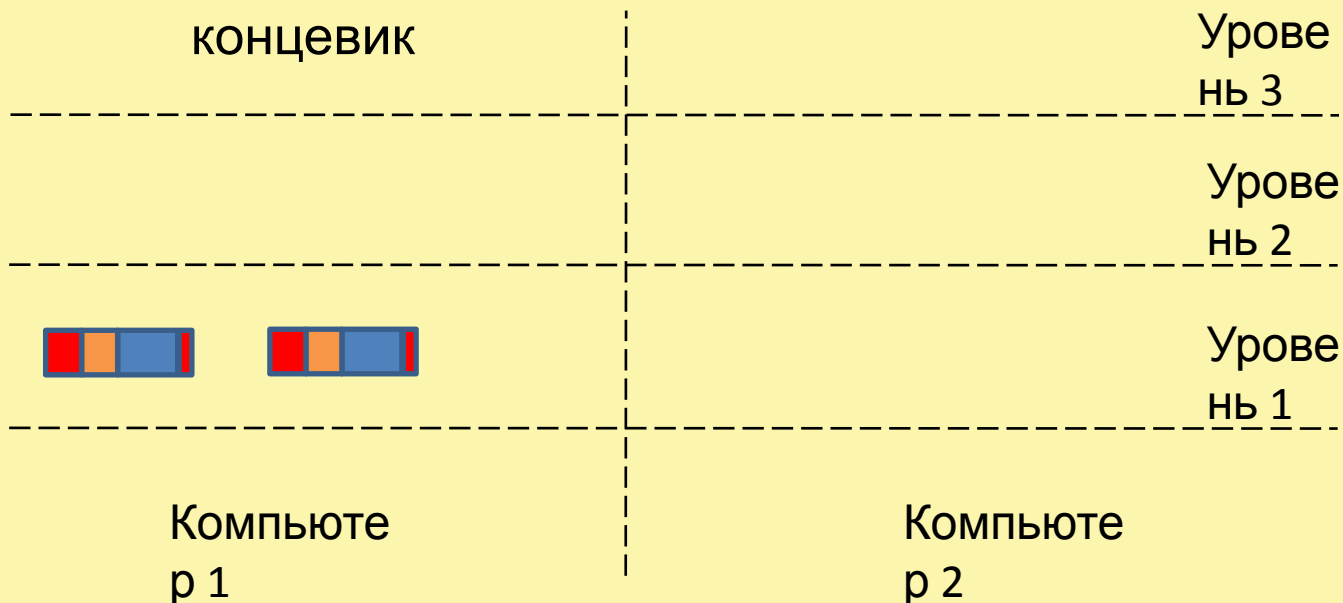
Инкапсуляция

- Инкапсуляция:
 - Включение сообщения вышестоящего уровня в сообщение нижестоящего уровня
 - Сообщение: заголовок + данные + концевик



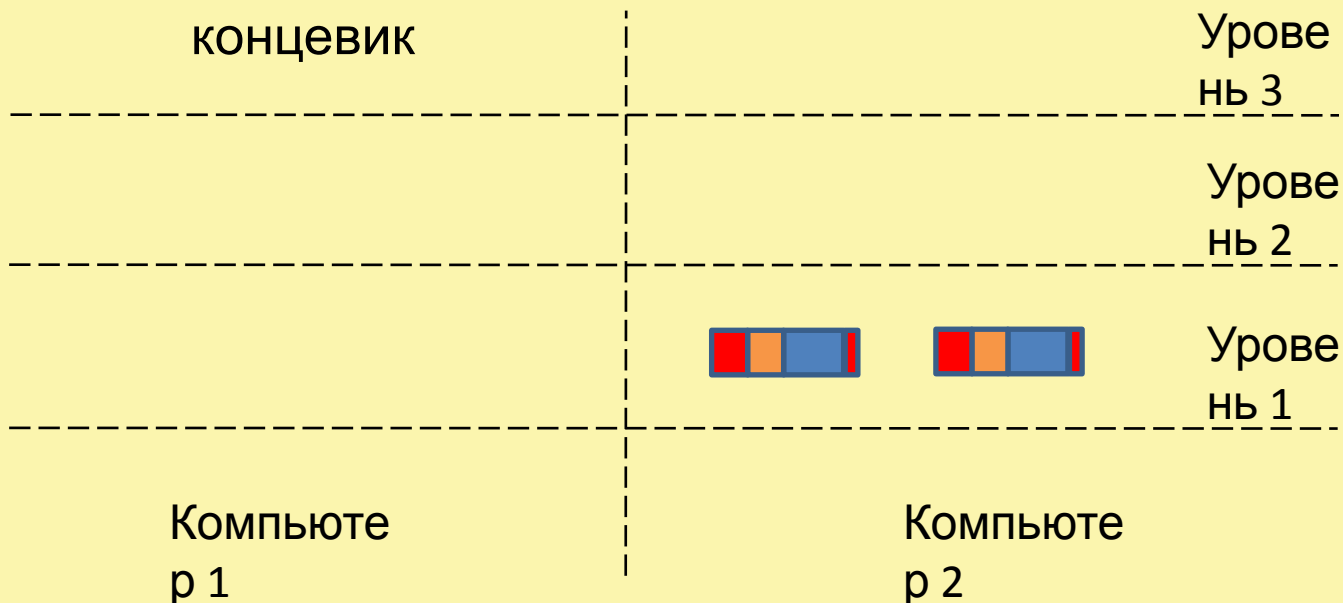
Инкапсуляция

- Инкапсуляция:
 - Включение сообщения вышестоящего уровня в сообщение нижестоящего уровня
 - Сообщение: заголовок + данные + концевик



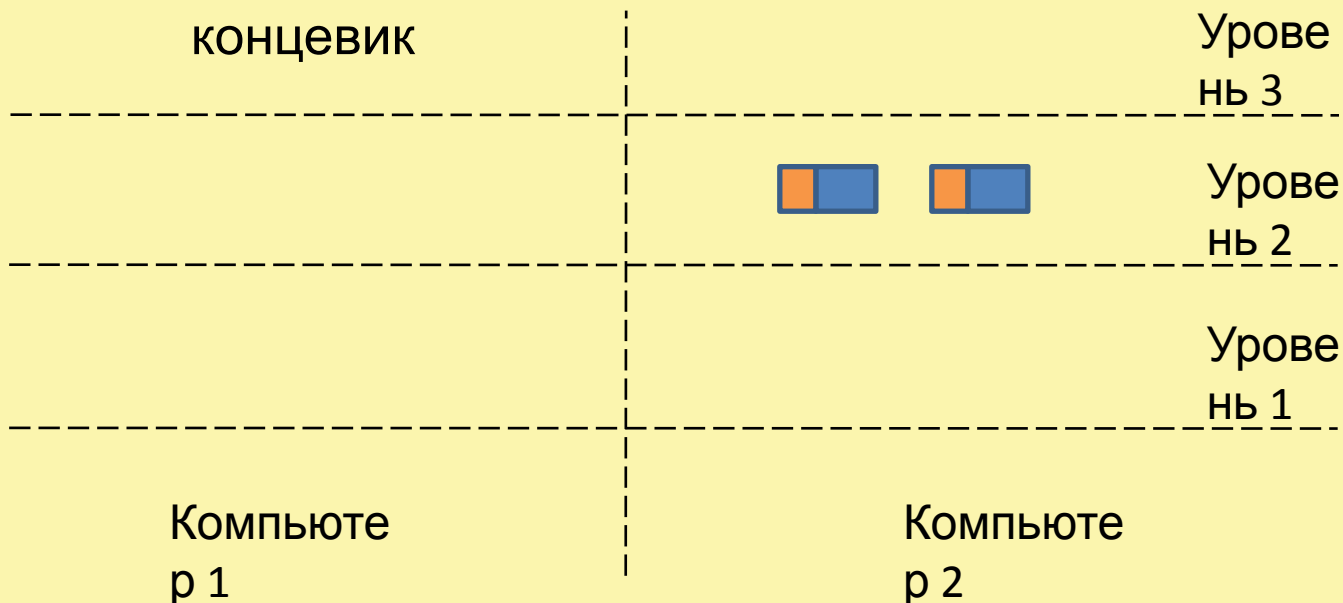
Инкапсуляция

- Инкапсуляция:
 - Включение сообщения вышестоящего уровня в сообщение нижестоящего уровня
 - Сообщение: заголовок + данные + концевик



Инкапсуляция

- Инкапсуляция:
 - Включение сообщения вышестоящего уровня в сообщение нижестоящего уровня
 - Сообщение: заголовок + данные + концевик



Инкапсуляция

- Инкапсуляция:
 - Включение сообщения вышестоящего уровня в сообщение нижестоящего уровня
 - Сообщение: заголовок + данные + концевик



Модель OSI и TCP/IP

Модель OSI определяет:

- Какие уровни должны быть в сети
- Какие функции должны выполняться на каждом уровне

Модель OSI используется в качестве «общего языка» для описания разных сетей
Хорошая теоретическая проработка

Модель OSI

Прикладной
Представления
Сеансовый
Транспортный
Сетевой
Канальный
Физический

Модель TCP/IP

Прикладной
Транспортный
Интернет
Сетевых интерфейсов

Модель TCP/IP описывает, как нужно строить сети на основе разных технологий, чтобы в них работал стек TCP/IP

TCP/IP – протоколы, основа Интернет

Протоколы широко применяются.
Ограниченная модель, подходит только для описания сетей на основе стека TCP/IP

Физический уровень

Передача битов по физическому каналу связи

Не вникает в смысл передаваемой информации

Задача: Как представить биты информации в виде сигналов, передаваемых по среде

Канальный уровень

- Передача сообщений по каналу связи
 - Определение начала/конца сообщения в потоке бит
- Обнаружение и коррекция ошибок
- В широкополосной сети:
 - Управление доступом к среде передачи данных
 - Физическая адресация

Транспортный уровень

- Обеспечивает передачу данных между **процессами** на хостах
- Управление надежностью:
 - Может предоставлять надежность выше, чем у сети
 - Наиболее популярный сервис – защищенный от ошибок канал с гарантированным порядком следования сообщений

Сквозной уровень

- Сообщения доставляются от источника адресату
- Предыдущие уровни используют принцип **звеньев цепи**

Сетевой уровень

- Объединяет сети, построенные на основе разных технологий
- Задачи:
 - Создание составной сети, согласование различий в сетях
 - Адресация (сетевые или глобальные адреса)
 - Определение маршрута пересылки пакетов в составной сети (маршрутизация)

Сеансовый уровень

- Позволяет устанавливать сеансы связи
- Задачи:
 - Управление диалогом (очерёдность передачи сообщений)
 - Управление маркерами (предотвращение одновременного выполнения критичной операции)
 - Синхронизация (метки в сообщениях для возобновления передачи в случае сбоя)

Уровень представления

- Обеспечивает согласование синтаксиса и семантики передаваемых данных
 - Форматы представления символов
 - Форматы чисел
- Шифрование и дешифрование
- Пример:
 - Transport Layer Security (TLS) / Secure Sockets Layer (SSL)

Прикладной уровень

- Набор приложений, полезных пользователям:
 - Гипертекстовые Web-страницы
 - Социальные сети
 - Видео и аудио связь
 - Электронная почта
 - Доступ к разделяемым файлам
 - и многое другое

Единицы передаваемых данных

Уровень	Название единицы
Прикладной (Application)	Сообщение (PDU)
Представления (Presentation)	Сообщение (PDU)
Сеансовый (Session)	Сообщение (PDU)
Транспортный (Transport)	Сегмент/Дейтаграмма (segment/datagram)
Сетевой (Networking)	Пакет (Packet)
Канальный (Data Link)	Кадр (Frame)
Физический (Physical)	Бит (Bit)

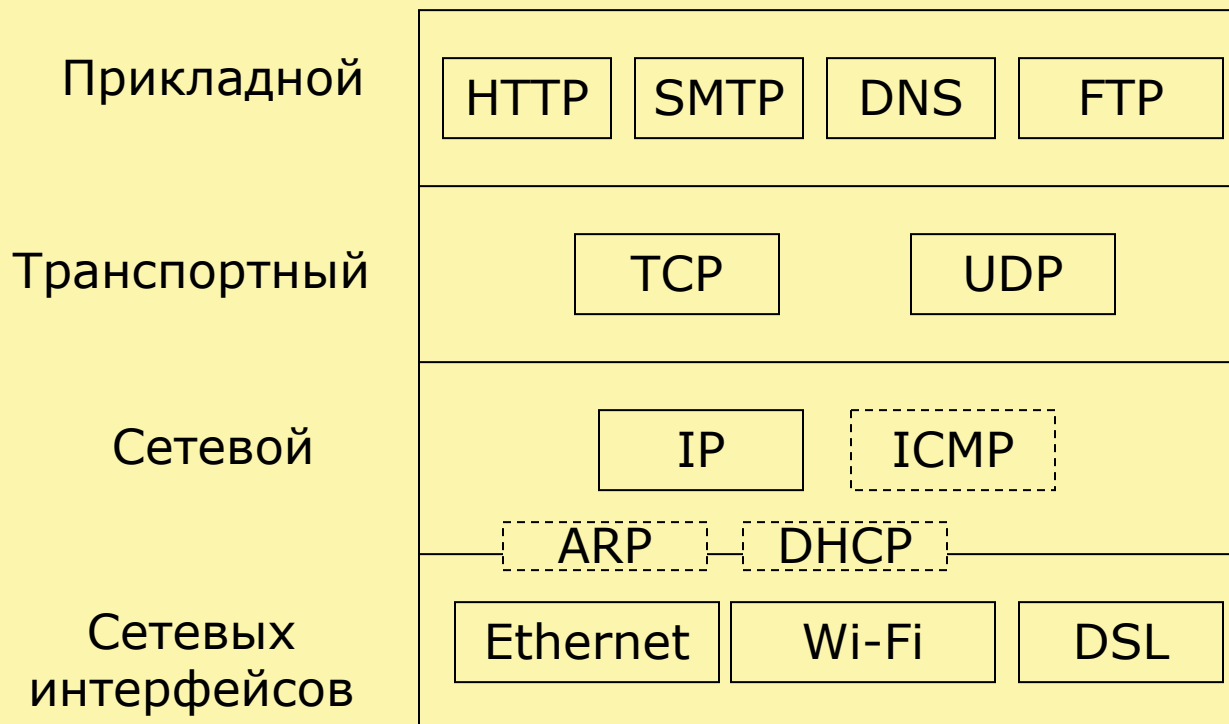
Сетевое оборудование

Уровень модели OSI	Оборудование
Сетевой	Маршрутизатор
Канальный	Коммутатор, точка доступа
Физический	Концентратор

Пятиуровневая модель «OSI + TCP/IP»



Стек протоколов TCP/IP



**Физический
уровень**

Место в модели OSI

Прикладной
Представле ния
Сеансовый
Транспортн ый
Сетевой
Канальный
Физический

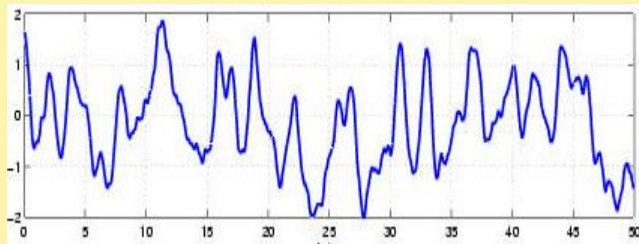
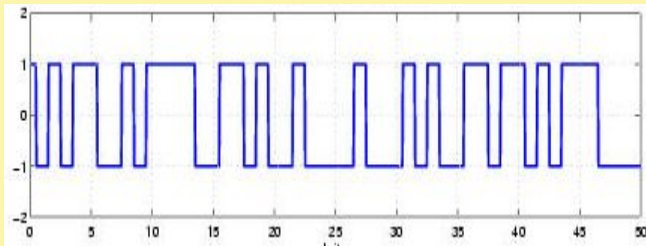
- Сервис:
 - Передача потока бит по среде передачи данных
- Не вникает в смысл передаваемой информации
- Единица передачи информации - бит

Представление сигналов

- Задача физического уровня
 - Как представить биты информации в виде сигналов, передаваемых по среде

Представление сигналов

- Задача физического уровня
 - Как представить биты информации в виде сигналов, передаваемых по среде



Модель канала связи

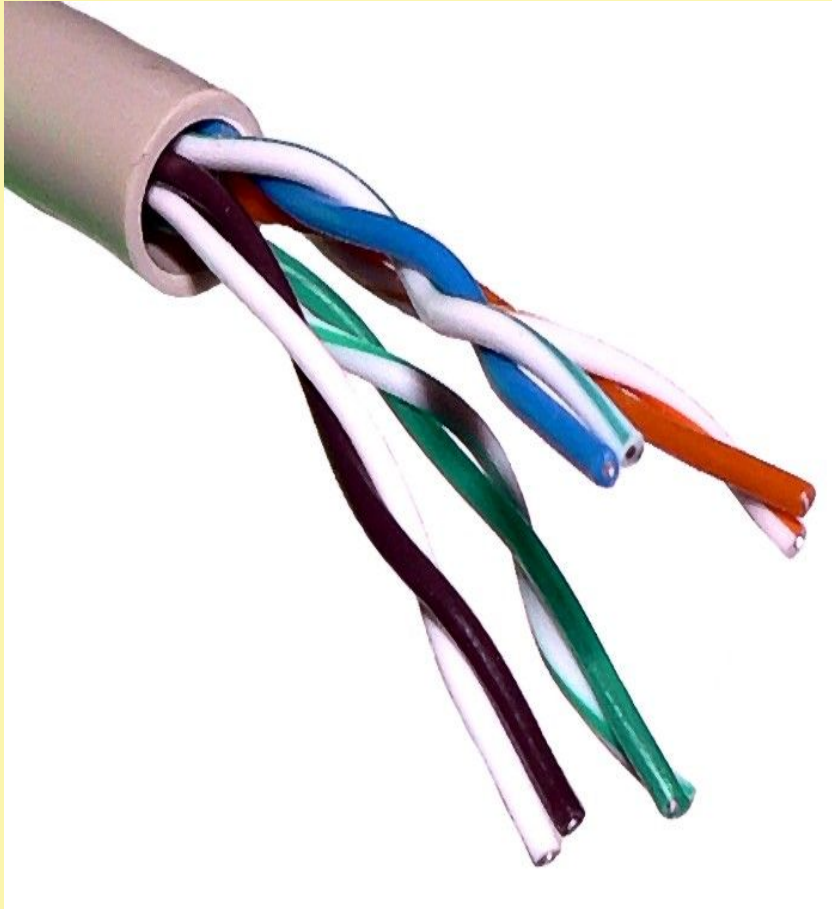


- **Характеристики канала связи**
 - Пропускная способность (бит/с)
 - Задержка
 - Количество ошибок
- **Типы каналов связи**
 - Симплексный, дуплексный, полудуплексный

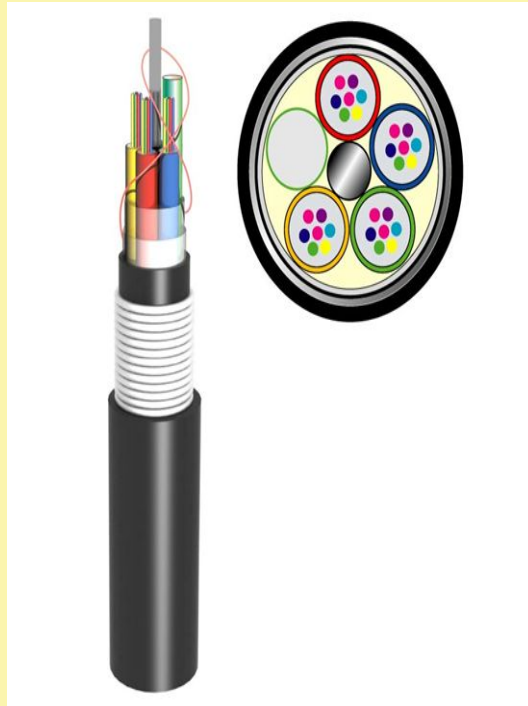
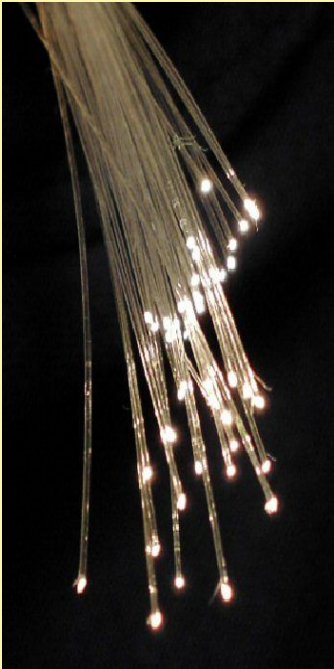
Среды передачи данных

- Кабель
 - Телефонный кабель (“лапша”)
 - Коаксиальный кабель
 - Витая пара
 - Оптический кабель
 - Провода электропитания 220В
- Беспроводные технологии
 - Радиоволны
 - Инфракрасное излучение
- Спутниковые каналы
- Беспроводная оптика (лазеры)

Витая пара



Оптический кабель



Радиоволны

- Особенности беспроводной среды
 - Сигнал передается по нескольким направлениям
 - Может быть много приемников информации
 - Несколько источников сигнала искажают друг друга и требуют коор
- Сотовая связь
 - GSM – 900 МГц
 - Требуется лицензировани
- Wi-Fi
 - 2,4 ГГц и 5 ГГц
 - Не требуется лицензирование
 - Другие приборы также работают на этой частоте



Ошибки в каналах связи

Среда передачи
данных

Частота
возникновения
ошибок

Оптические
кабели

Очень редко

Медные кабели

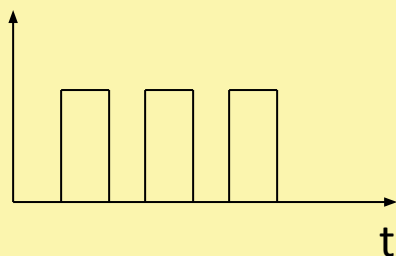
Редко

Радиоволны

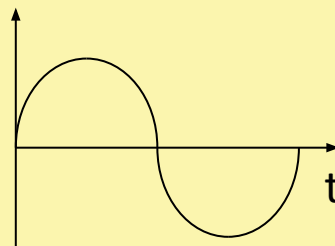
Часто

Представление информации

Прямоугольные импульсы



Синусоидальные волны



Представление информации –
кодирование
(baseband modulation)

Представление информации –
модуляция
(passband modulation)

Медные провода

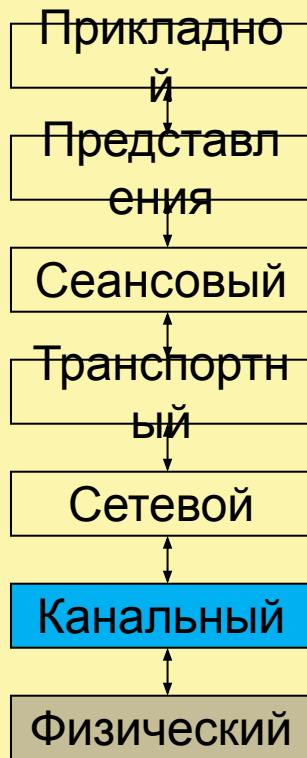
Оптоволокно,
беспроводная среда

Итоги

- Физический уровень
 - Передача потока бит по среде передачи данных
- Среда передачи данных
 - Медные кабели
 - Оптические кабели
 - Радиоволны
- Характеристики каналов связи
 - Пропускная способность
 - Задержка
 - Количество ошибок

Канальный уровень

Место в модели OSI



Передача **сообщений** по каналам связи – **кадров** (frame)

- Определение начала/конца кадра в потоке бит

Обнаружение и коррекция ошибок

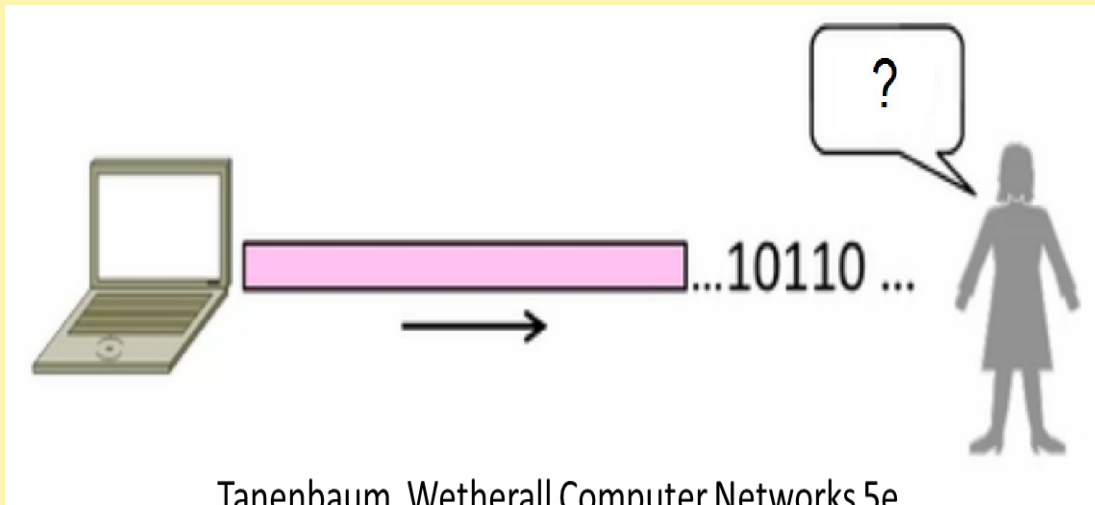
Множественный доступ к каналу связи:

- Адресация
- Согласованный доступ к каналу

Работа с кадрами

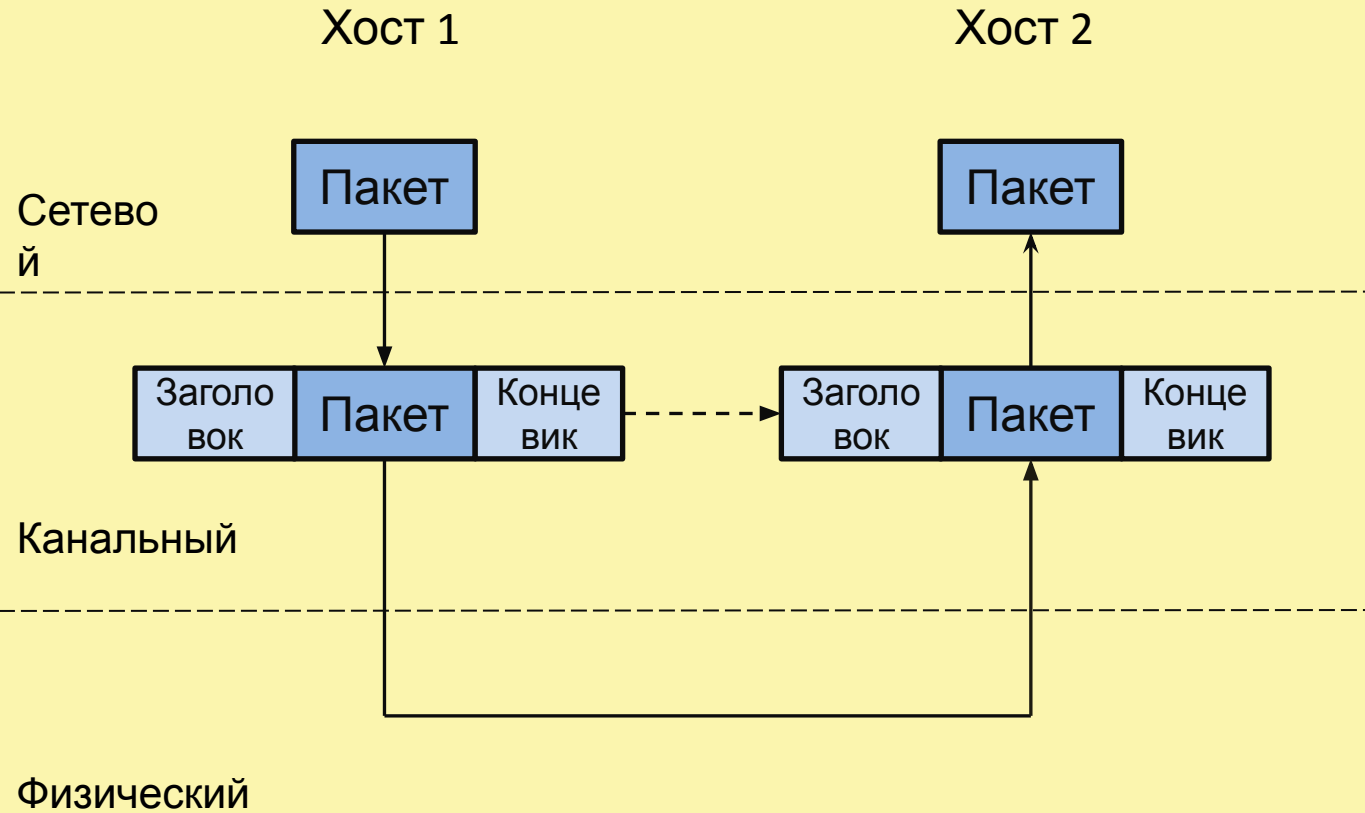
Физический уровень передает поток бит

Как выделить в этом потоке отдельные сообщения – кадры?



Tanenbaum, Wetherall Computer Networks 5e

Формирование кадра



Методы выделения кадров

Указатель количества байт

Вставка байтов (byte stuffing)

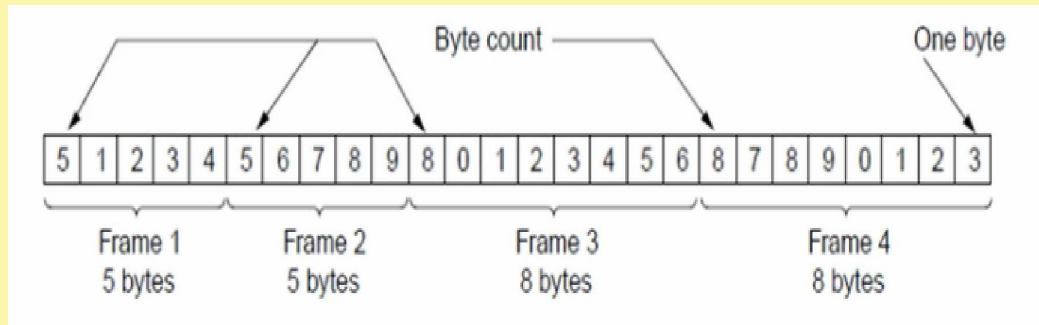
Вставка битов (bit stuffing)

Средства физического уровня

Указатель количества байт

В начале каждого кадра указывается его длина в байтах

- Просто в реализации и удобно в использовании



Tanenbaum, Wetherall Computer Networks 5e

Вставка байтов и битов

Начало и конец каждого кадра отмечаются специальными последовательностями байтов или бит

Протокол HDLC - ASCII символы:

- DLE STX – начало кадра
- DLE ETX – конец кадра
- Escape последовательность в данных – DLE

Протокол PPP – биты:

- 01111110 начало и конец кадра
- В данных после пяти последовательных 1 добавлялся 0

Средства физического уровня

Преамбула (классический Ethernet)

- Длина 8 байт
- Первые 7 байт: 10101010
- Последний байт: 10101011
(ограничитель начала кадра)

Передача неиспользуемых символов избыточного кода (Fast Ethernet)

- Начало кадра – пара символы J (11000) и K (10001)
- Конец кадра – символ T (01101)

Обнаружение и исправление ошибок

Обнаружение ошибок

- Контрольная сумма

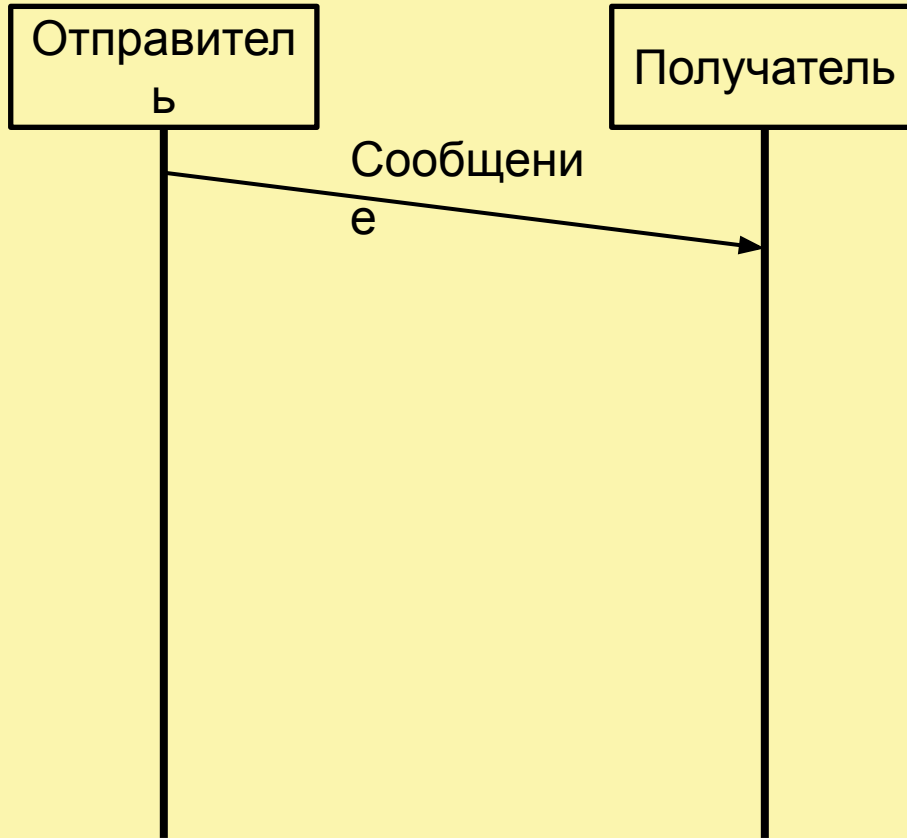
Исправление ошибок

- Коды исправляющие ошибки (с избыточной информацией)
- Позволяют обнаруживать и исправлять ошибки

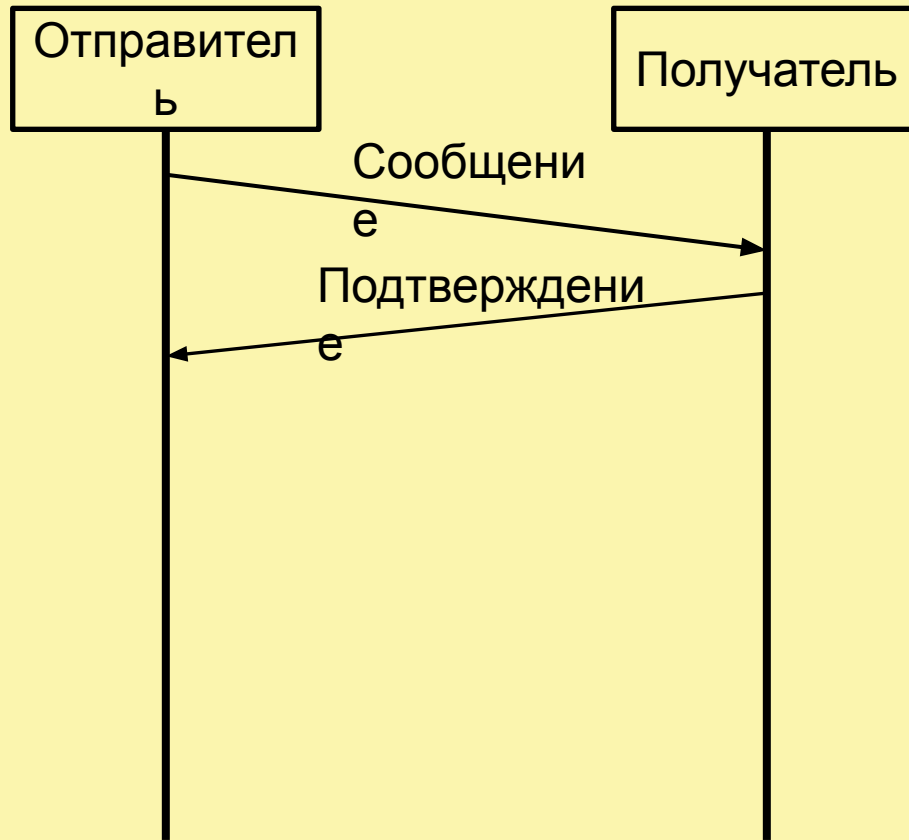
Повторная отправка данных

- Если в кадре обнаружена ошибка, его можно отправить заново
- Повторная отправка кадра, который не дошел до получателя

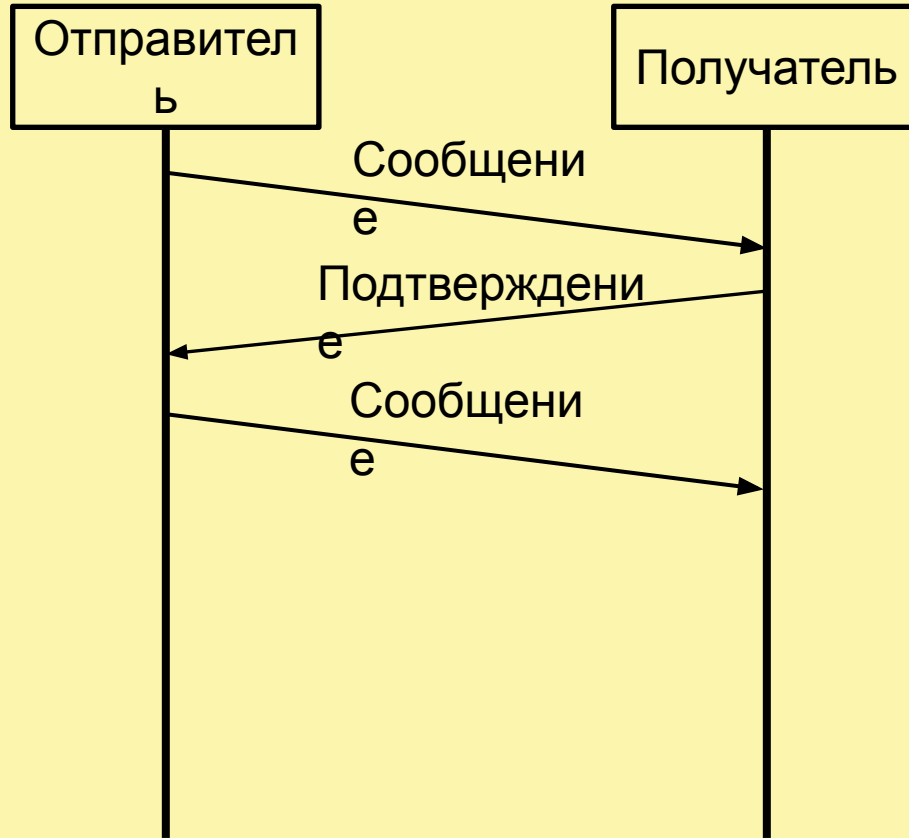
Повторная отправка



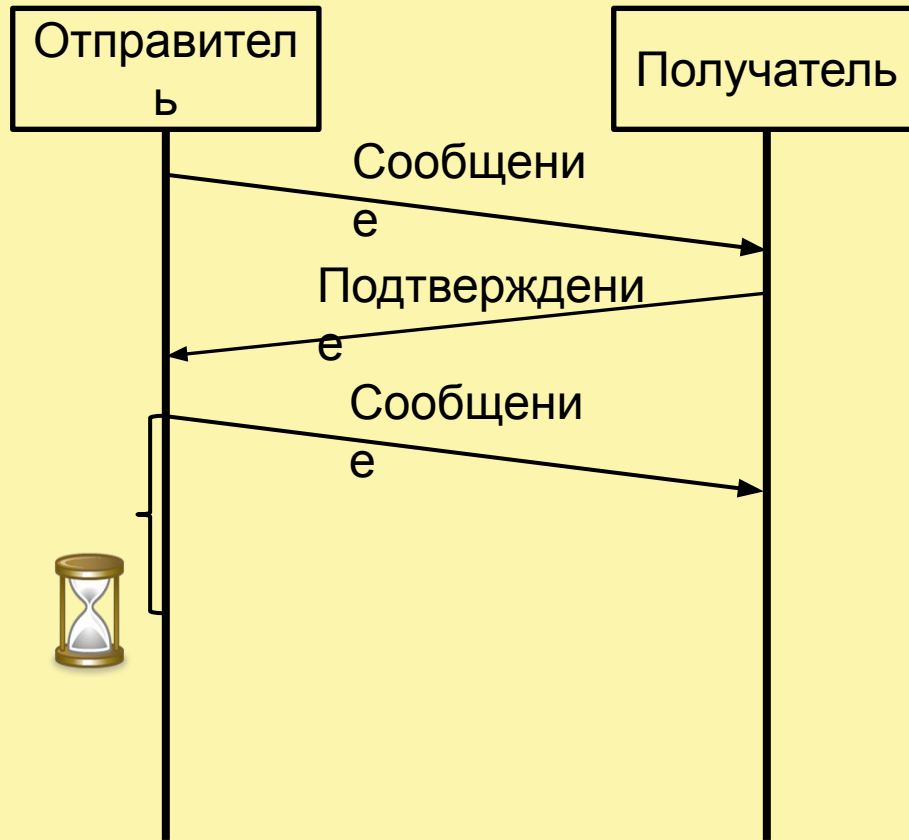
Повторная отправка



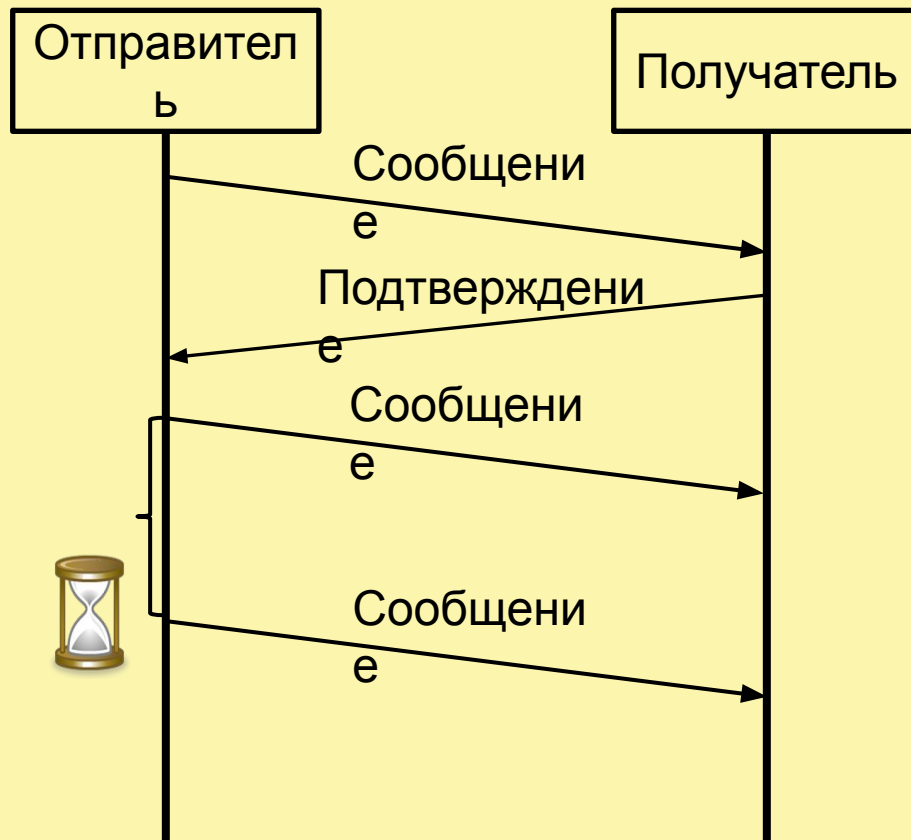
Повторная отправка



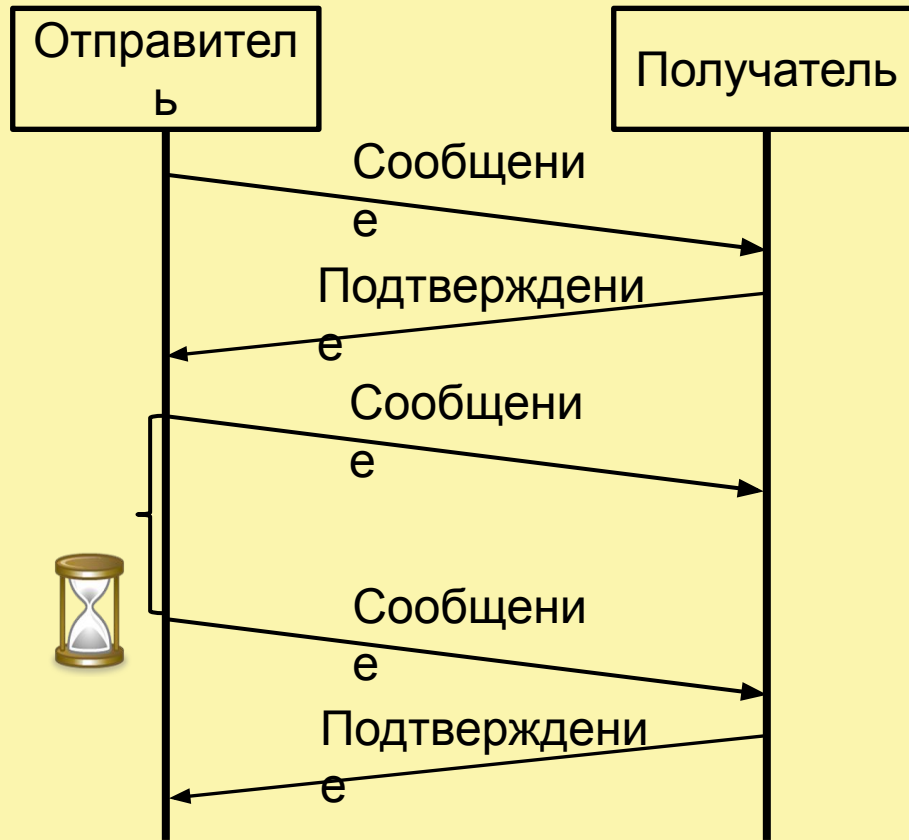
Повторная отправка



Повторная отправка



Повторная отправка



Методы повторной отправки

Остановка и ожидание

- Отправитель посылает кадр и останавливается
- Получатель отправляет подтверждение
- Отправитель посылает новый кадр

Скользящее окно

- Отправитель посылает несколько кадров один за другим, не дожидаясь подтверждения
- Количество кадров, которое можно отправить, называется **размером окна**
- Получатель подтверждает получение кадров
- Отправитель посылает новую порцию кадров

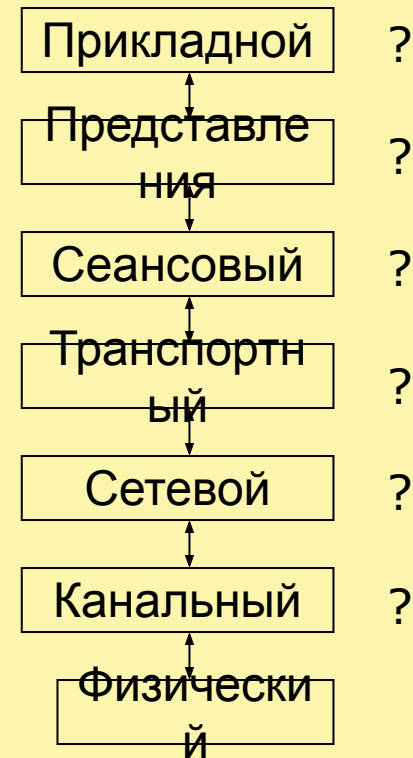
Обнаружение и исправление ошибок

Какой подход лучше использовать?

- Обнаружение ошибок
- Исправление ошибок
- Повторная отправка данных

На каком уровне модели OSI?

- Каналы связи с редкими ошибками – верхние уровни
- Каналы связи с частыми ошибками – канальный уровень

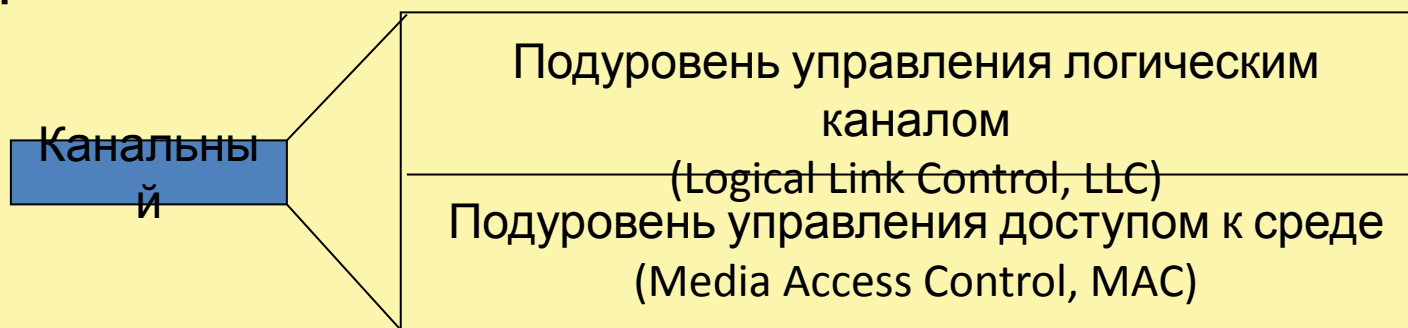


Множественный доступ к каналам

Модель OSI разрабатывалась для каналов связи точка-точка

- Последовательные линии связи для соединения больших компьютеров

Когда получили распространение разделяемые каналы связи, модель пришлось изменить



Подуровни канального уровня

Подуровень управления логическим каналом (LLC)

- Отвечает за передачу данных (создание кадров, обработка ошибок и т.д.)
- Общий для разных технологий

Подуровень управления доступом к среде (MAC):

- Совместное использование разделяемой среды
- Адресация
- Специфичный для разных технологий
- Не является обязательным

Услуги подуровня LLC

Мультиплексирование

- Передача данных разных протоколов (IP, ARP, ICMP) на уровень MAC

Управление потоком:

- Предотвращение «затопления» медленного получателя быстрым отправителем

Множественный доступ к каналу

Данные искажаются, если несколько компьютеров передают одновременно

- Коллизия

Управление доступом:

- Обеспечение использования канала только одним отправителем

Методы управления доступом:

- Рандомизированный – из N компьютеров выбирается один с вероятностью $1/N$. (Ethernet, Wi-Fi).
- На основе правил использования. (Token Ring).

Технологии канального уровня

Ethernet

Wi-Fi

Token Ring

FDDI

ATM

100VG-AnyLAN

Итоги

Канальный уровень – второй уровень модели OSI

Передача сообщений по каналам связи – кадров

Обнаружение и исправление ошибок

Два подуровня

- Управления логическим каналом (LLC)
- Управления доступом к среде (MAC)

Технологии канального уровня:

- Ethernet, Wi-Fi (современные)
- Token Ring, FDDI, ATM, 100VG-AnyLAN (устаревшие)

Документы RFC

- RFC 793 – протокол TCP
- RFC 791 – протокол IP
- RFC 826 – протокол ARP
- RFC 792 – протокол ICMP
- RFC 2131 – протокол DHCP
- Документы RFC доступны бесплатно
 - <https://tools.ietf.org/rfc/index>