Компьютерные сети (NET101)

Основы компьютерных сетей

Содержание лекции

- Основные определения
- Эволюция компьютерных сетей
- Области применения компьютерных сетей
- Параметры дизайна, характеристики сетей
- Классификация сетей
- Топологии компьютерных сетей
- Способы адресации и техники коммутации
- Вглубь взаимодействия Сетевые технологии и протоколы, эталонные модели OSI и Internet

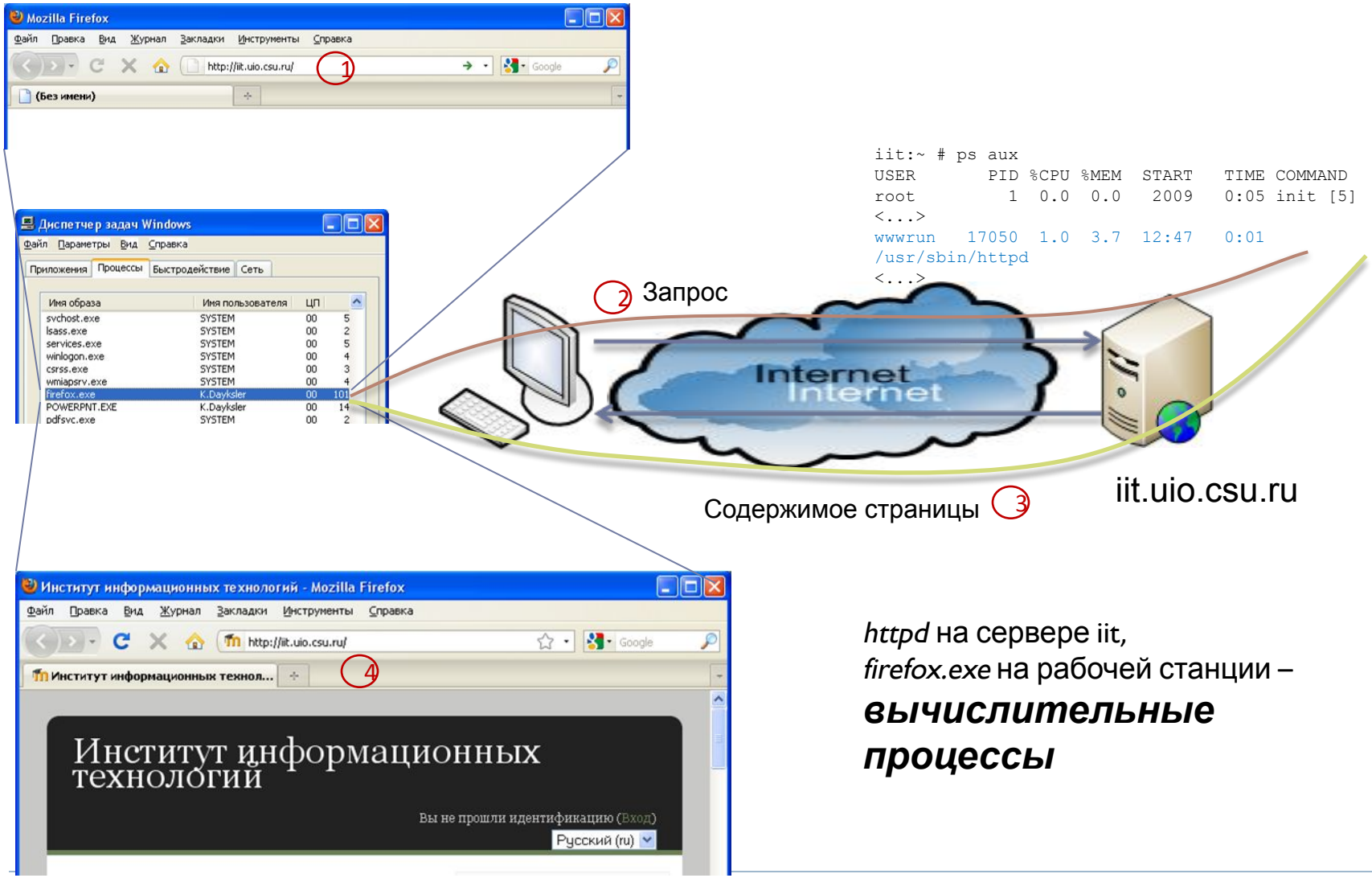
Определения

Сеть передачи данных – система связанных коммуникационными связями *узлов*, обеспечивающая передачу данных между *субъектами информационного обмена*.

Компьютерная сеть - система связанных коммуникационными связями *компьютеров*, обеспечивающая* передачу данных между *ними, а точнее, между вычислительными процессами, исполняемыми на них*.

* в автоматическом режиме и с заданным качеством

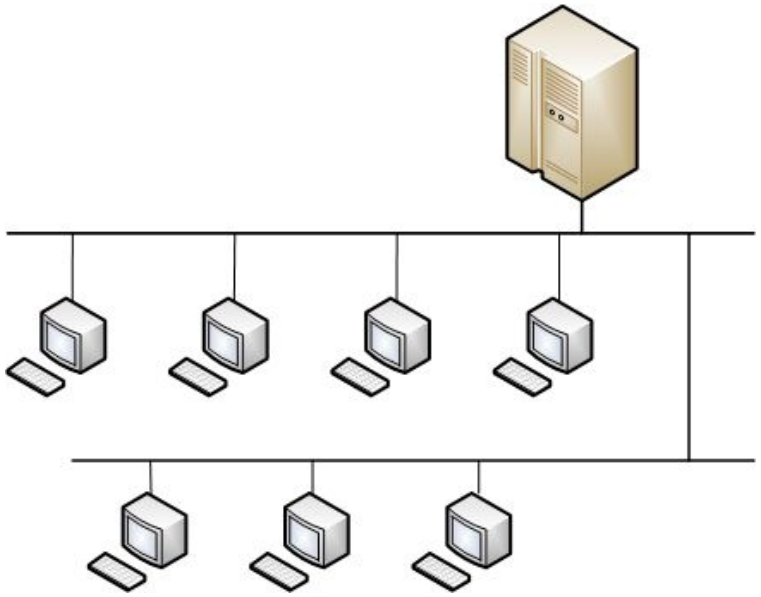
Пример взаимодействия вычислительных процессов



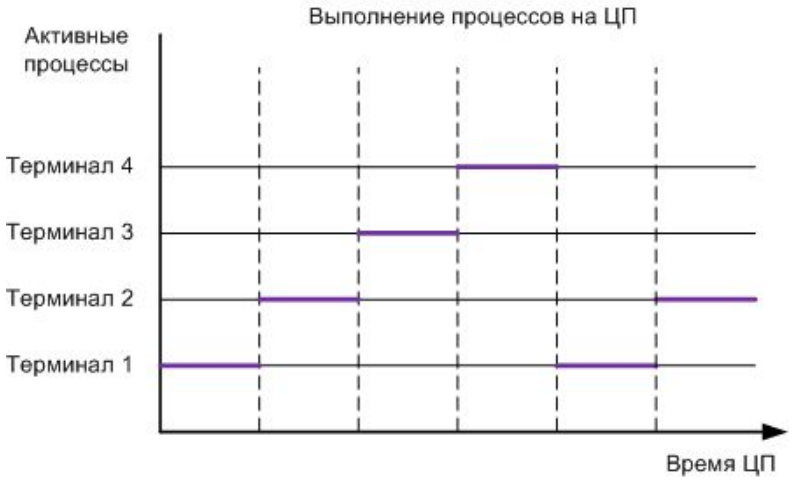
httpd на сервере iit,
firefox.exe на рабочей станции –
вычислительные процессы

Эволюция компьютерных сетей: преддверие

Многотерминальные системы

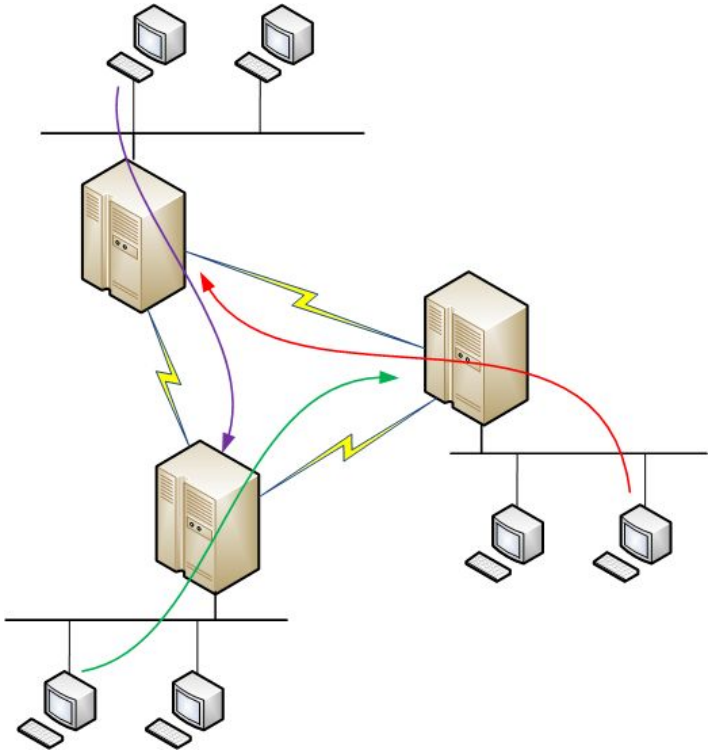


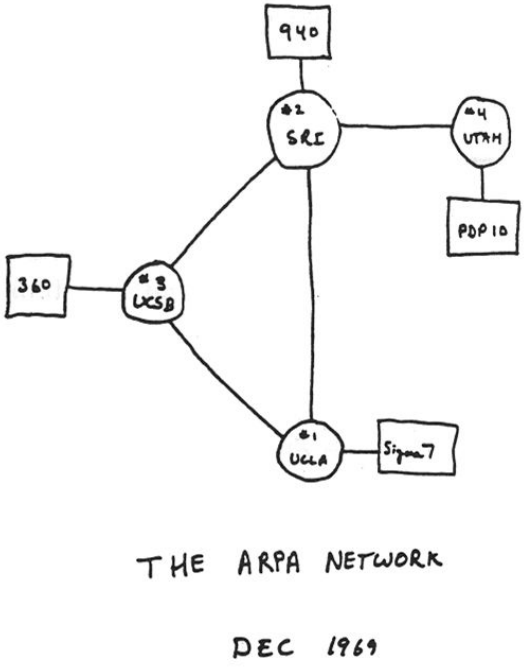
- Многопользовательская многотерминальная система обслуживает пользователей в *режиме разделения времени*



Эволюция компьютерных сетей: эпоха разделения времени и появления глобальных сетей

Удалённый доступ к вычислительным ресурсам географически удалённых ЭВМ

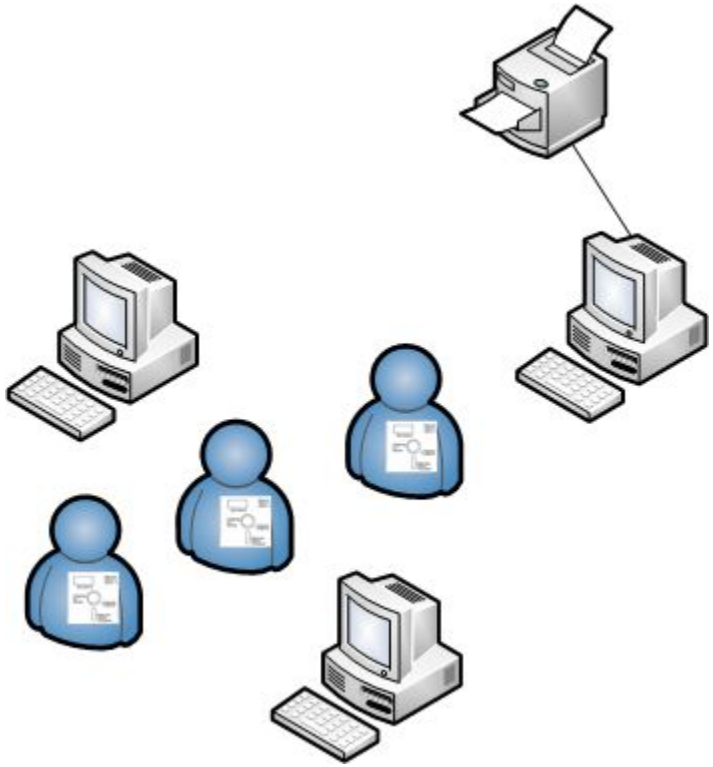




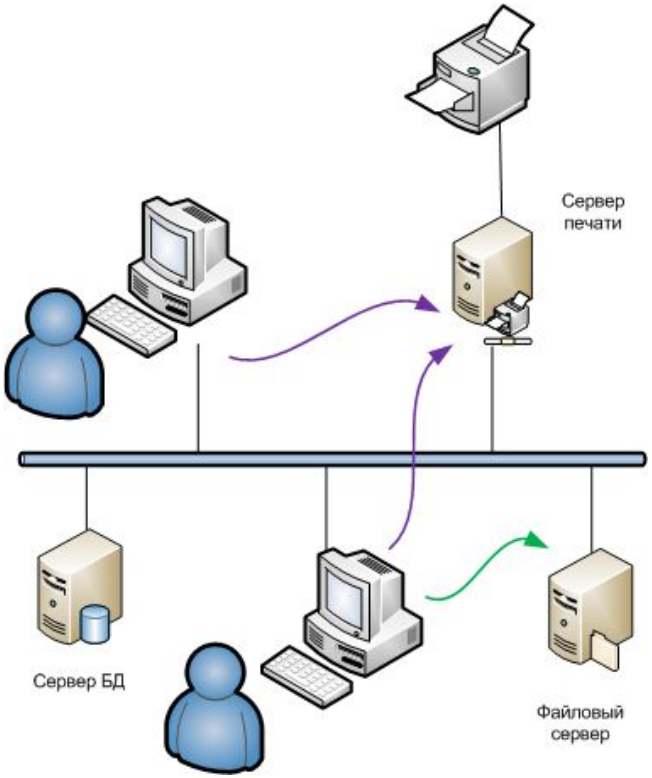
- Каналы передачи данных связали географически удалённые большие ЭВМ
- Пользователи одной большой ЭВМ получили возможность использовать вычислительные ресурсы другой ЭВМ
- Задачи поддержания соединения и передачи данных решали специализированные устройства – IMP (Interface Message Processor)

Эволюция компьютерных сетей: эпоха локальных сетей (ЛВС)

“Floppy Net”



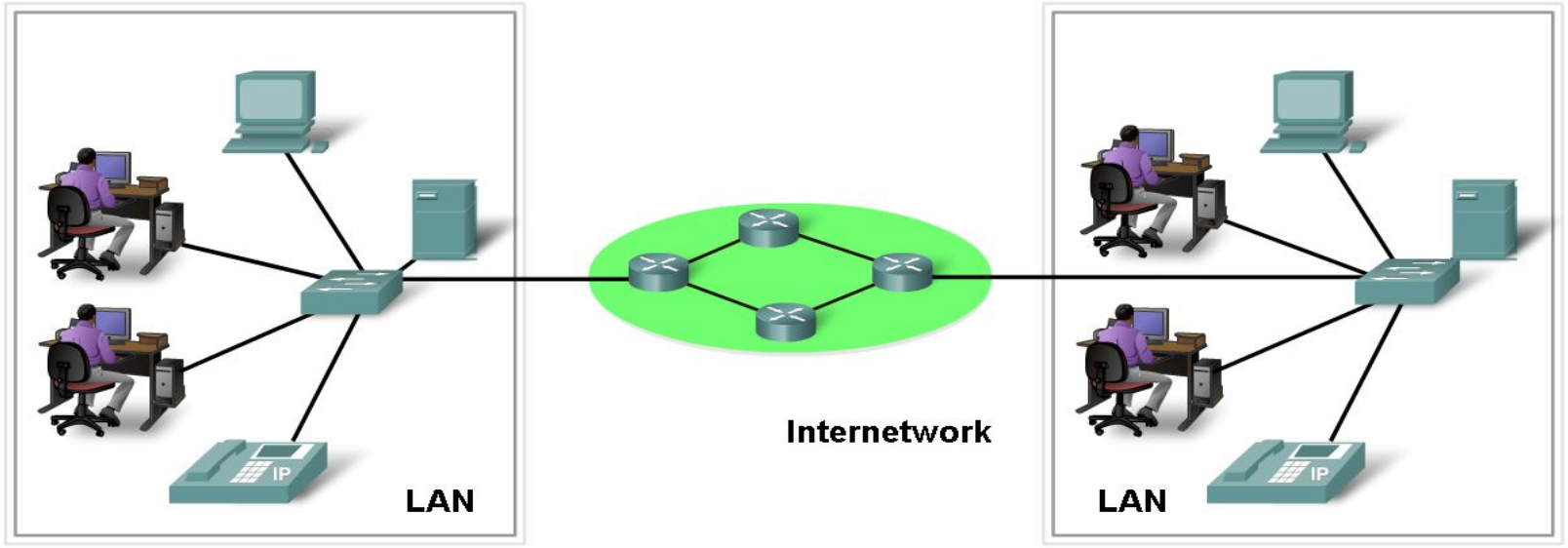
Локальная



- В отличие от глобальных сетей, расстояния были небольшими, что позволило проложить линии связи, позволяющее передавать большие объёмы данных за меньшее время
- Начинается активная стандартизация сетевых технологий ЛВС

Эволюция компьютерных сетей: объединение сетей

- Объединение сетей компаний посредством единой планетарной сети Internet позволило предоставлять пользователям новые сервисы: WWW, электронную почту и т.д.

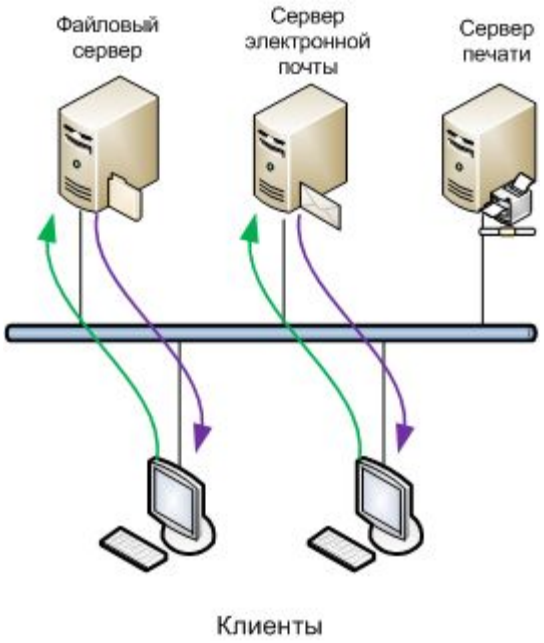


Области применения сетей (услуги)

- Удалённый доступ к разделяемым ресурсам
  - Вычислительные ресурсы, файлы, принтеры
- Распределённая обработка и доступ к информации
  - Приложения «клиент-сервер»
  - Базы данных
- Сервисы
  - Традиционные
    - Электронная почта, WWW, etc.
  - Конвергентные
    - IP-телефония, видеоконференции

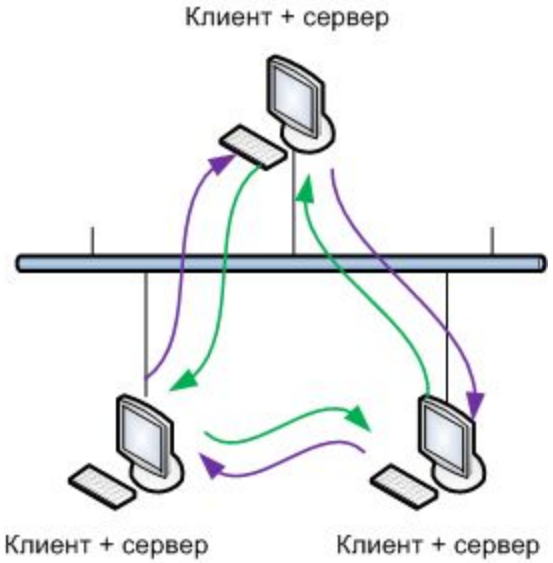
Модели предоставления услуг

Клиент-сервер



- Выделен компьютер, предоставляющий услуги – *сервер*
- Клиенты не предоставляют услуг друг другу и серверам

Одноранговая



- Каждый компьютер выступает как в роли клиента – потребителя услуг, так и в роли сервера – поставщика услуг другим

Характеристики компьютерных сетей

- Дизайн
  - Область применения
  - Масштабируемость
  - Расширяемость
    - Простота добавления новых узлов
    - Непрерывность функционирования при росте
- Эксплуатация
  - Автоконфигурирование (S^3)
  - Производительность
  - Надёжность
- Стоимость
  - Проектная
  - Эксплуатационная

Характеристики надёжности сети

- Надёжность, *вероятность безотказной работы, [%]*
- Отказоустойчивость
  - При отказе узлов и линий связи, *число узлов*
  - Локализация и изоляция сбойных узлов
- Ремонтопригодность
  - Автоматическое восстановление после отказа/сбоя, *время восстановления, [с]*
  - Возможность ремонта/модернизации узлов и линий связи без нарушения доступности, деградации сервиса
- Доступность, *[%]*

Характеристики производительности

- Скорость передачи трафика через сеть (средняя, минимальная гарантированная/пользователя), *[бит/с]*
- Задержка передачи и вариация задержки (джиттер), *[с]*
- Потери пакетов, *[%]*

Классификация компьютерных сетей

По области применения

- Общего назначения
- Специализированные
  - Сети хранения данных
  - Сети вычислительных кластеров

По области охвата

- Персональные
- Локальные
- Глобальные

По топологии (Т.)

- с полносвязной Т.
- с ячеистой
- с кольцевой
- со звездообразной
- с иерархической
- с общей шиной

По способу адресации

- с плоской адресацией
- с иерархической адресацией

По способу коммутации

- с коммутацией каналов
- с коммутацией сообщений
- с коммутацией пакетов
- с коммутацией ячеек

Топология сети

Топология сети – конфигурация графа, вершинам которого соответствуют узлы* сети, а рёбрам – физические или информационные связи между ними.

Выбора топологии сети влияет на:

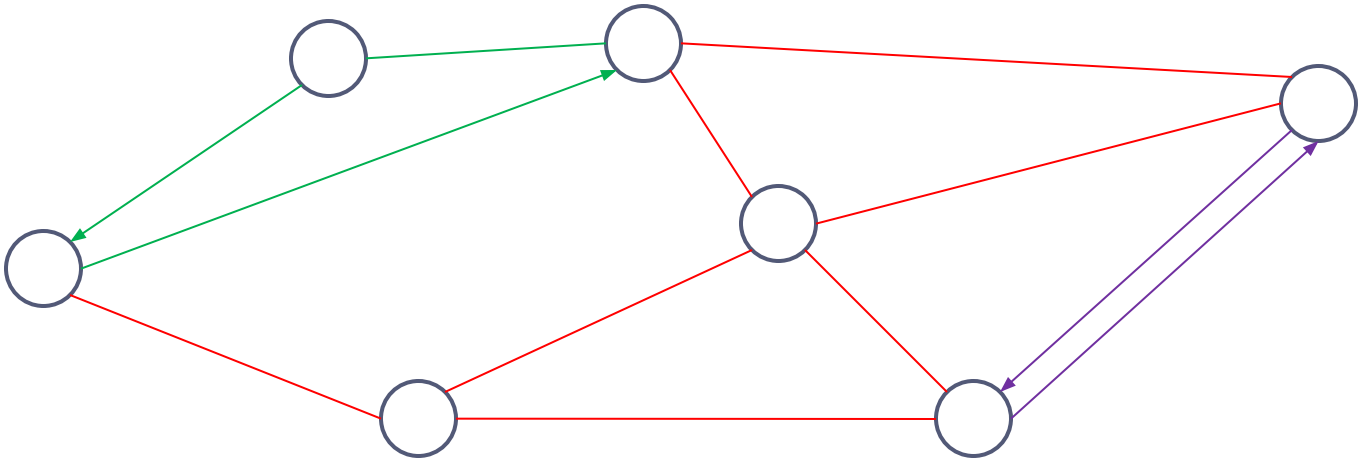
- надёжность,
- расширяемость,
- масштабируемость,
- производительность

компьютерной сети.

* Выделяют конечные (например, компьютеры) и промежуточные (коммутационное оборудование) узлы.

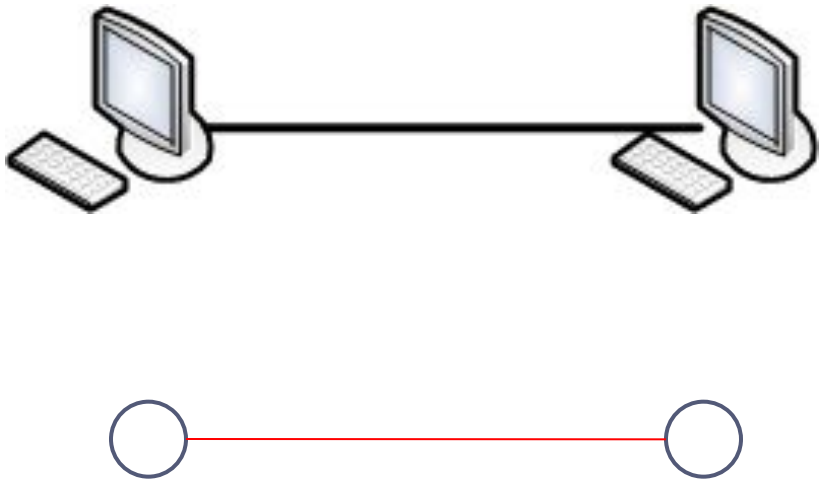
Представление сети в виде графа

Сеть передачи данных можно представить в виде графа,
в котором …



… узлам СПД соответствуют вершины графа,
рёбрам и дугам – коммуникационные связи между узлами.

Сеть «точка-точка»

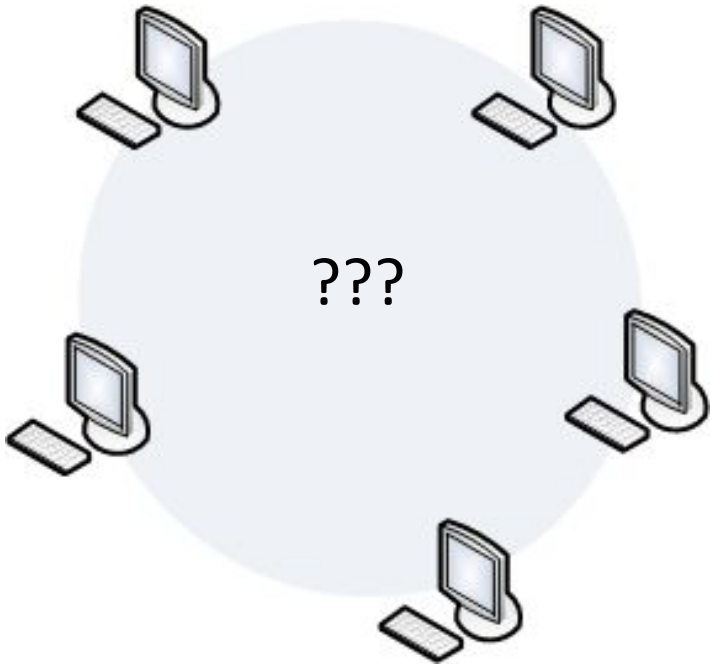


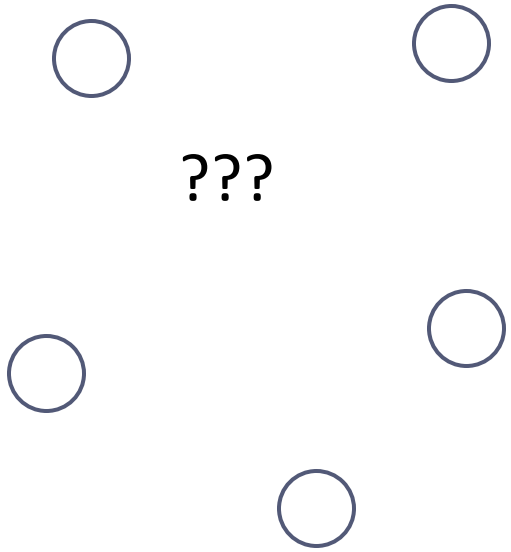
- Два узла непосредственно связаны друг с другом выделенным каналом связи
- Данные, отправленные одним узлом могут быть доставлены только его партнёру (peer)

Примеры: модемное соединение

Необходимость выбора топологии

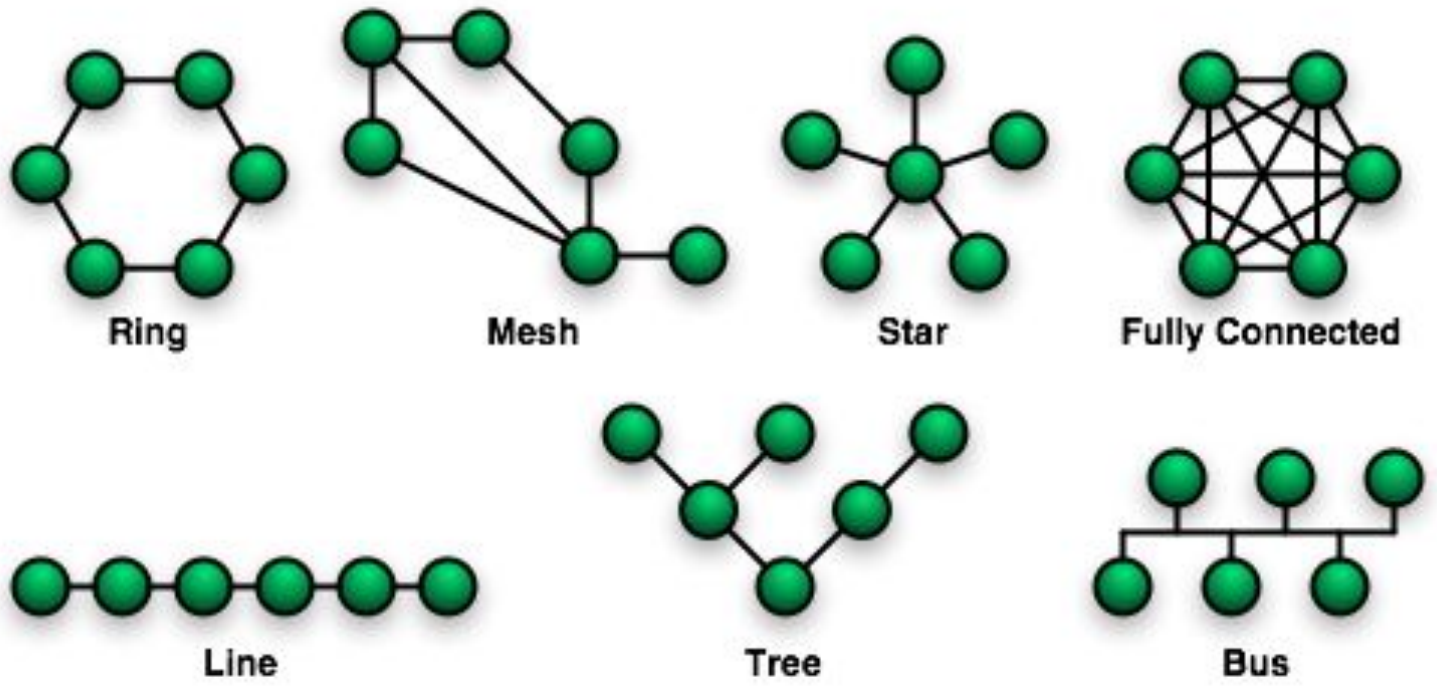
Что если компьютеров больше двух?



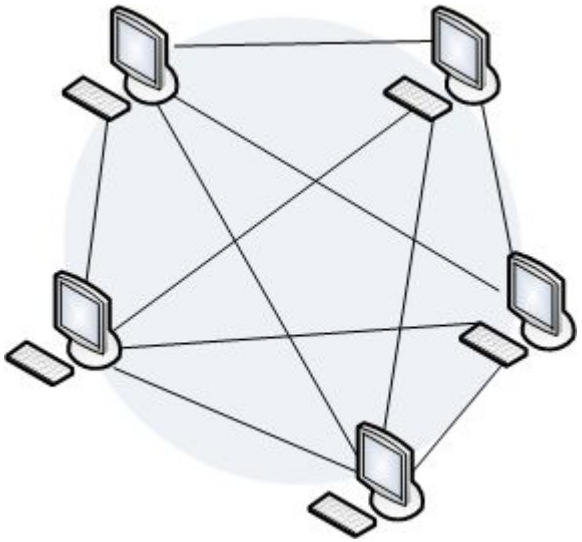


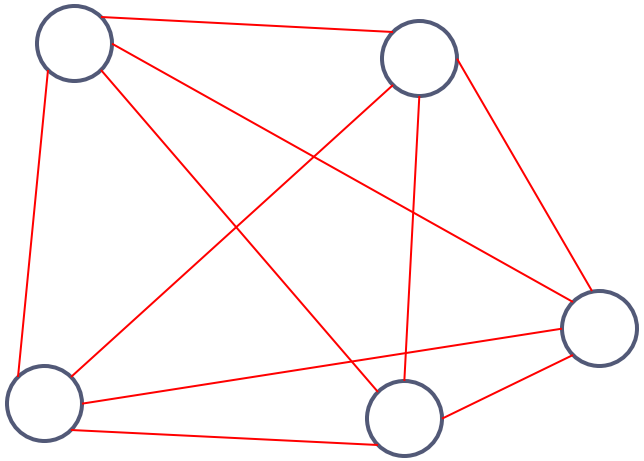
Как их соединить?

Типовые топологии сетей



Полносвязная топология

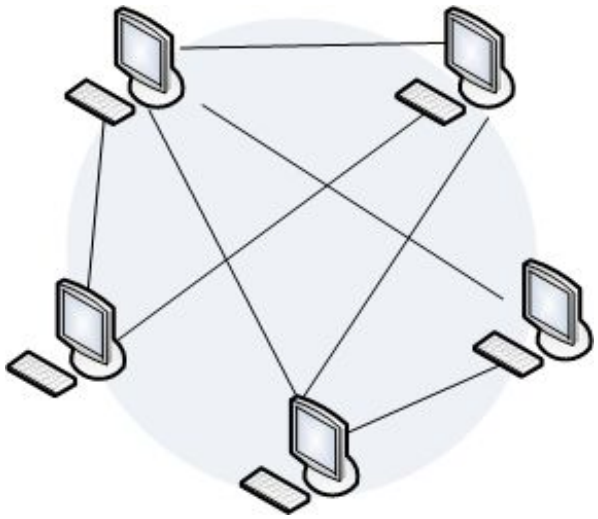


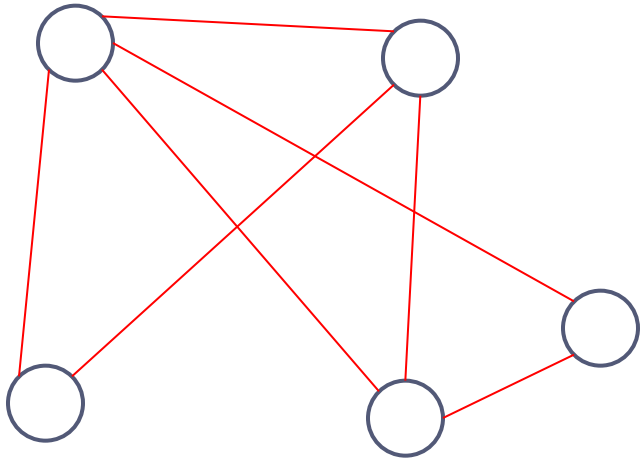


- Каждый из узлов связан с остальным соединением «точка-точка»
- Число связей для N узлов: $\frac{N(N-1)}{2}$
- Добавление (N+1)-го узла потребует создания N новых связей

- Избыточность связей
  - повышенная надёжность
  - высокая стоимость
- Плохая расширяемость
- Сложна в сопровождении

Ячеистая топология

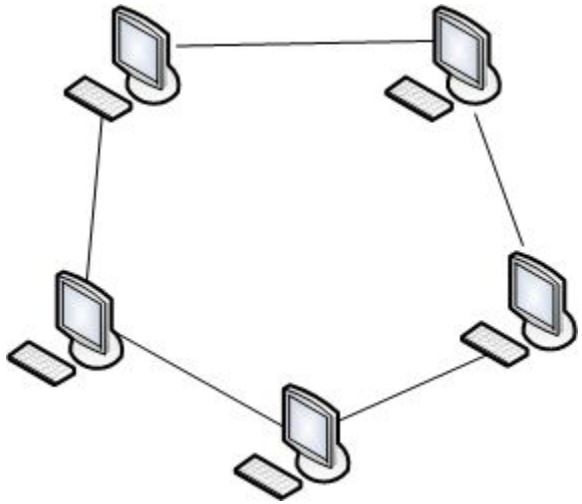


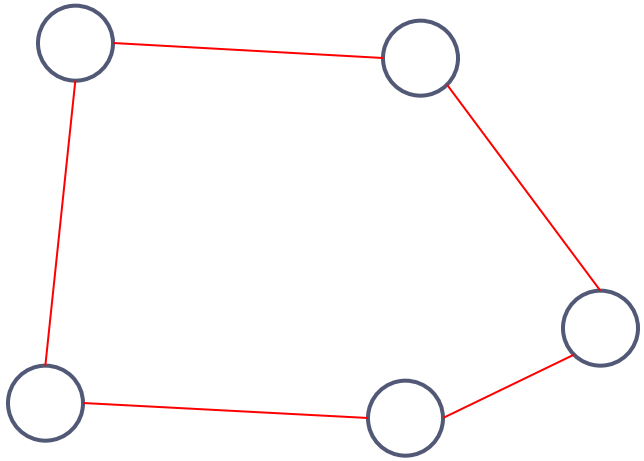


- Получается из полносвязной путём удаления некоторых связей
- Хорошая практика – подключение каждого узла не менее чем к двум другим (надёжность)

- Избыточность связей
  - высокая надёжность
  - высокая стоимость
- Хорошая расширяемость
- Сложна в сопровождении

Кольцевая топология

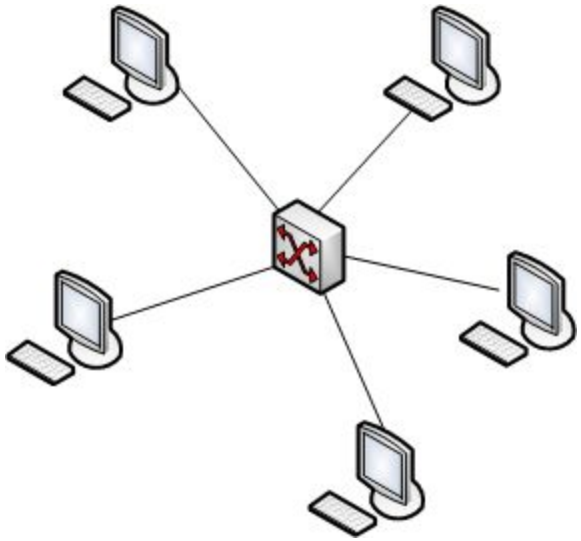


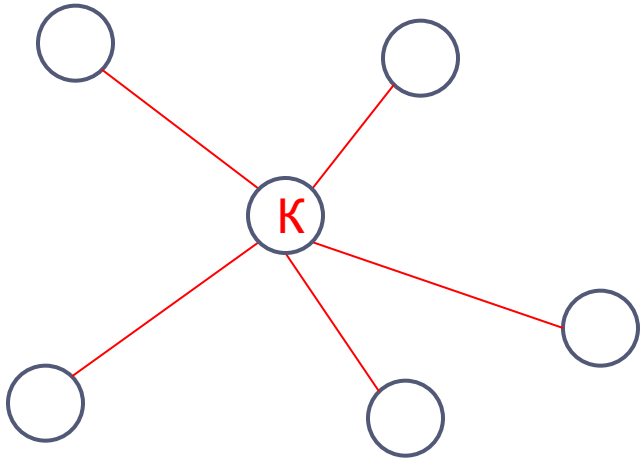


- Данные передаются по кольцу от одного узла к другому, и, сделав, полный оборот возвращаются к узлу-источнику
- Обеспечивает наличие минимального числа резервных связей

- Избыточность связей
  - надёжность
  - умеренная стоимость
- Возможно автоматическое детектирование разрыва и перестроение кольца
- Сложна в сопровождении

Топология «звезда»

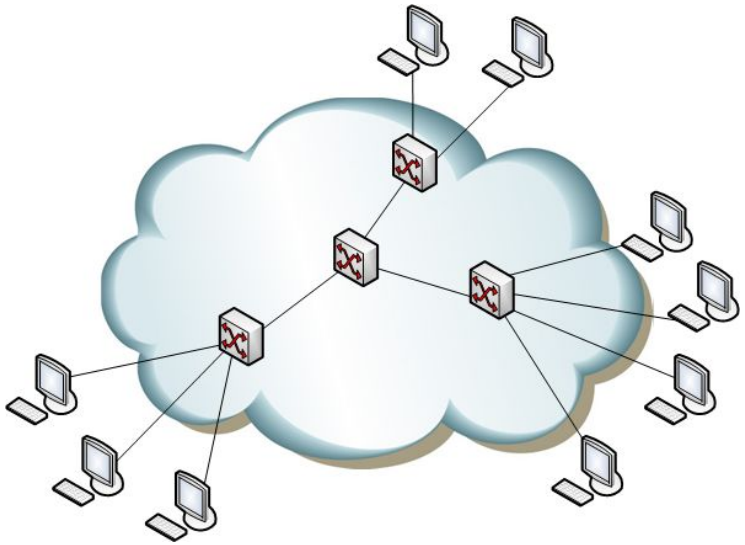




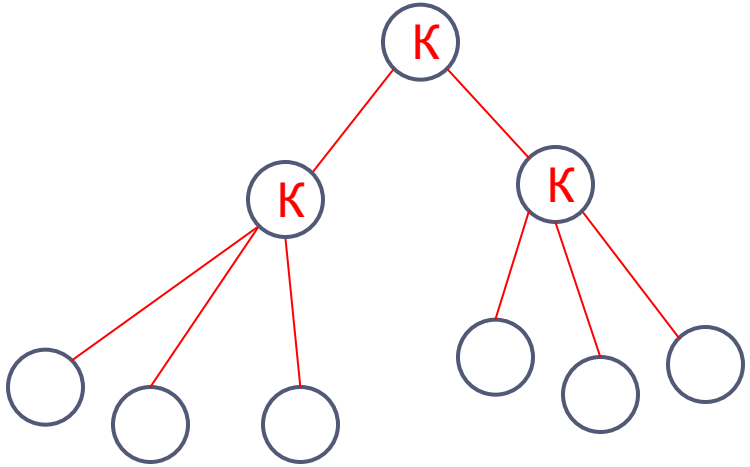
- Выделенный коммутационный узел обеспечивает транзит трафика между конечными узлами

- Наличие единой точки отказа – коммутатора
- Простые алгоритмы управления подключением со стороны конечных узлов
- Легко расширяема, пока не исчерпаны порты на коммутаторе
- Проста в сопровождении

Иерархическая топология

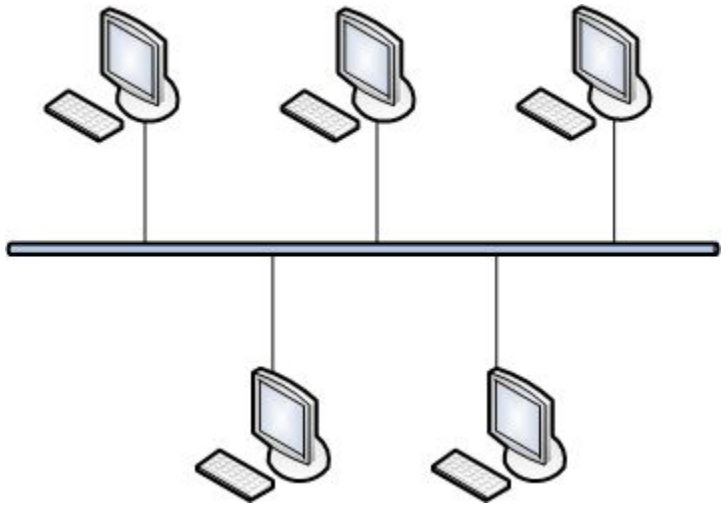


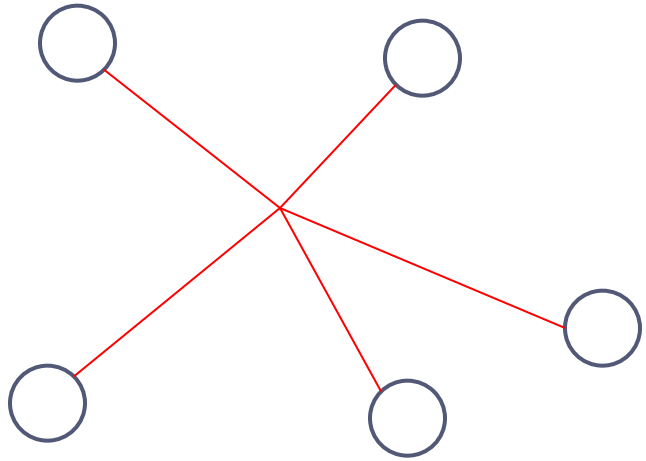
- Несколько коммутационных узлов иерархически связанных между собой



- Отказ коммутатора разбивает сеть на несвязанные фрагменты
- Простые алгоритмы управления подключением со стороны конечных узлов
- Легко расширяема
- Проста в сопровождении

Топология «общая шина»

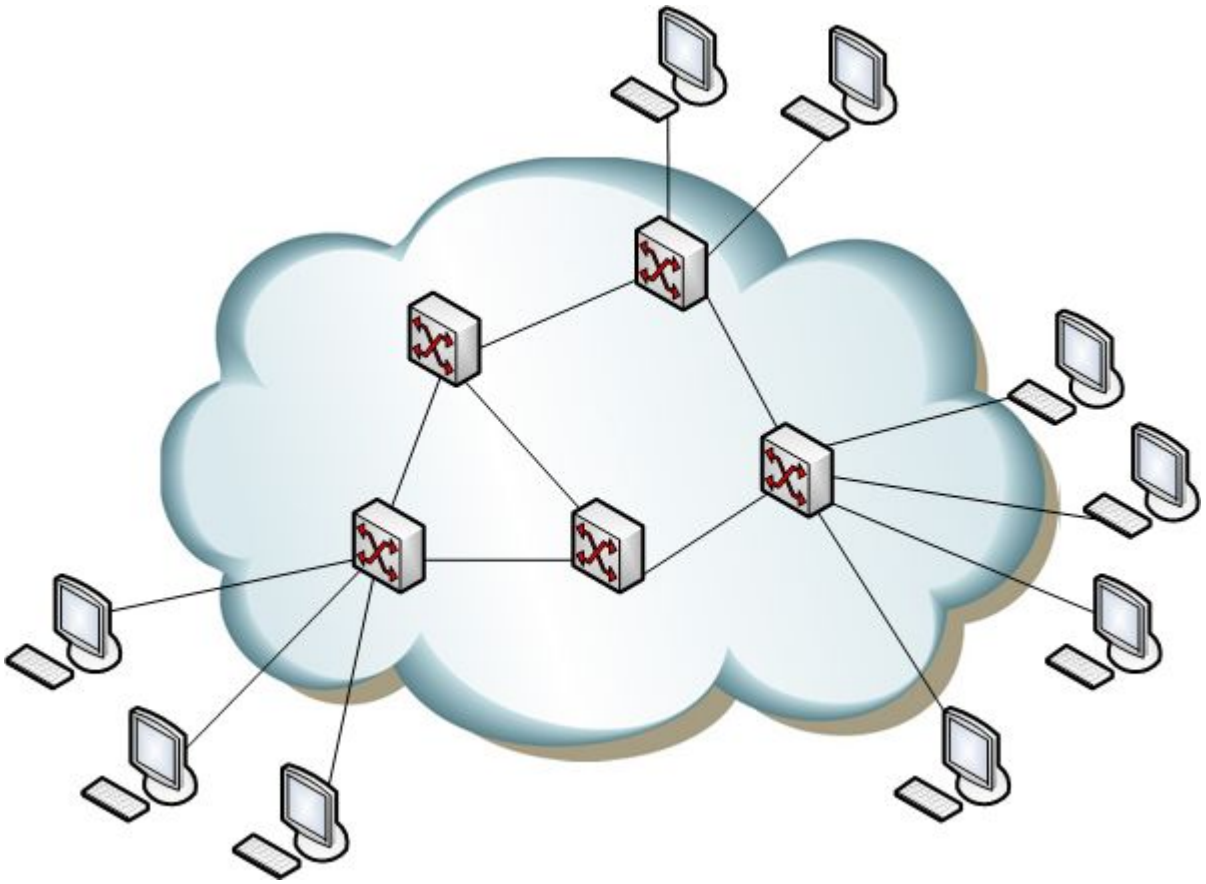




- Узлы сети подключены к *общей разделяемой среде передачи* (кабель, радиоэфир)
- Сеть является *широковещательной* – данные, отправленные одним узлом, получают все

- Низкая стоимость
- Сложные алгоритмы управления доступом к разделяемой среде
- Легко расширяется, но в ущерб производительности
- Разрыв кабеля приводит к фрагментации сети
- «Шумящий» узел выводит сеть из строя

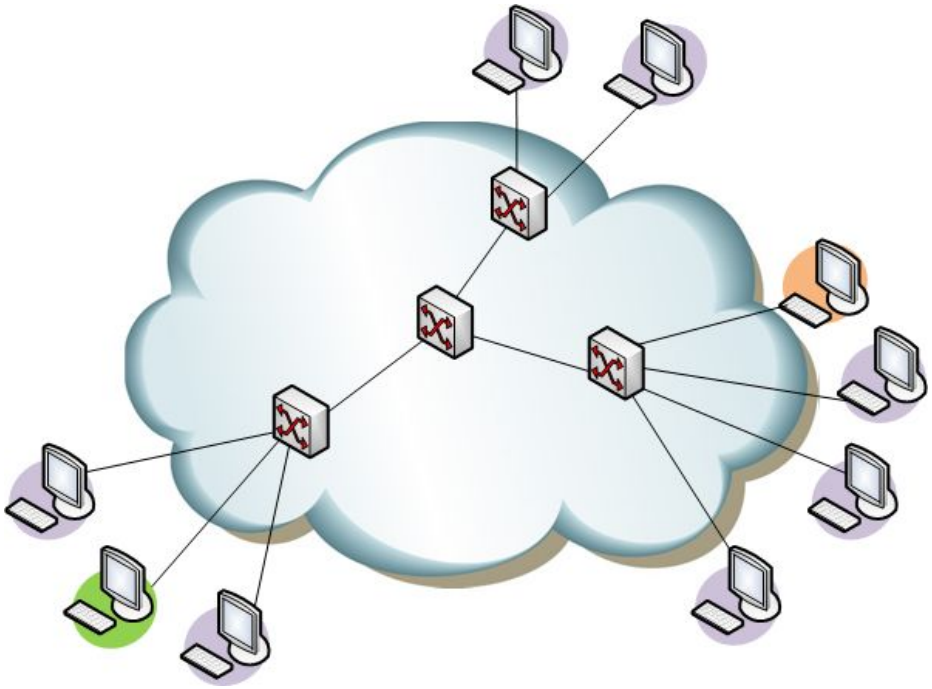
Смешанная топология



Проблема адресация

Возможен только один получатель

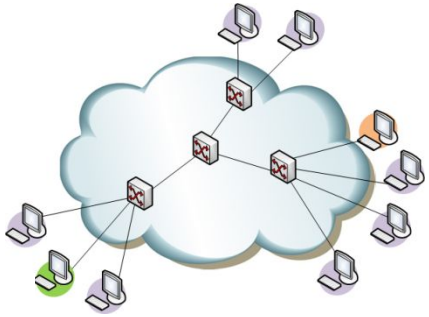
Множество потенциальных получателей

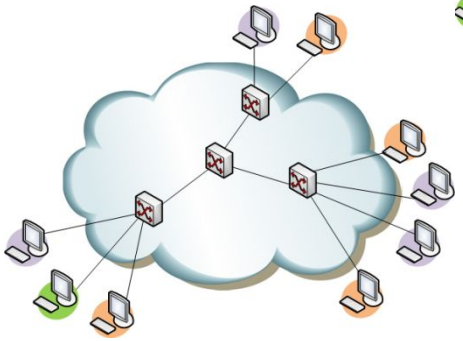


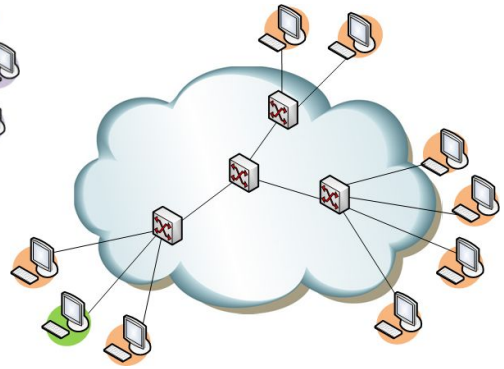
Узел, отправляющий данные, должен иметь возможность указать кому они предназначаются.

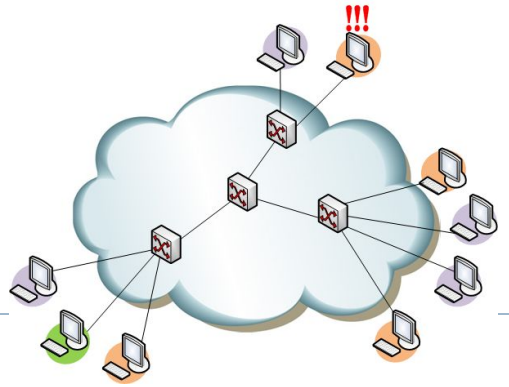
Адресация узла(-ов) назначения

- Данные могут быть предназначены
  - единственному узлу (unicast)
  - группу узлов (multicast)
  - всем узлам сети (broadcast)
  - любому одному из группы (anycast)









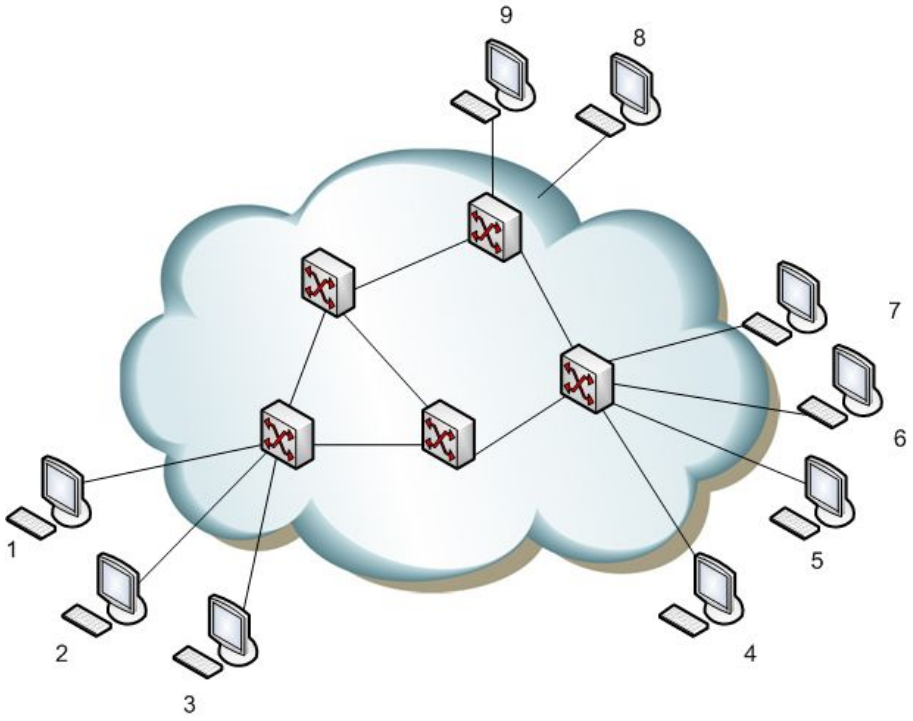
Адресация узла(-ов) сети

- Адрес
  - Символьный (ex. iit.csu.ru)
  - Числовой (ex. 195.54.14.135 или 0012.A417.FFAF)

- Адресное пространство
  - Плоское
  - Иерархическое

Плоская адресация

Плоское – множество возможных адресов не структурировано



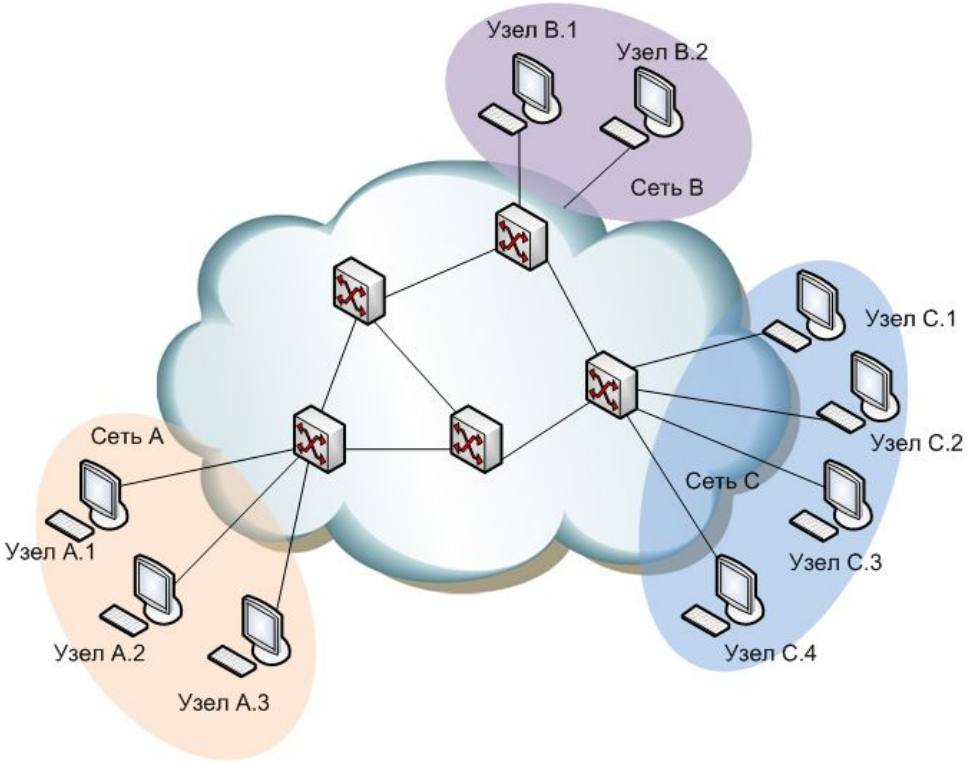
Узел 2: «Передать данные узлу 6»

- Узел получает любой из доступных адресов адресного пространства
- Чтобы доставлять данные по адресу, коммутационные узлы должны «знать» как достичь каждый узел

Пример: Ethernet MAC-адрес

Иерархическая адресация, составной адрес

Иерархическое – множество адресов разбито на непрерывные сегменты, номера которых входят в адреса

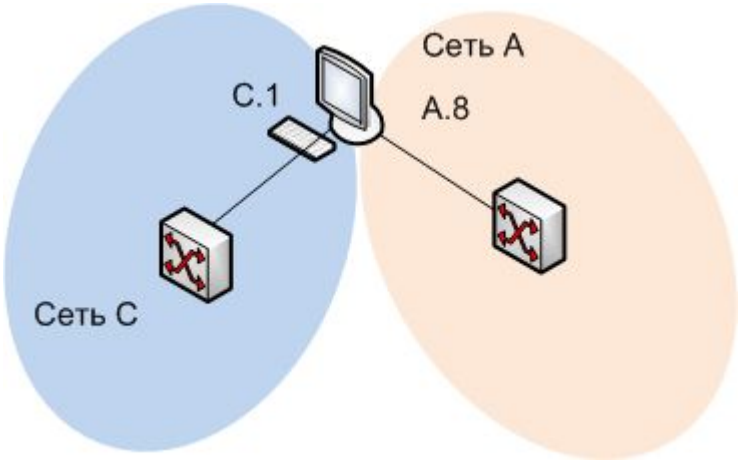


Узел A.2: «Передать данные узлу C.2»

- Узлы получают адрес внутри своего сегмента (например, сети), полный адрес узла составляется из адреса сегмента и номера узла внутри него
- Большинству коммутационных узлов достаточно «знать» как достичь сегмента, в котором размещён узел

Пример: IP-адрес (№ сети, № узла)

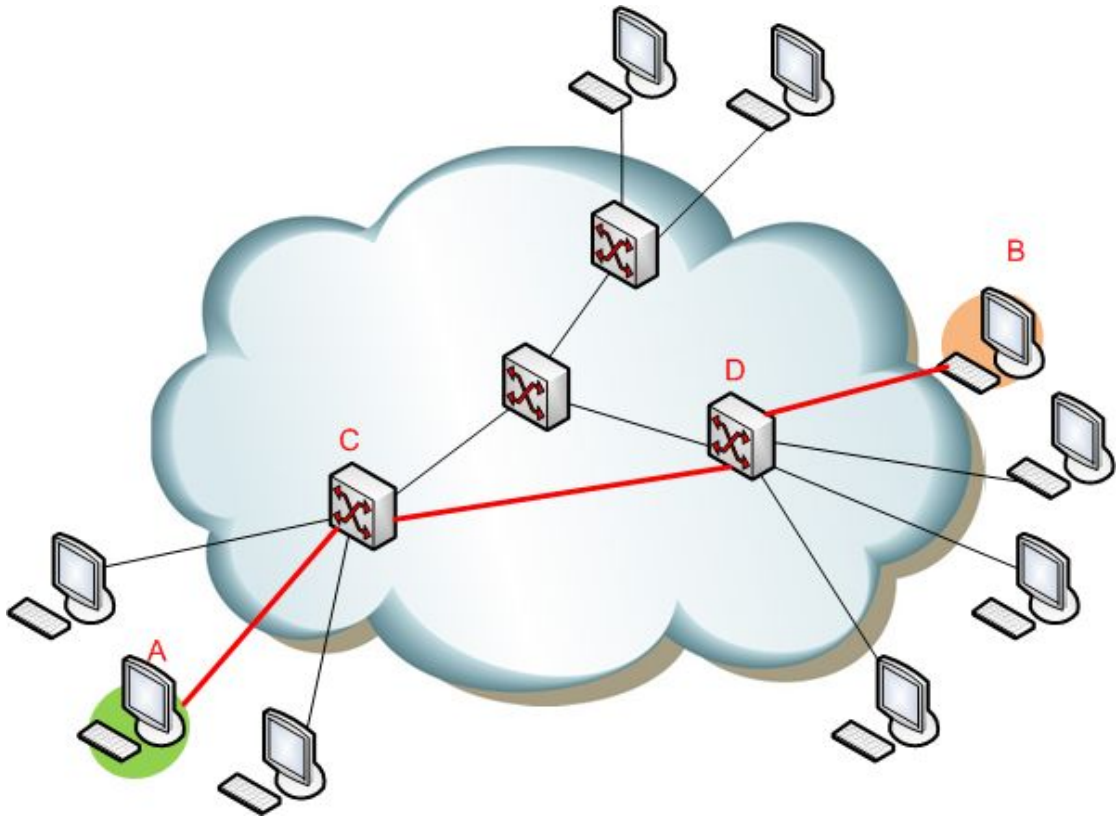
Сетевые интерфейсы узла



- Один и тот же узел, имеющий несколько сетевых подключений, может иметь несколько сетевых адресов
- Конец сетевого соединения со стороны узла называется его *сетевым интерфейсом*

Постановка задачи коммутации

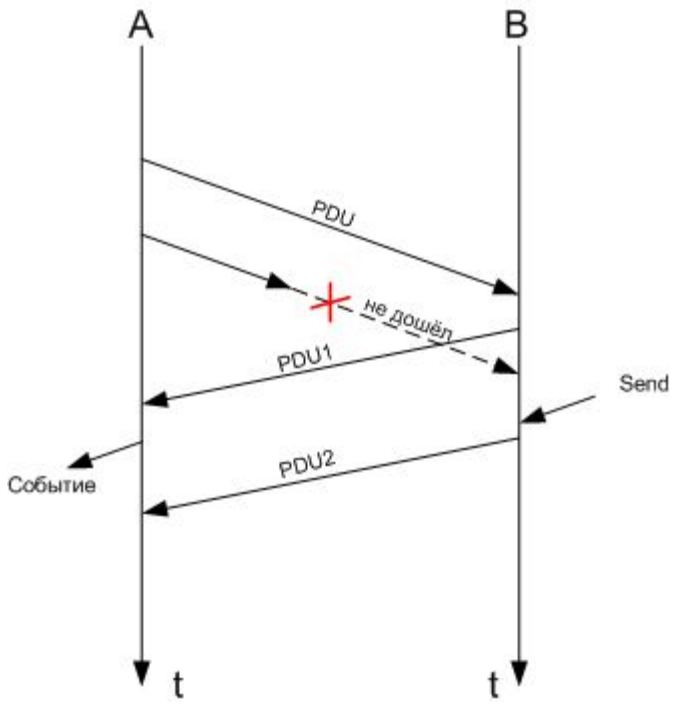
Коммутация - соединение конечных узлов через сеть транзитных узлов.



Техники коммутации

- Коммутация каналов
- Коммутация сообщений
- Коммутация пакетов

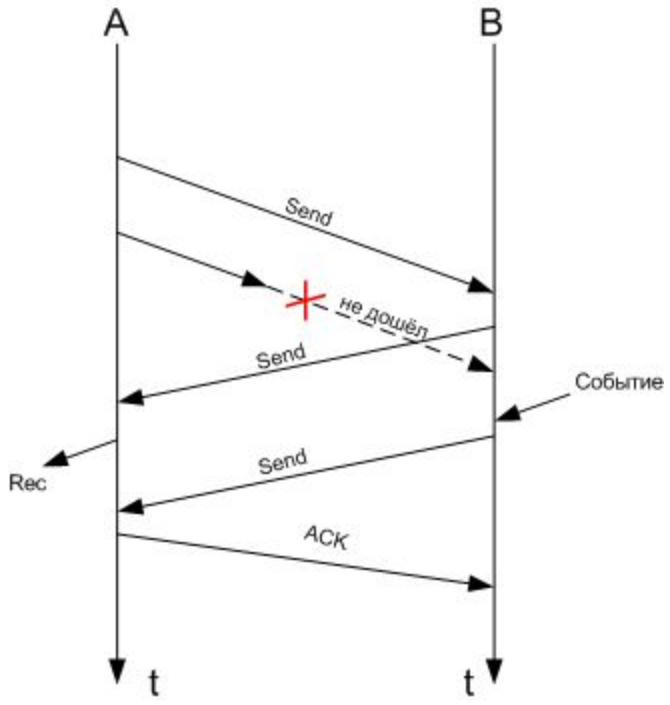
Временн*ы*е диаграммы сетевого взаимодействия вычислительных процессов



Временная диаграмма позволяет проиллюстрировать сетевое взаимодействие ВП, этапы соблюдения протокола.

Протокол – набор формальных правил определяющий формат данных, передаваемых процессами, а также порядок взаимодействия процессов при передаче данных.

Используемые обозначения



PDU (Protocol Data Unit) – блок данных протокола

REQ (Request) – запрос

ACK (Acknowledge) – подтверждение

Conn (Connection) – запрос установления соединения

Resp (Response) – ответ

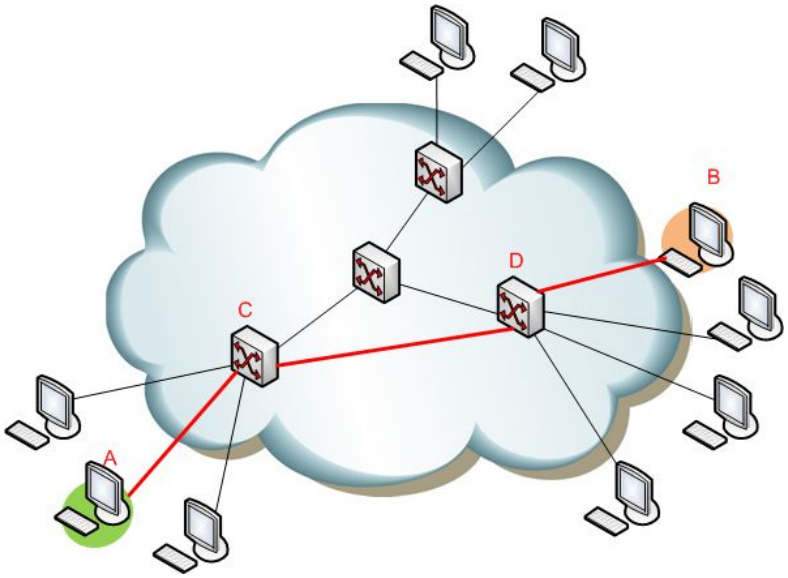
Send – посланный PDU

Rec (Receive) – принятый PDU

ERR - ошибка

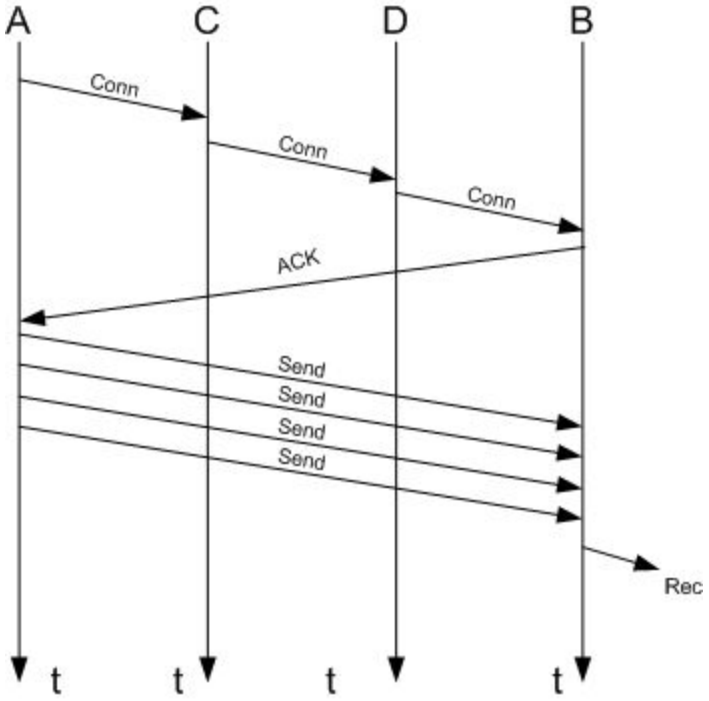
Коммутация каналов

Формируется канал передачи данных между узлом-отправителем (A) и узлом-получателем (B) через всю сеть



- Техника заимствована из телефонных сетей
- Первоначально это было физическое соединение
- В настоящее время это виртуальное соединение, имеющее гарантированные параметры скорости, задержки и потерь при доставке данных

Временная диаграмма коммутации каналов

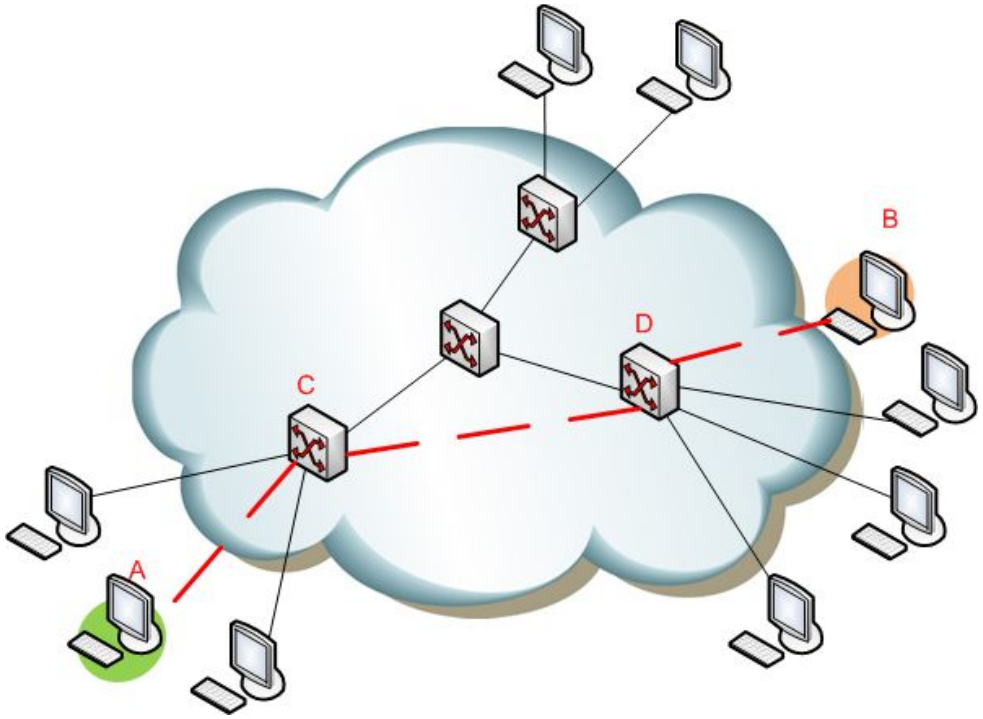


- Три фазы
  1. Установление соединения по всей сети (Набор номера),
  2. Обмен данными,
  3. Разрыв соединение (Конец связи).

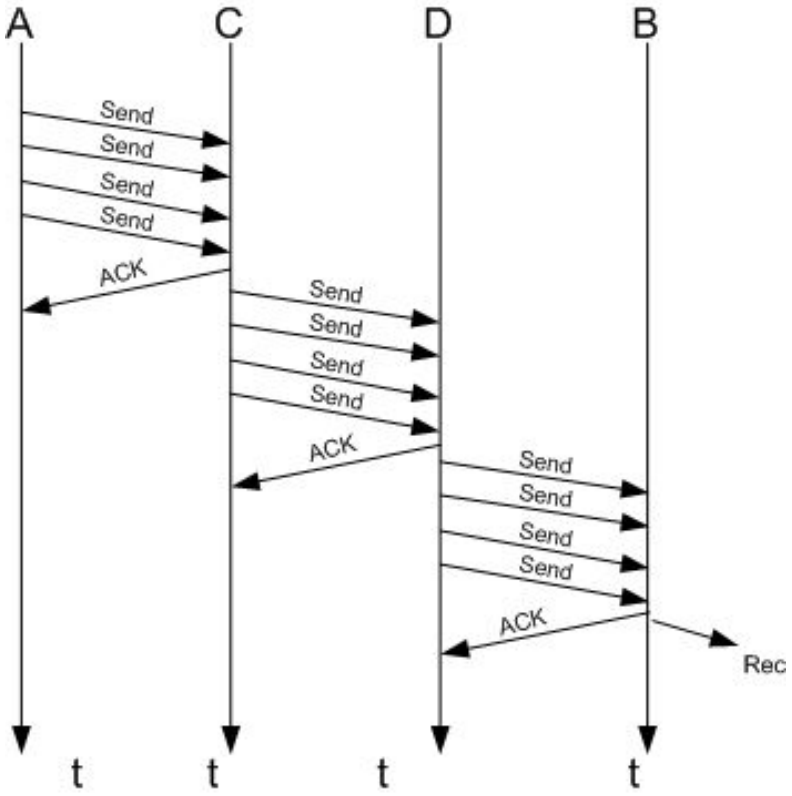
- Прямой канал с гарантированными характеристиками
- Скорость передачи определяется самым медленным звеном

Коммутация сообщений

Сообщение передаётся от узла к узлу, каждый раз целиком.



Временная диаграмма коммутации сообщений



- Узел отправляет сообщение дальше, только после получения его целиком
- После приёма сообщения узел осуществляет проверку правильности его передачи

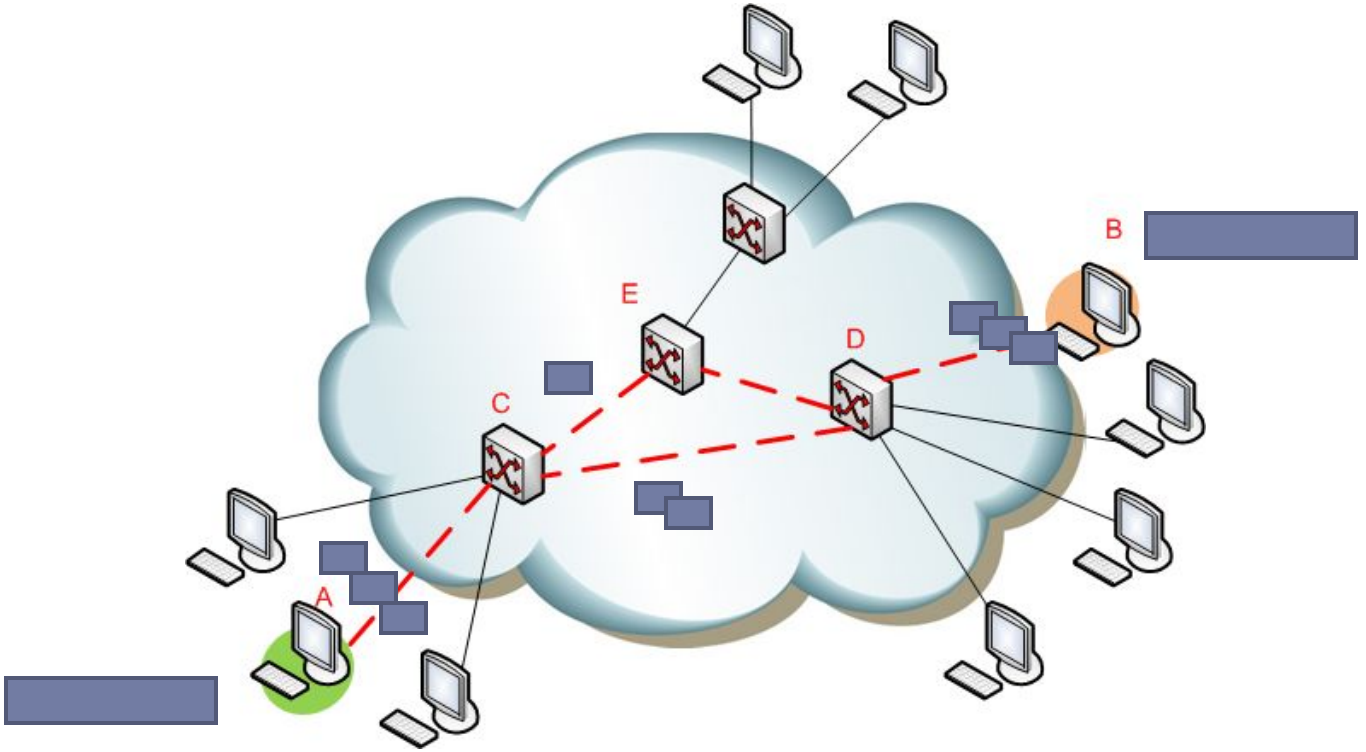
- Простота реализации
- Последовательная передача увеличивает время доставки
- Ресурсоёмко - узлы должны иметь соответствующие буферы временного хранения сообщения

Коммутация пакетов

Сообщение делится на блоки данных, размер которых ограничен (ex. 1500 байт для Ethernet) - ***фрагментируется***.

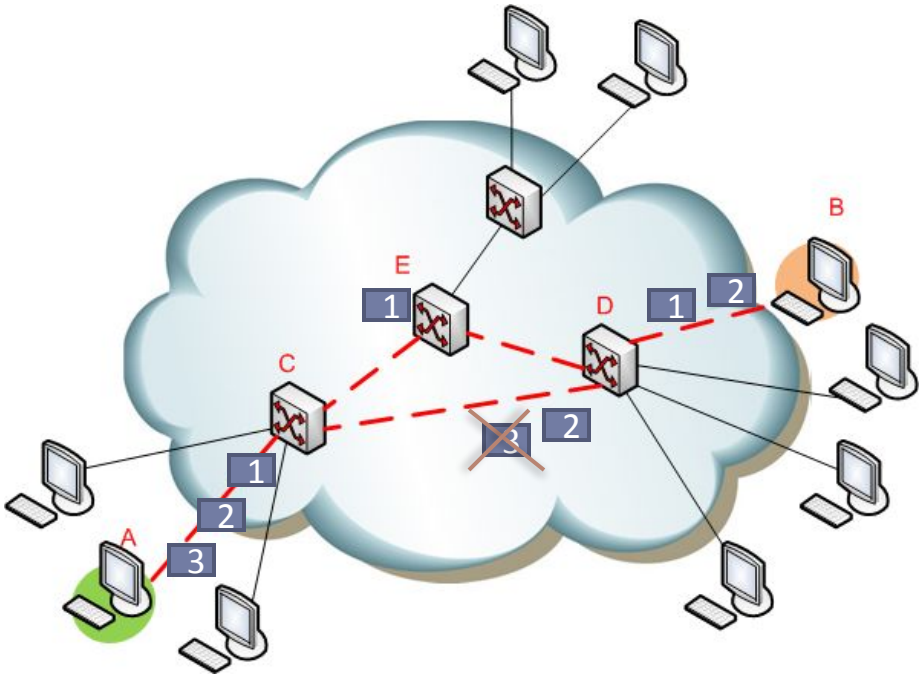
Каждый блок снабжается заголовком, в котором указывается адресат, которому данные предназначены – *формируется пакет*.

На принимающей стороне происходит *сборка сообщения* из блоков данных полученных пакетов .

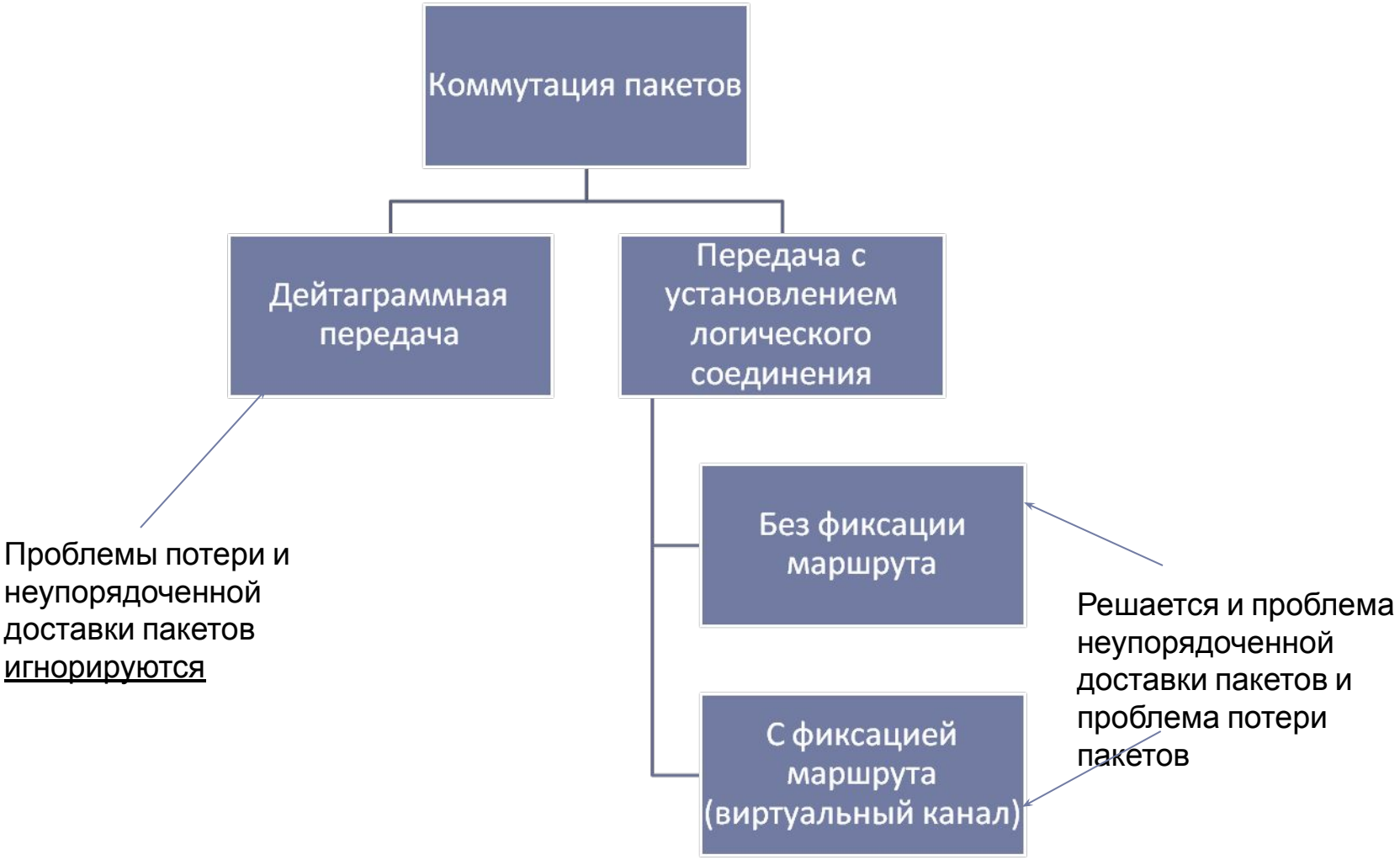


Проблемы коммутации пакетов

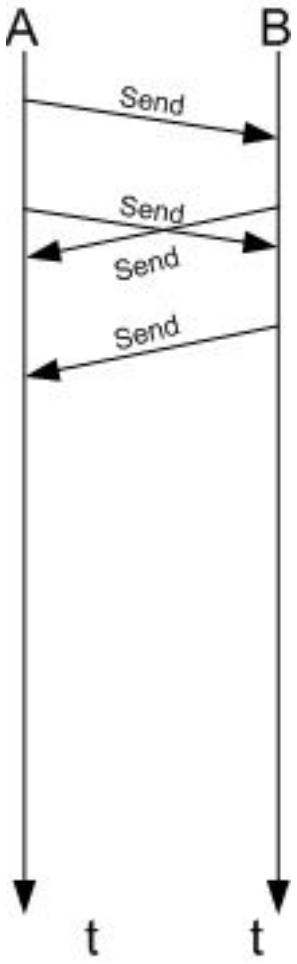
- Порядок доставки пакетов может не соответствовать порядку следования блоков сообщения – требуется упорядочивание фрагментов получателем
- Проблема подтверждения доставки – при потере пакета необходимо как-то сообщить отправителю, что фрагмент сообщения был потерям и требуется повторная передача



Виды коммутации пакетов



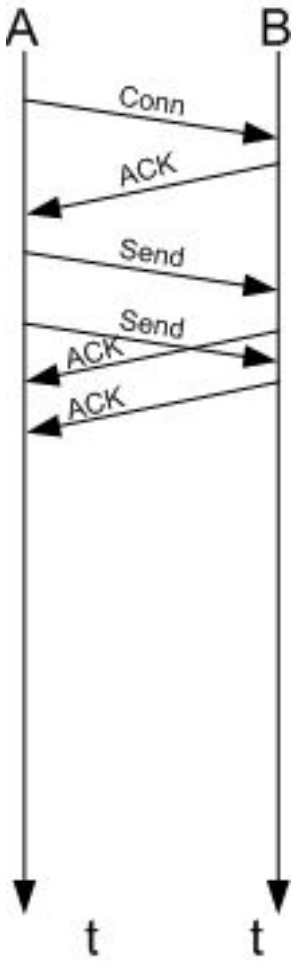
Дейтаграммная передача



- Порядок доставки и сама доставка не гарантируются
- Коммутация по адресу назначения в каждом пакете

- Простота реализации
- Проблемы упорядочения должны решаться вычислительными процессами, использующими дейтаграммную передачу
- Применяется в случаях, когда нет необходимости в надёжной доставке и каждый пакет является самостоятельным сообщением

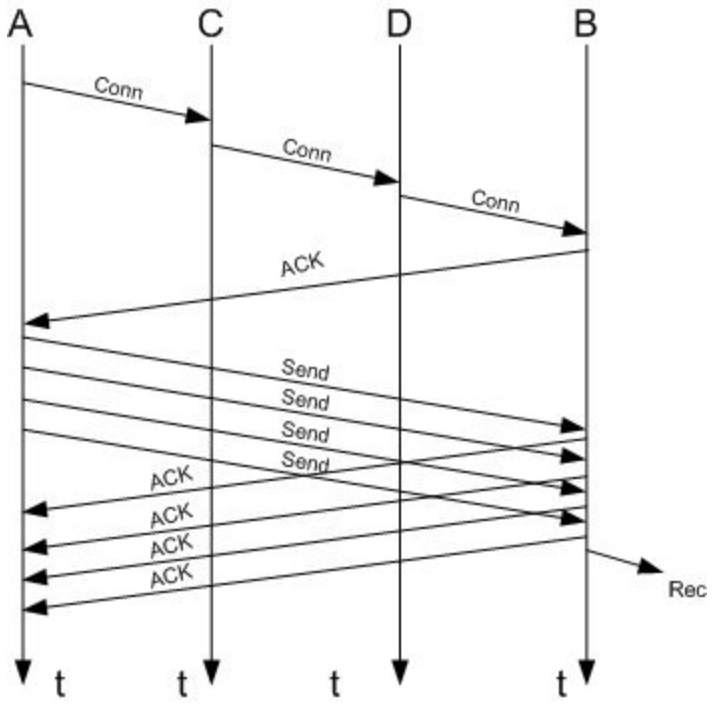
Логическое соединение (без фиксации маршрута)



- Между конечными узлами устанавливается соединение
- Порядковый номер передаётся в пакете вместе с данными
- Подтверждения и повтор передачи решают проблему потери пакетов
- Коммутация по адресу назначения в каждом пакете

- Усложняет логику работы конечных узлов
- Применяется в случаях, когда порядок пакетов критичен

Виртуальный канал



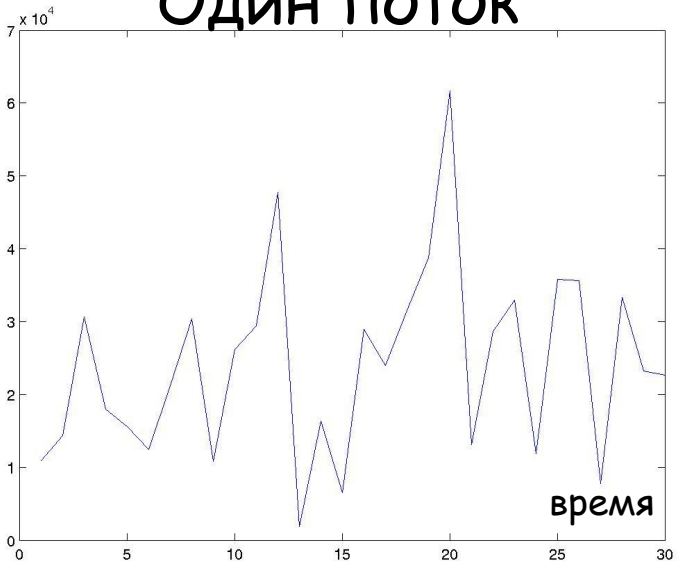
- Виртуальный канал создаётся на всех узлах сети, аналогично коммутации каналов и определяет елиный для всех пакетов путь через сеть
- Подтверждения и повтор передачи решают проблему потери пакетов
- Коммутация по номеру виртуального канала

- Упрощает реализация промежуточных узлов коммутации
- Усложняет логику работы конечных узлов
- Не решает окончательно проблему потери пакетов – требует обработки потерь конечными узлами

Статистическое мультиплексирование

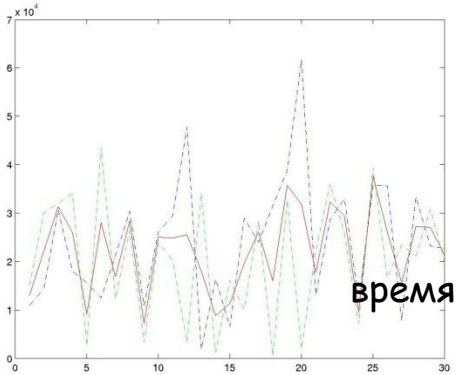
трафик

Один поток



трафик

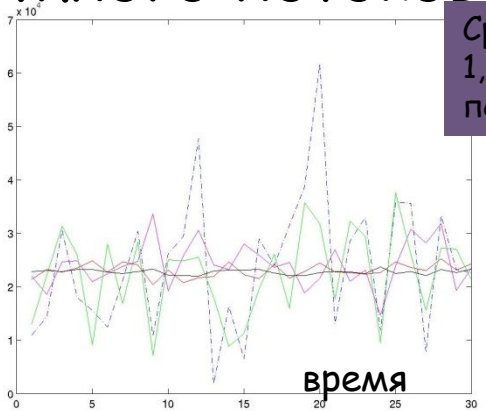
Два потока



Средний трафик

Много потоков

трафик



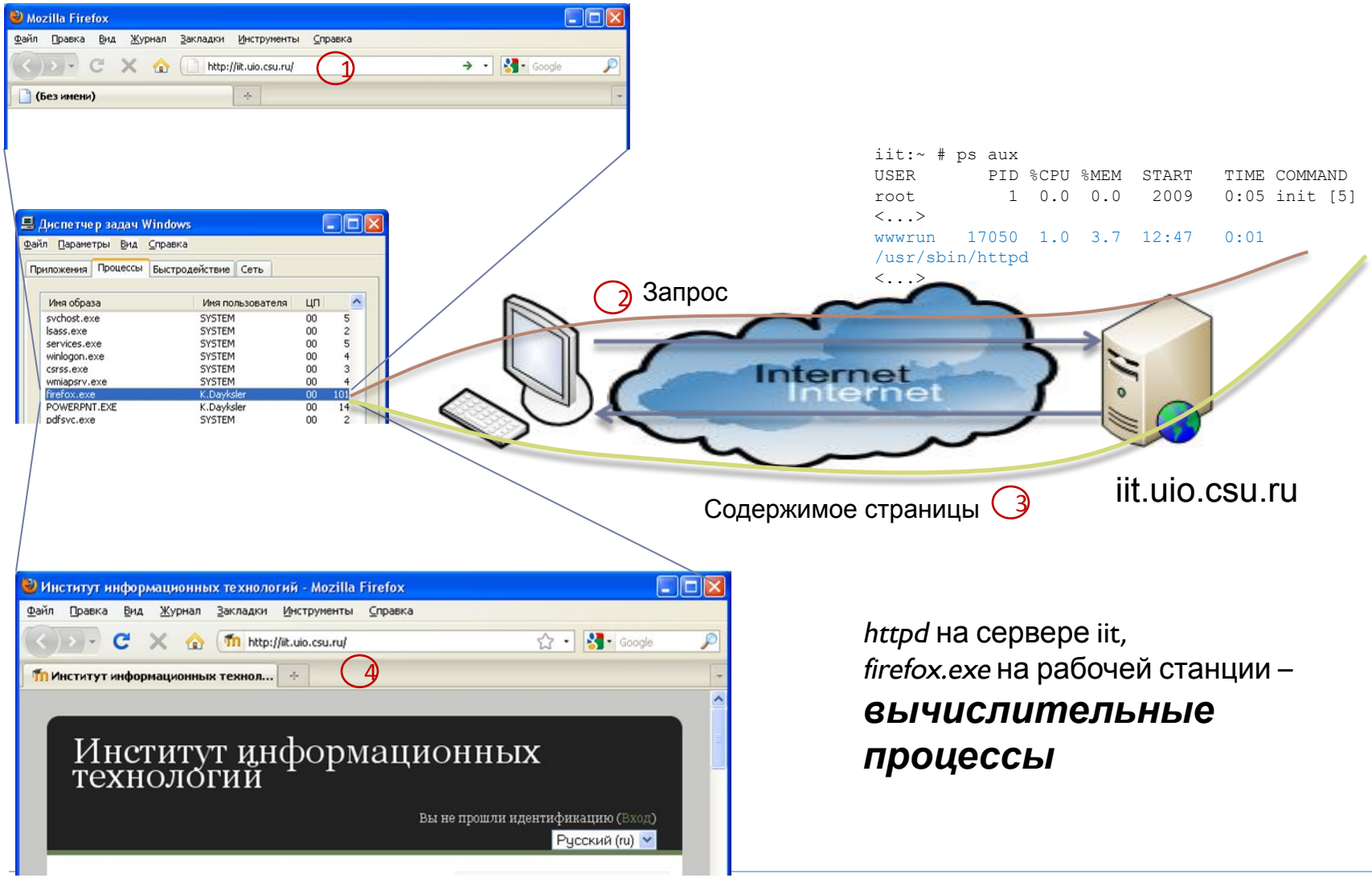
Средний трафик 1, 2, 10, 100, 100 потоков.

- Сетевой трафик вариабельный, т.е. он быстро меняется.
- Пики трафика независимых потоков происходят в разное время.
- Заключение: чем больше потоков мы имеем, тем глаже трафик.

Почему коммутации пакетов?

- Передача пакетов от разных источников позволяет более эффективно использовать ресурсы канала
- Возможна параллельная передача сообщения между узлами (разделение нагрузки)
- Ошибка при передаче может быть выявлена сразу после приёма пакета

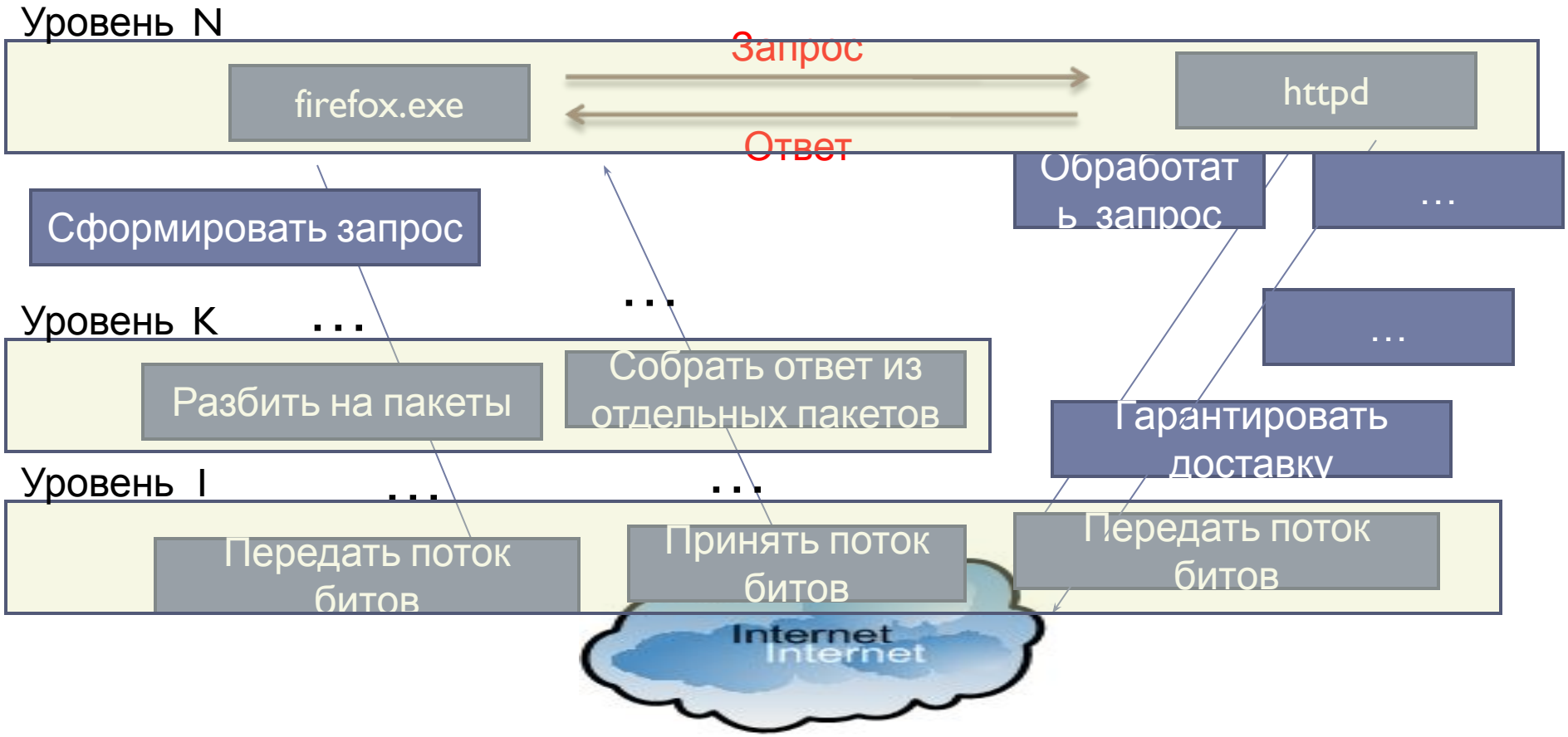
Пример взаимодействия вычислительных процессов



httpd на сервере iit,
firefox.exe на рабочей станции –
вычислительные процессы

Как организовать взаимодействие?

Как организовать взаимодействие?



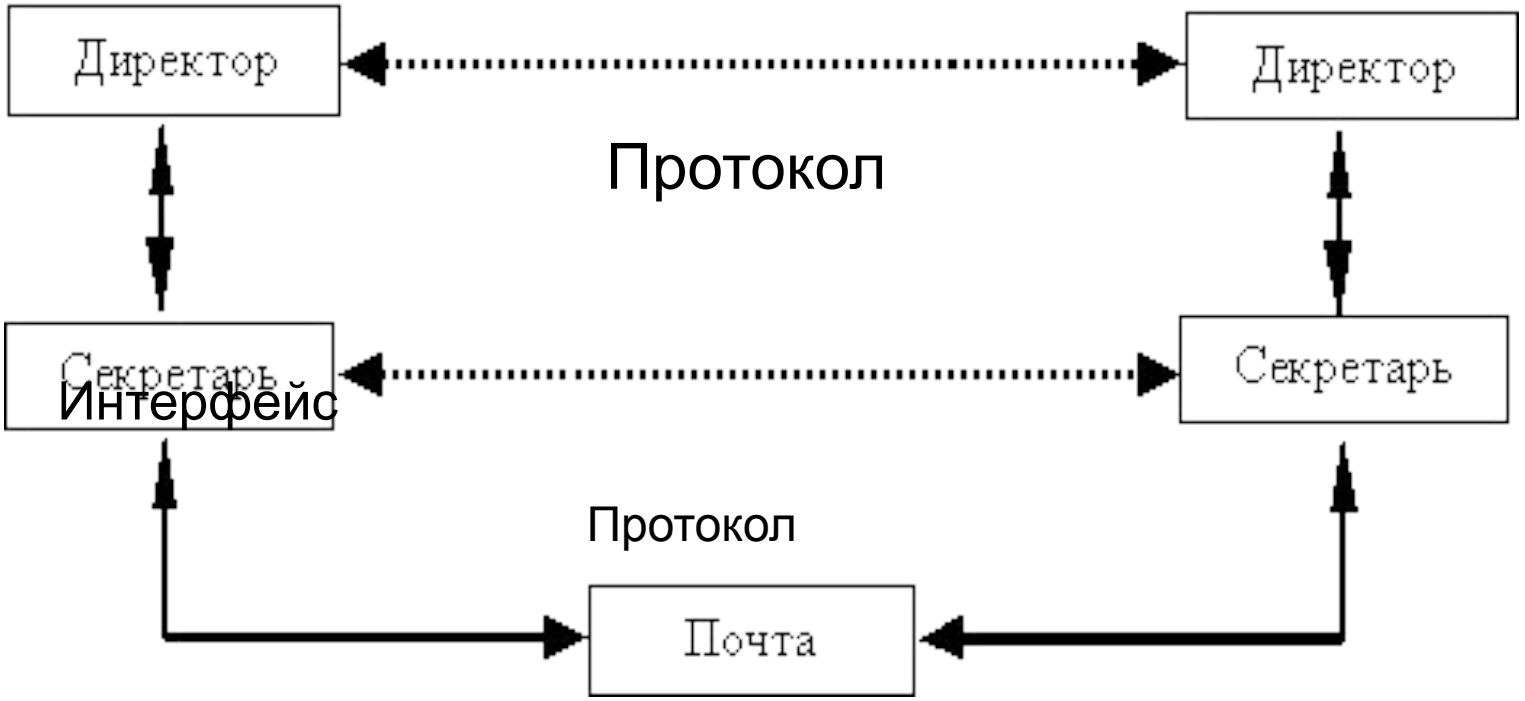
Многоуровневая модель взаимодействия открытых систем

OPEN SYSTEM INTERCONNECTION (OSI)

Предложена в 1983 г. как базовая модель построения компьютерных сетей

- Унифицирует терминологию
- Мощное описательное средство
- Упрощает проектирование
- Улучшает реализацию

Многоуровневая модель взаимодействия открытых систем



- Все необходимые для обеспечения взаимодействия функции группируются в уровни
- Каждый уровень обеспечивает строго определённую функциональность
- Вышележащие уровни обращаются за услугами к нижележащим

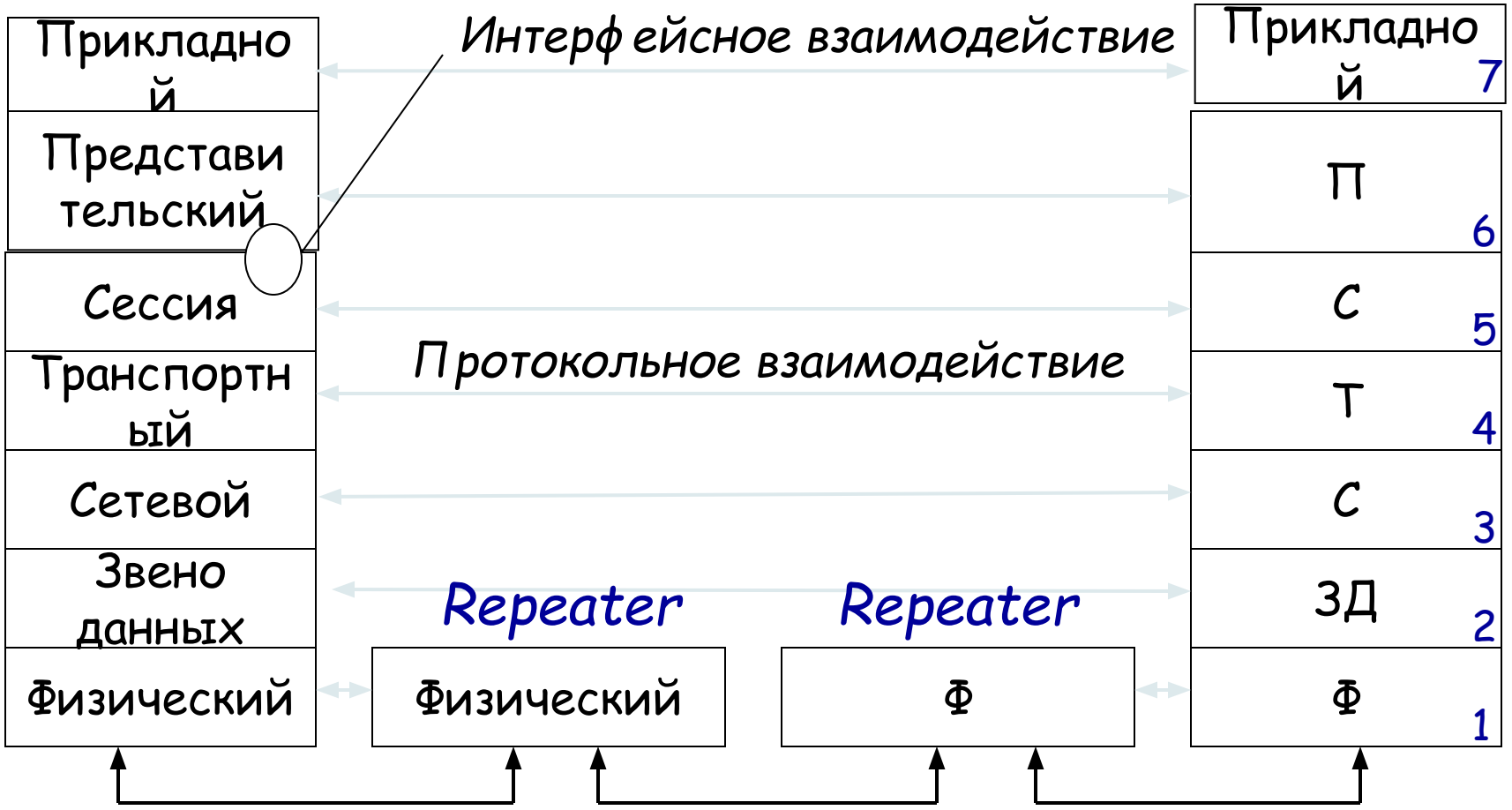
Основные определения

Протокол - это правила, определяющие взаимодействие между системами в рамках одного уровня.

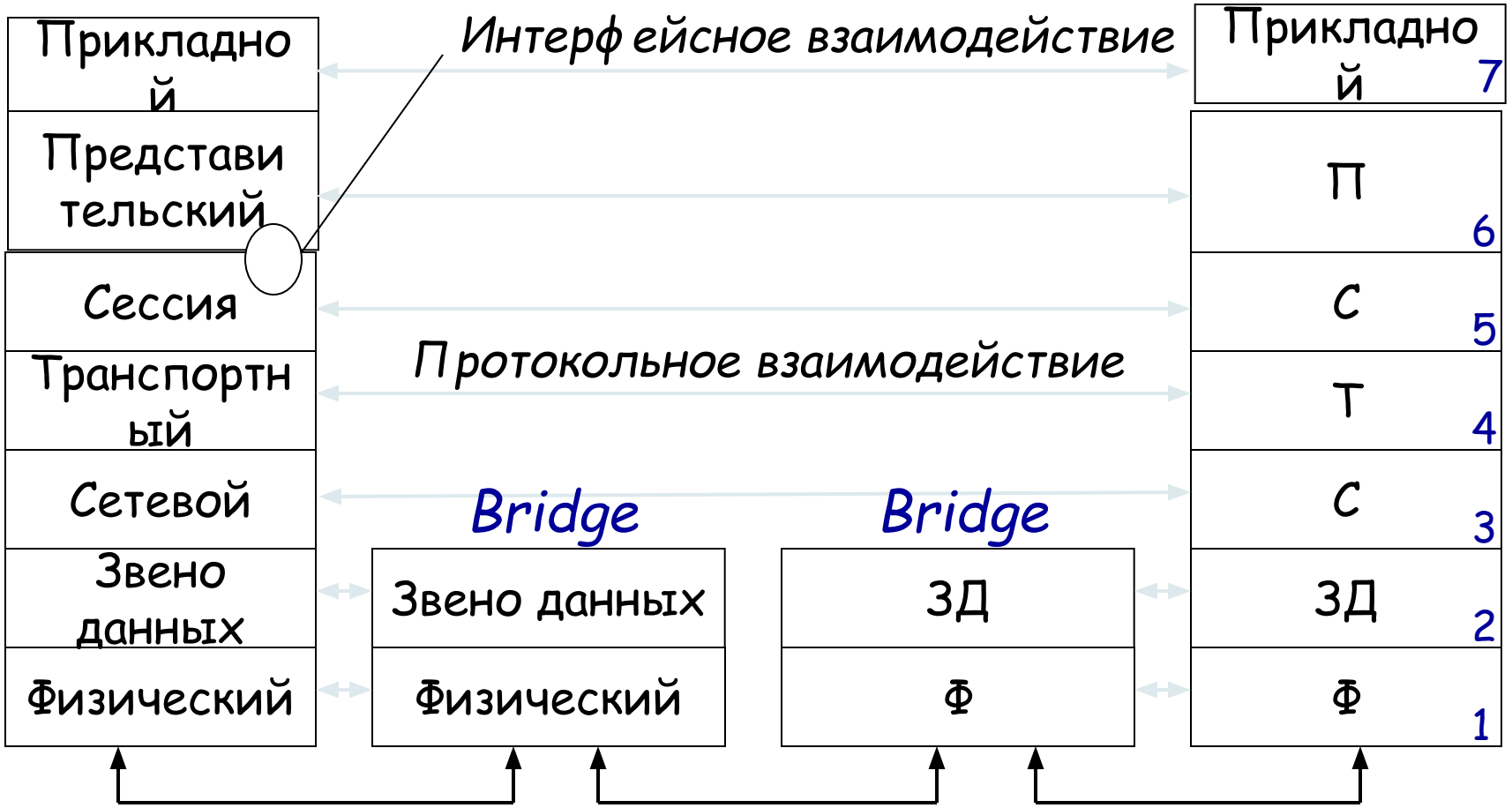
Интерфейс - это набор функций, который нижележащий уровень предоставляет вышележащему.

Стек протоколов - это набор протоколов разных уровней, достаточный для организации взаимодействия систем.

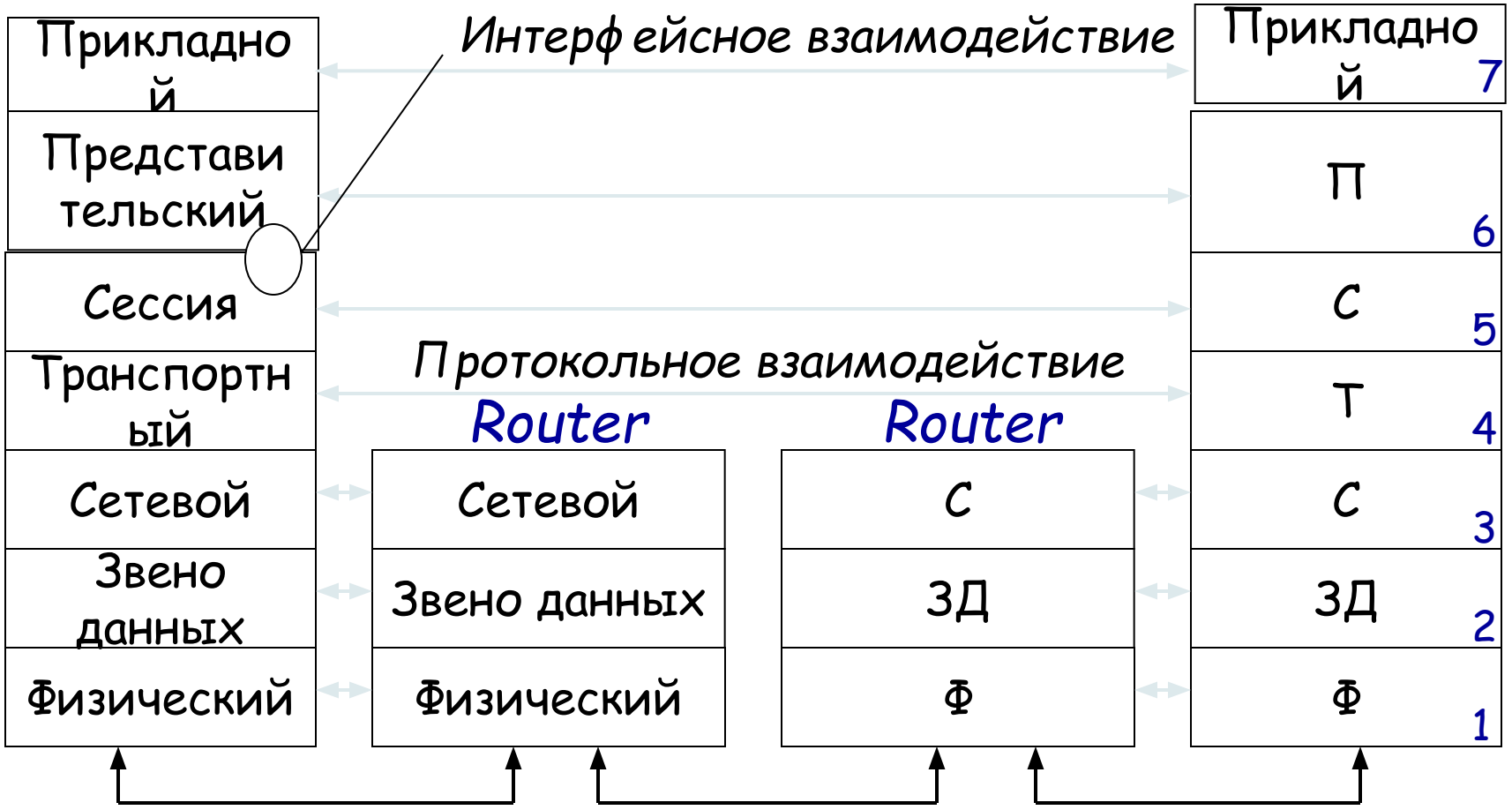
Базовая модель ВОС



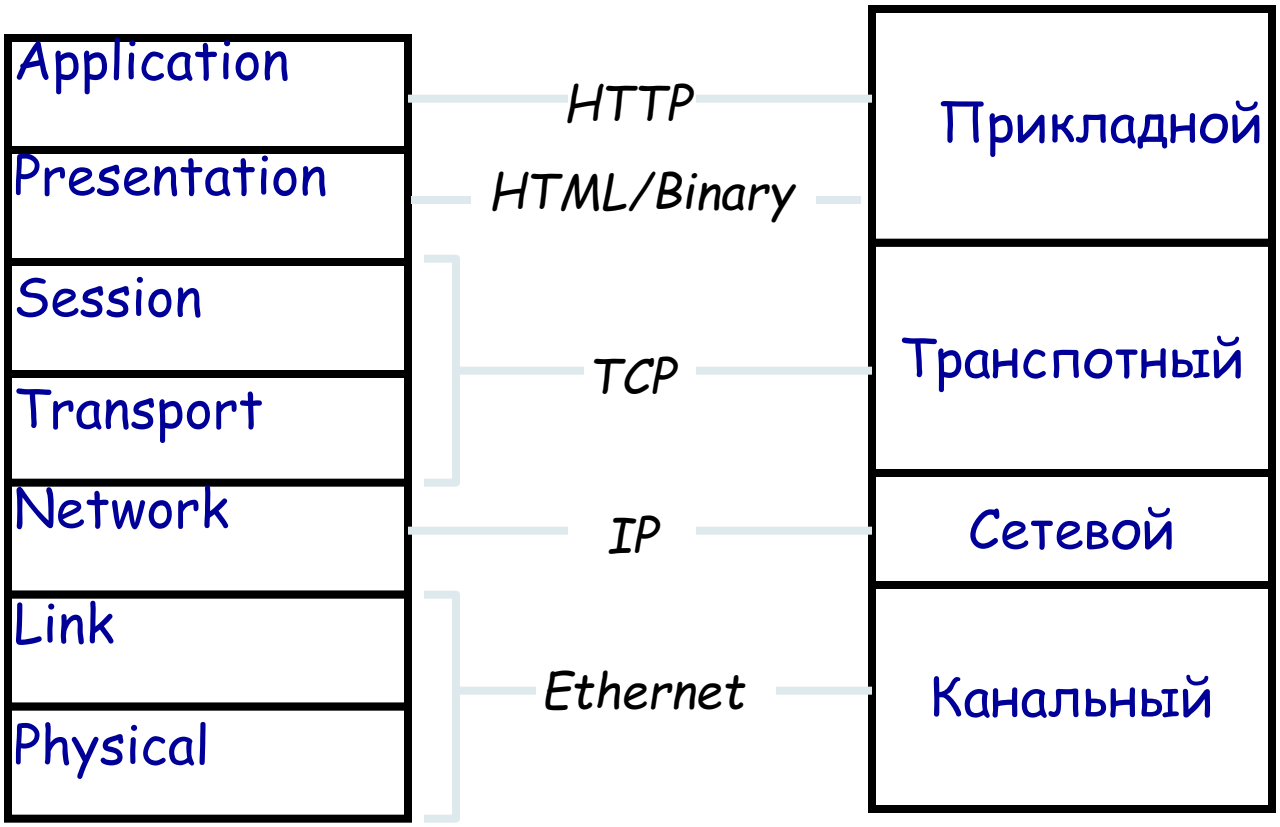
Базовая модель ВОС



Базовая модель ВОС



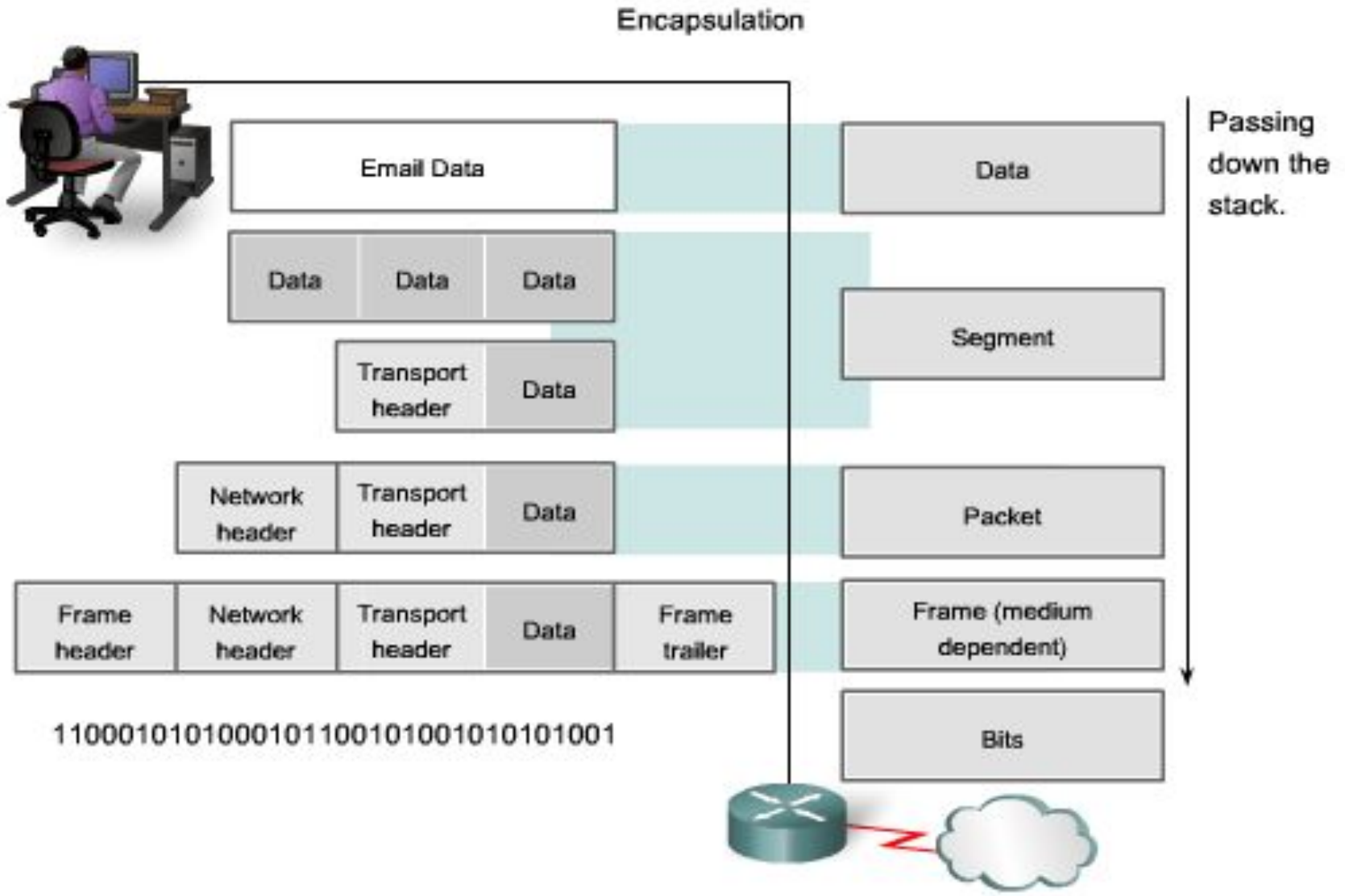
Модель INTERNET



7-уровневая OSI модель

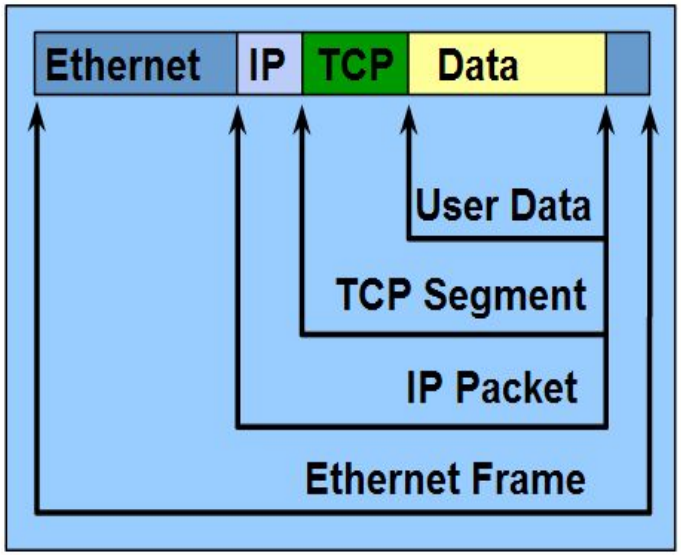
4-уровневая Internet модель

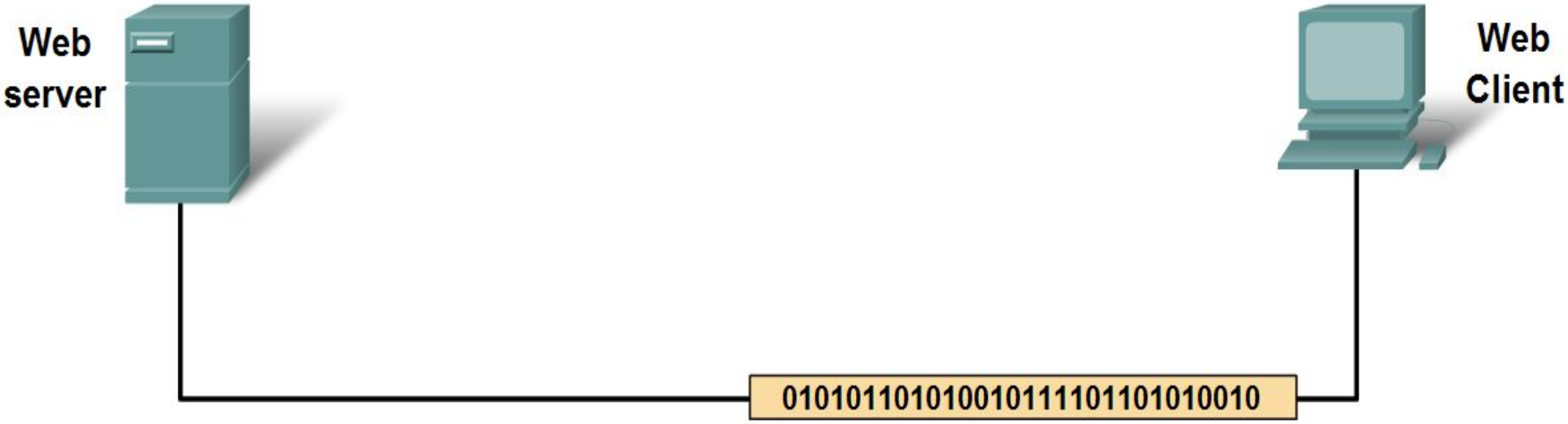
Protocol data units (PDU) и инкапсуляция



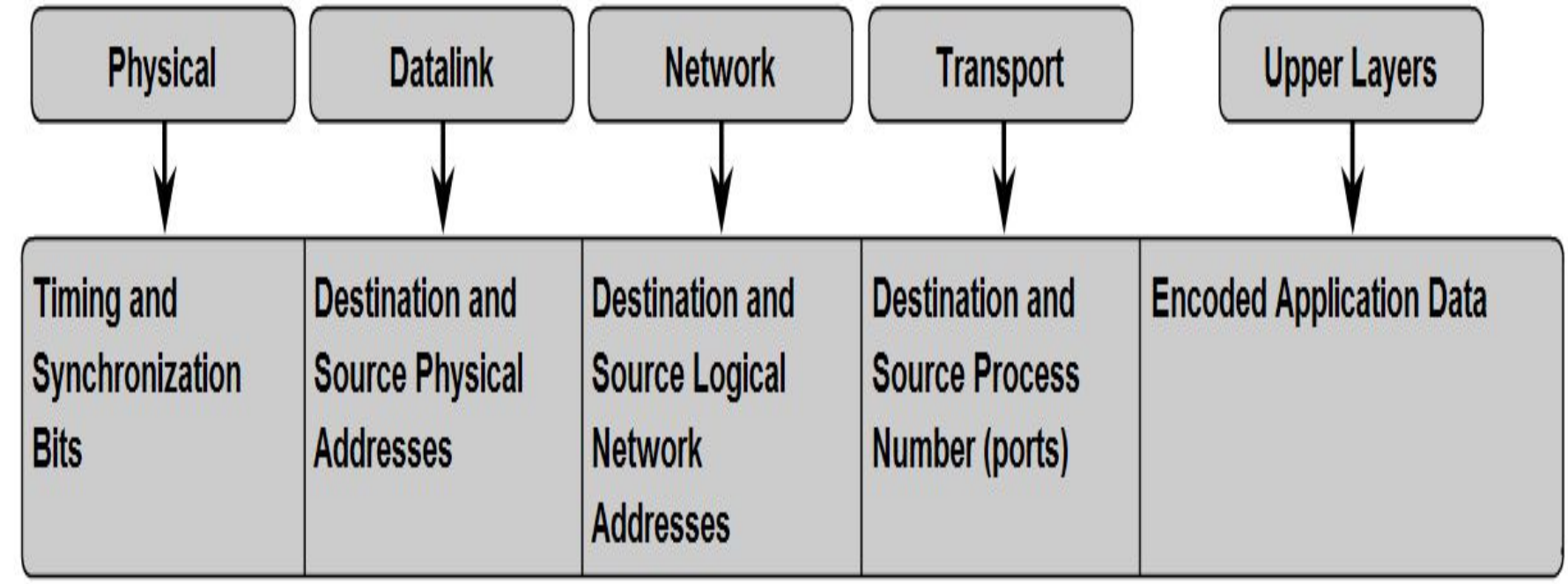
Protocol Operation of Sending and Receiving a Message

Protocol Encapsulation Terms





Функции заголовка пакета



Стандартизация сетевых технологий*

Сетевая технология – согласованный набор программных и аппаратных средств, а также механизмов передачи данных, достаточный для построения вычислительной сети.

- Источники стандартов
  - Международные организации по стандартизации
    - ISO (OSI model)
    - IEEE (802.3 – Ethernet, 802.11 - WiFi)
    - ITU-T (G.991 - SHDSL)
    - ECMA
  - Национальные организации по стандартизации
    - ANSI
    - NIST
  - Форумы и сообщества исследователей, разработчиков, производителей
    - IETF (стек TCP/IP)
    - ATM Forum
    - FR Forum
    - MPLS Forum
  - Фирмы-производители
    - Novell, DEC, IBM, Cisco, etc.