

Сети и сетевые структуры

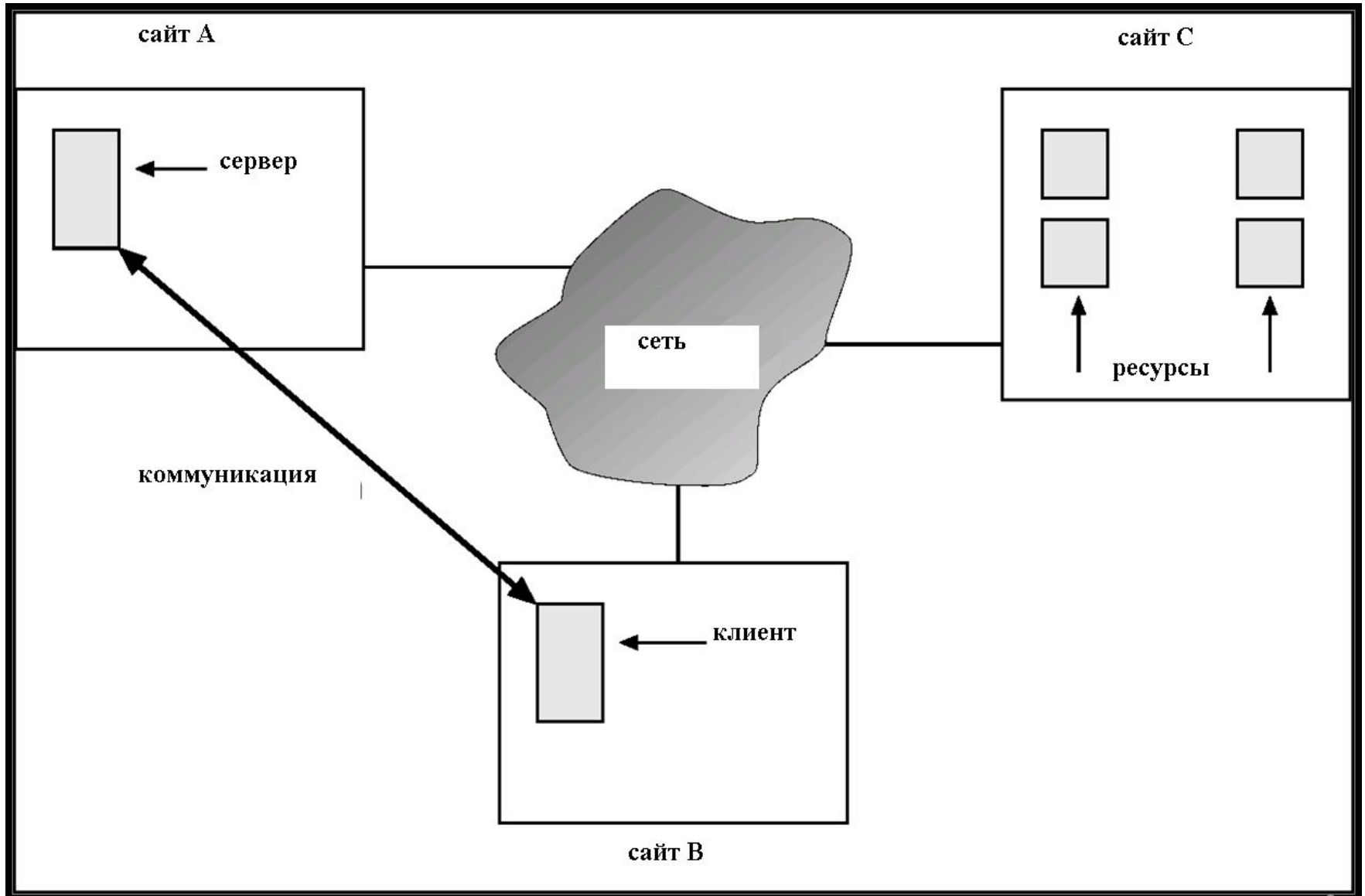
Лекция 12.

Операционные системы. Linux

Сети и сетевые архитектуры

- История
- Топология
- Типы организации сетей
- Коммуникация
- Протоколы коммуникации
- Устойчивость
- Стратегии проектирования

Распределенная система



Мотивация

- **Разделение ресурсов**
 - Разделение и публикация файлов на удаленных сайтах
 - Обработка информации в распределенной базе данных
 - Использование удаленных специализированных устройств
- **Ускорение вычислений** – совместная загрузка
- **Надежность** – обнаружение отказа машины, реинтеграция отказавшей машины
- **Коммуникация** – с помощью передачи сообщений

Сетевые операционные системы

- Пользователи осведомлены относительно множественности машин. Доступ к ресурсам на различных машинах выполняется явно с помощью:
 - Удаленного входа на соответствующую машину.
 - Передачи данных с удаленной машины на локальную машину с помощью механизма FTP (File Transfer Protocol).

Распределенные ОС

- Пользователи не осведомлены относительно множественности машин. Доступ к удаленным ресурсам, подобный доступу к локальным ресурсам.
- **Миграция данных** – передача данных путем передачи целого файла, или передачи только тех частей данного файла, которые необходимы для выполнения непосредственно наиболее срочной задачи.
- **Миграция вычислений** – передача вычислений, а не данных, всей остальной системе.

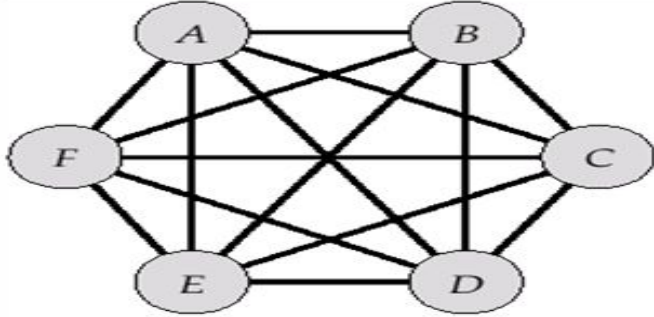
Распределенные ОС (прод.)

- **Миграция процессов** – исполнение процесса или его частей на удаленных машинах.
 - **Балансировка загрузки** – распределение процессов по сети.
 - **Ускорение вычислений** – процессы могут исполняться параллельно на разных машинах.
 - **Потребность в оборудовании** – для исполнения процесса может потребоваться какой-либо конкретный процессор.
 - **Потребность в программном обеспечении** – требуемое программное обеспечение может быть доступно только на какой-либо конкретной машине.
 - **Доступ к данным** – процесс выполняется удаленно, вместо того, чтобы пересылать все данные на локальную машину.

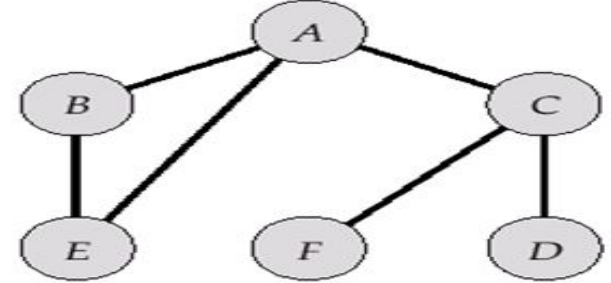
Топология

- Машины в системе могут быть физически соединены разнообразными способами; эти способы можно сравнивать с учетом следующих критериев:
 - Базовая стоимость. Насколько дорогостоящим может быть соединение всех машин в системе?
 - Стоимость коммуникации. Сколько времени требуется для посылки сообщения от машины *A* машине *B*?
 - Надежность. Если соединение или машина отказывают, то могут ли, тем не менее, остальные машины нормально осуществлять коммуникацию?
- Различные топологии представляются в виде графов, вершины которых соответствуют машинам. Дуга из вершины *A* в вершину *B* соответствует непосредственному соединению двух машин.
- Схемы на следующем слайде поясняют основные сетевые топологии.

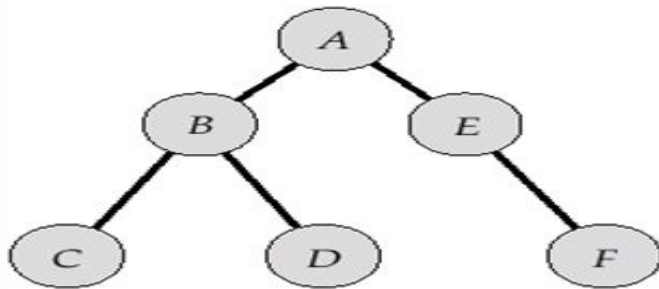
Сетевые топологии



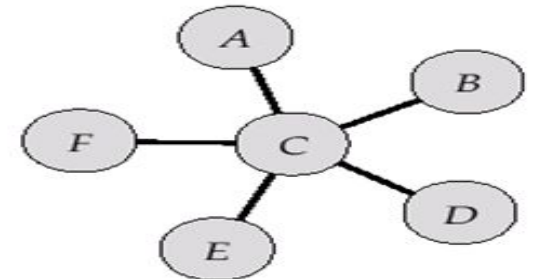
полностью соединенная сеть



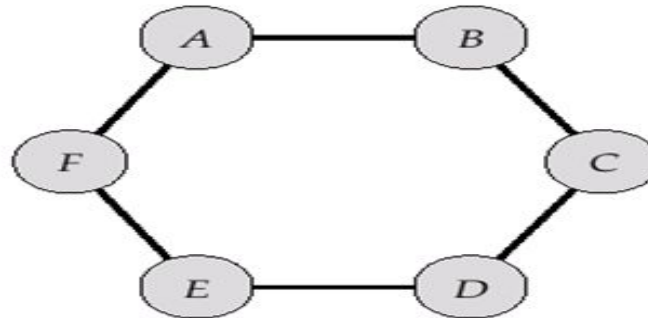
частично соединенная сеть



сеть древовидной структуры



сеть типа "звезда"

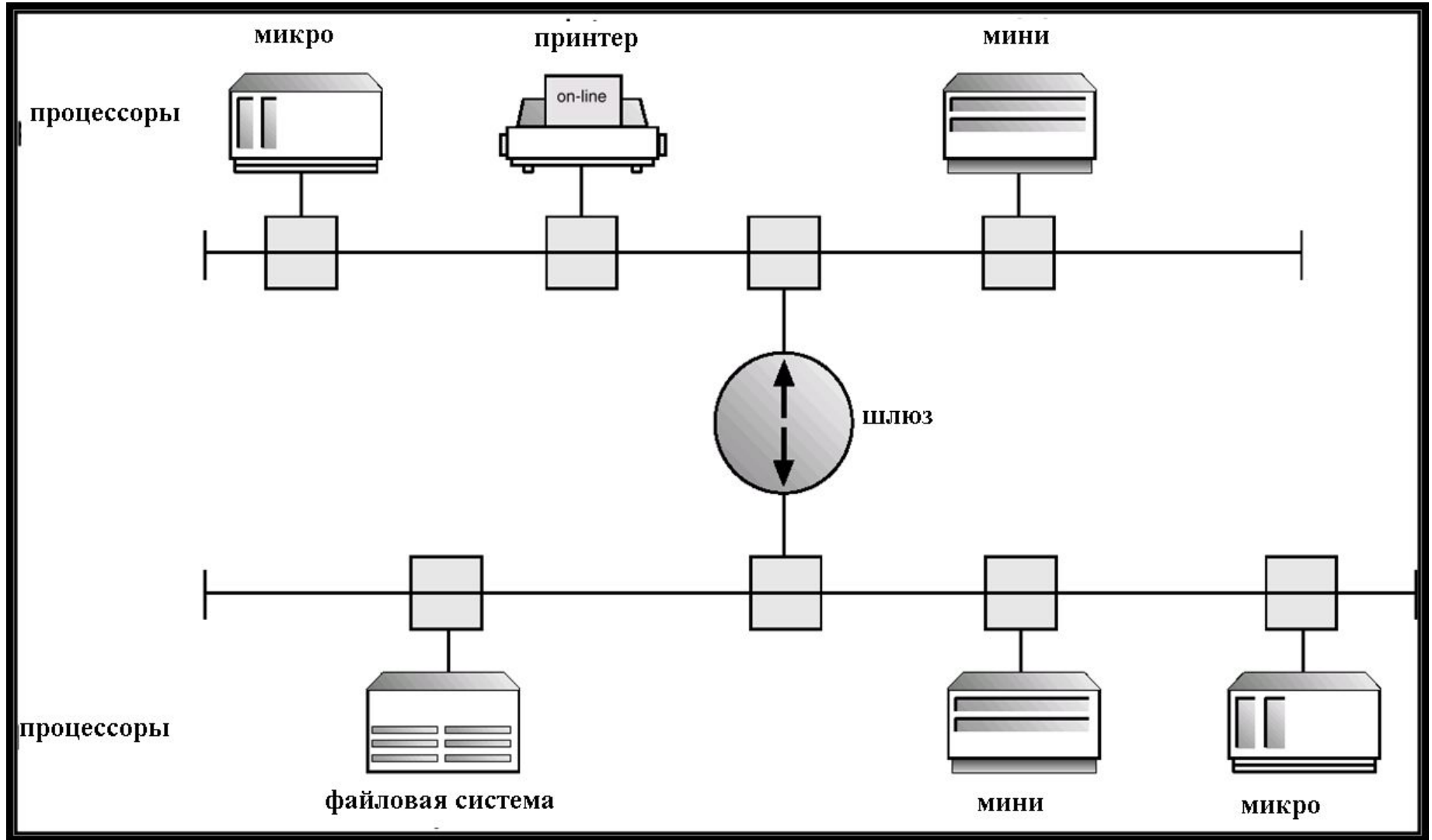


сеть типа "кольцо"

Типы сетей

- **Локальная сеть** - Local-Area Network (LAN) – расположенная на небольшой площади, например, в пределах здания или нескольких соседних зданий.
 - Сеть на основе многопользовательской шины, кольца или звезды.
 - Скорость ≈ 10 мегабит в секунду (при использовании витой пары – twisted pair и обычных сетевых концентраторов - hubs); 100 Мбит/с – при использовании волоконно-оптического кабеля (fiber optic cable) и оптических переключателей (optical switches).
 - Сетевая коммуникация быстрая и недорогая.
 - Узлы:
 - Как правило, рабочие станции и (или) персональные компьютеры
 - Несколько (обычно 1 или 2) mainframe-машин.
 - Сетевые принтеры и другие устройства (например, диски – mass storage devices). Имеют сетевые карты (адаптеры)

Схема локальной сети



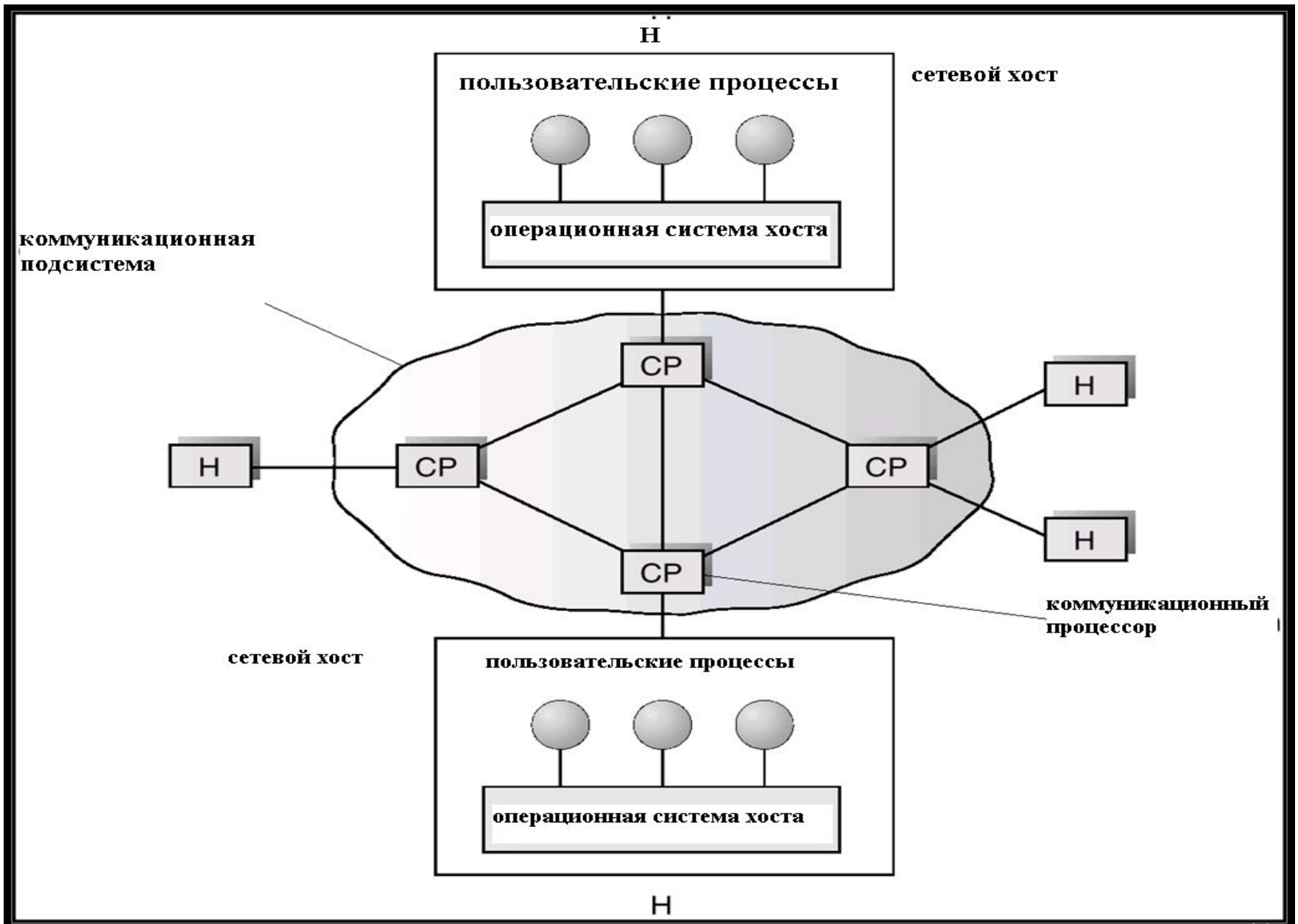
Типы сетей (продолжение)

- **Глобальные сети** - Wide-Area Network (WAN) – связывают географически удаленные машины.
 - Соединения типа “точка-точка” (point-to-point) по линиям большой протяженности (часто арендуемым у телефонных компаний) – *выделенным линиям (dedicated lines)*.
 - Взаимодействие обычно требует нескольких сообщений.
 - **Узлы:**
 - Как правило, большой процент *mainframes*

Типы сетей (продолжение)

- WWAN (Wireless Wide Area Network) – беспроводная региональная сеть
- Реализуется фирмой Cingular (США)
- Распространена в США и Канаде
- Основана на протоколах мобильной связи GSM и CDMA
- Скорость ~ порядка 100 МБит / с
- Современные ноутбуки (например, Sony VAIO) оборудуются WWAN – адаптерами и антеннами
- Беспроводные сети Wi-MAX, которые в настоящее время находят все более широкое распространение

Коммуникационные процессоры в глобальной сети



Коммуникации по сети

При проектировании коммуникационной сети должны быть решены следующие основные проблемы:

- **Именованное и разрешение имен:** Как два процесса найдут друг друга для коммуникации?
- **Стратегии маршрутизации (routing).** Каким образом сообщения посылаются по сети?
- **Стратегии соединения (connection).** Каким образом два процесса обмениваются сообщениями?
- **Разрешение конфликтов.** Сеть – разделяемый ресурс; каким образом разрешаются конфликтующие запросы на ее использование?

Именованние и разрешение имен

- Системы (машины) в сети имеют имена
- Сообщения идентифицируются номерами процессов (process ids).
- Процесс на удаленной системе идентифицируется парой
 <host-name, identifier>.
- *Domain name service* (DNS) – обеспечивает структуру именования машин, а также преобразование имени в адрес (Internet).

Стратегии маршрутизации

- **Фиксированная маршрутизация.** Путь от A к B задан заранее; он изменяется, только если им невозможно воспользоваться из-за отказов аппаратуры.
 - Поскольку выбирается кратчайший путь, затраты на коммуникацию минимизированы.
 - Фиксированная маршрутизация не может быть адаптирована к изменению загрузки.
 - Обеспечивает получение сообщений в том же порядке, в каком они были посланы.
- **Виртуальная цепочка.** Путь от A к B фиксируется на время одного сеанса. Различные сеансы, включающие сообщения от A в B , могут иметь различную маршрутизацию.
 - Частичное средство адаптации к изменениям загрузки.
 - Обеспечивает получение сообщений в том же порядке, в каком они были посланы.

Стратегии маршрутизации (продолжение)

- **Динамическая маршрутизация.** Путь для отправки сообщения от А к В определяется только в момент отправки данного сообщения.
 - Обычно система посылает сообщение другой системе через соединение, наименее используемое в данный момент времени.
 - Адаптирована к изменениям загрузки, так как избегает отправки сообщений через интенсивно используемые соединения.
 - Сообщения могут приходить в другом порядке. Данная проблема может быть решена путем присваивания номера последовательности каждому сообщению.

Стратегии соединения

- **Переключение схем.** Устанавливается постоянное физическое соединение на все время коммуникации (например, по телефонной линии).
- **Переключение сообщений.** Устанавливается временное соединение на период передачи сообщения (например, пересылка электронной почты).
- **Переключение пакетов.** Сообщения переменной длины делятся на пакеты фиксированной длины, которые и посылаются адресату. Пакеты могут передаваться по сети различными путями. Пакеты должны быть вновь собраны в сообщения по их прибытии.
- Переключение схем требует времени для установки, но меньших накладных расходов на посылку каждого сообщения, при этом могут иметь место потери пропускной способности сети. Переключение сообщений и пакетов требует меньшего времени на установку, но больших накладных расходов на

Разрешение коллизий

Несколько систем могут одновременно обратиться к какому-либо участку сети для передачи информации.

Для разрешения коллизий используются следующие методы:

- CSMA/CD. Carrier sense with multiple access (CSMA); collision detection (CD) – носитель, чувствительный к одновременному доступу; обнаружение коллизий
 - Система определяет, не передается ли одновременно по данному участку сети сообщение другой системой. Если две или более систем начинают передачу сообщений в точности в одно и то же время, то фиксируется коллизия, и передача прекращается.
 - Если система сильно загружена, то может возникнуть множество коллизий, что приведет к падению производительности.
- Метод CSMA/CD успешно используется в сетях типа Ethernet – наиболее распространенном типе сетей.

Разрешение коллизий в сетях

- **Передача маркера (token).** Специальные сообщения, называемые маркерами, постоянно циркулируют в системе (обычно – при кольцевой топологии сети). Машина, которой требуется передать информацию, должна дождаться получения сообщения-маркера. Когда машина завершает свой раунд передачи сообщения, она передает по сети маркерное сообщение. Схема передачи маркерных сообщений используется в системах IBM и Apollo. Такая архитектура сети называется *маркерным кольцом (token ring)*.
- **Слоты для сообщений.** Несколько слотов для сообщений фиксированного размера постоянно циркулируют в системе (обычно – кольцевой структуры). Поскольку слот может вмещать только сообщения фиксированного размера, единое с логической точки зрения сообщение может быть разбито на несколько пакетов меньшей длины, каждый из которых пересылается в отдельном слоте. Такая схема была опробована в экспериментальной архитектуре сети Cambridge Digital Communication Ring (Кембриджское кольцо).

Коммуникационные протоколы

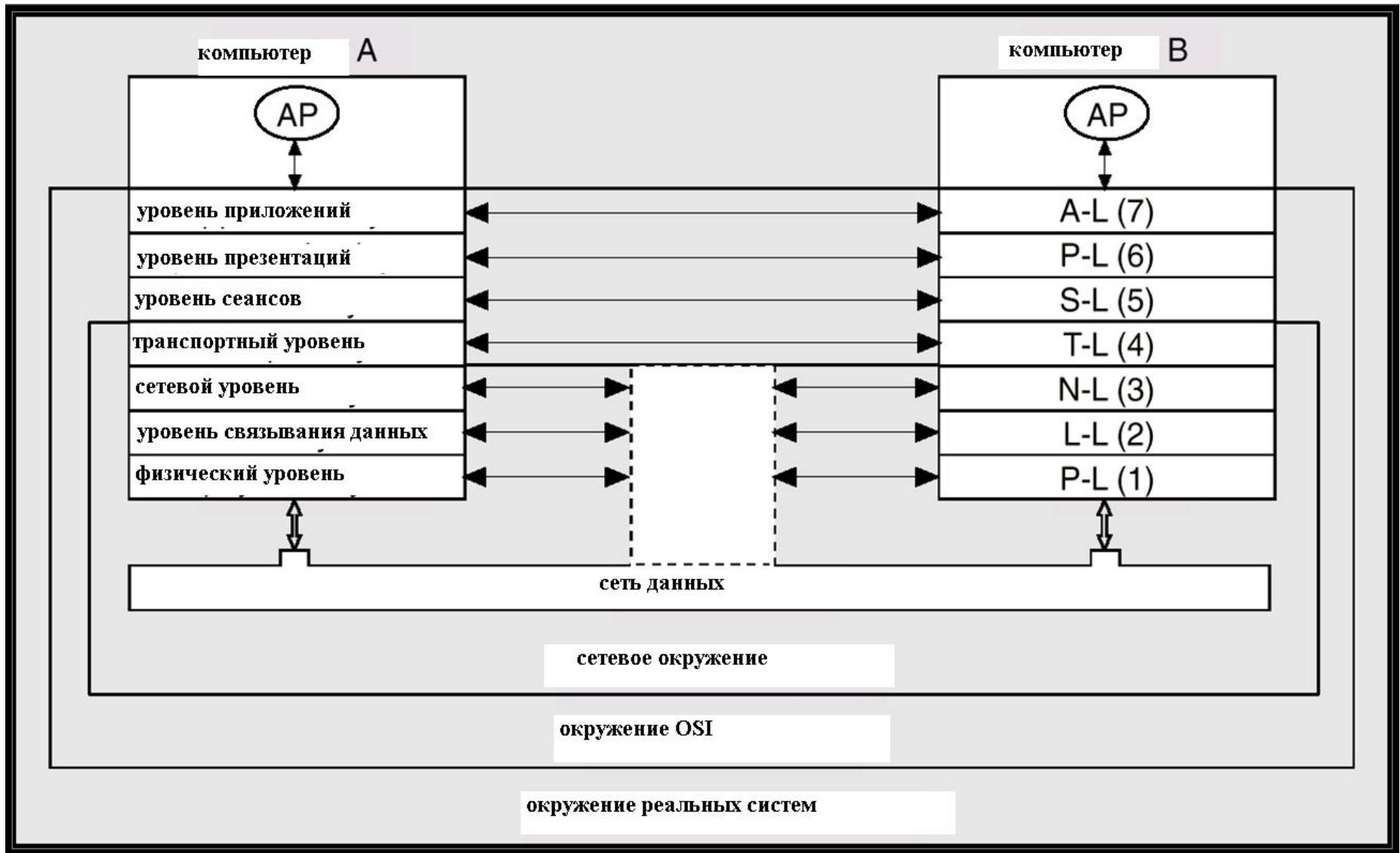
Коммуникационная сеть подразделяется на следующие основные уровни (layers):

- **Физический уровень** – механические и электрические устройства для передачи сигналов.
- **Уровень (связывания) данных** – обрабатывает фреймы (*frames*), или части пакетов фиксированной длины, включая обнаружение ошибок и восстановление после ошибок на физическом уровне.
- **Сетевой уровень** – обеспечивает соединение и маршрутизацию пакетов в коммуникационной сети, включая обработку адресов исходящих пакетов, декодирование адресов входящих пакетов и поддержку информации для маршрутизации для соответствующего ответа для изменения уровней загрузки.

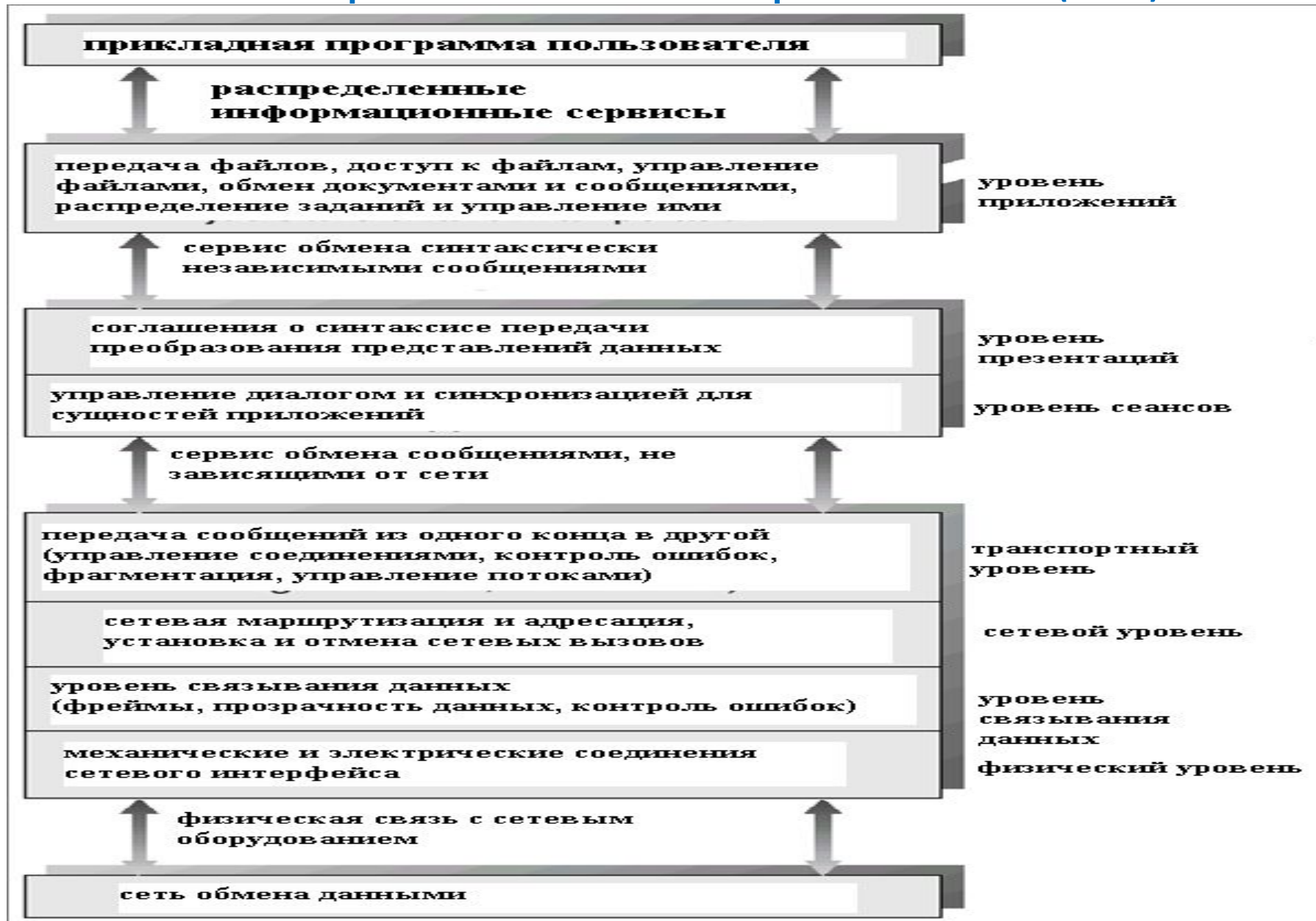
Коммуникационные протоколы (прод.)

- **Транспортный уровень** – отвечает за сетевой доступ нижнего уровня и за передачу сообщений между клиентами, включая разделение сообщений на пакеты, сопровождение порядка пакетов, поток управления и генерацию физических адресов.
- **Уровень сеанса** – реализует сеансы (sessions), или протоколы коммуникации между процессами.
- **Уровень презентаций** – разрешает различие в форматах между различными системами в сети, включая преобразования символов и полудуплексную (дуплексную) связь (эхо-вывод).
- **Уровень приложений** – взаимодействует непосредственно с запросами на передачу файлов пользовательского уровня, протоколами удаленных входов и передачи электронной почты, а также со схемами распределенных баз данных.

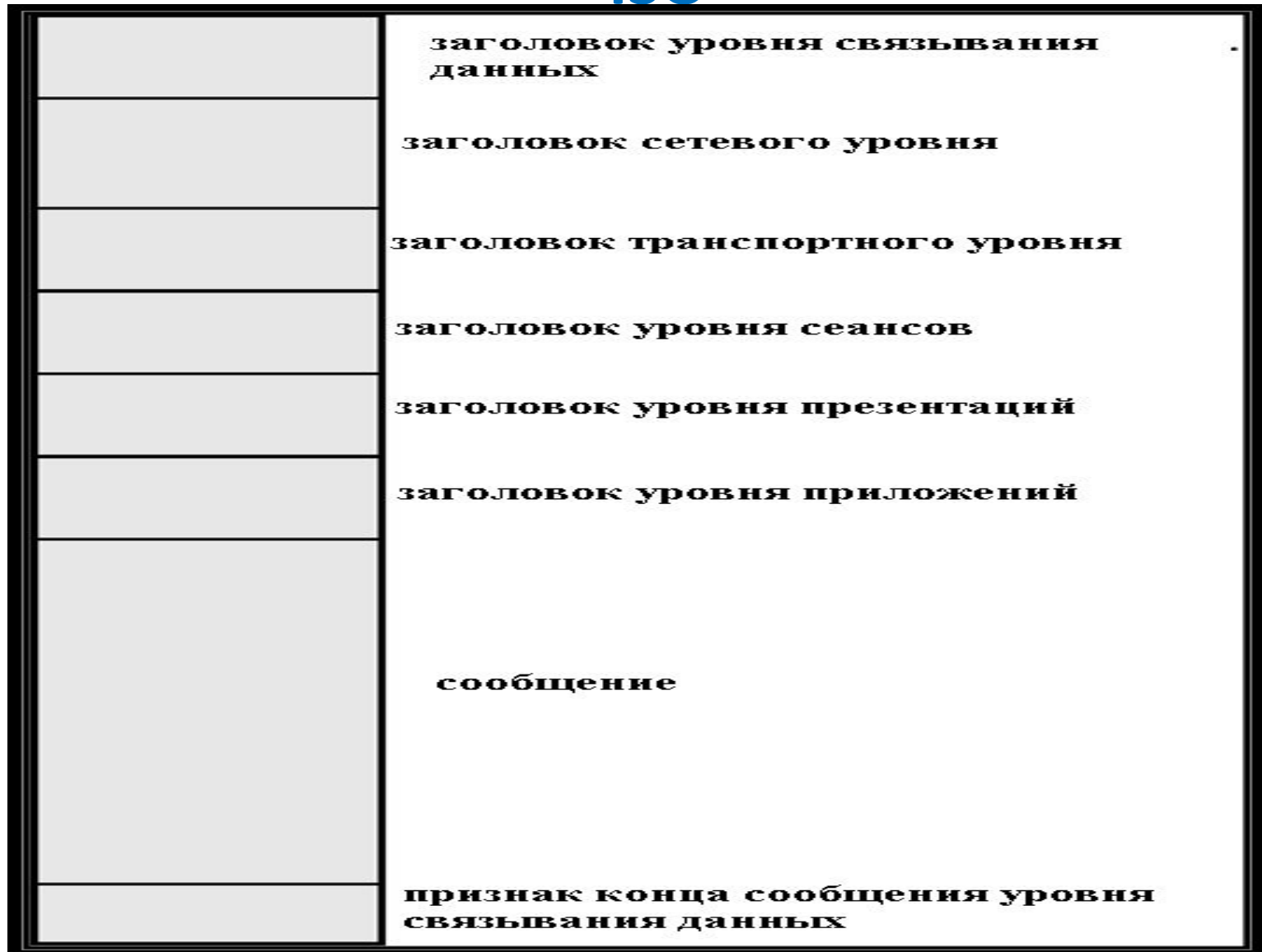
Коммуникация в сети, согласно многоуровневой модели ISO



Уровни сетевых протоколов (ISO)



Сетевое сообщение, согласно модели ISO



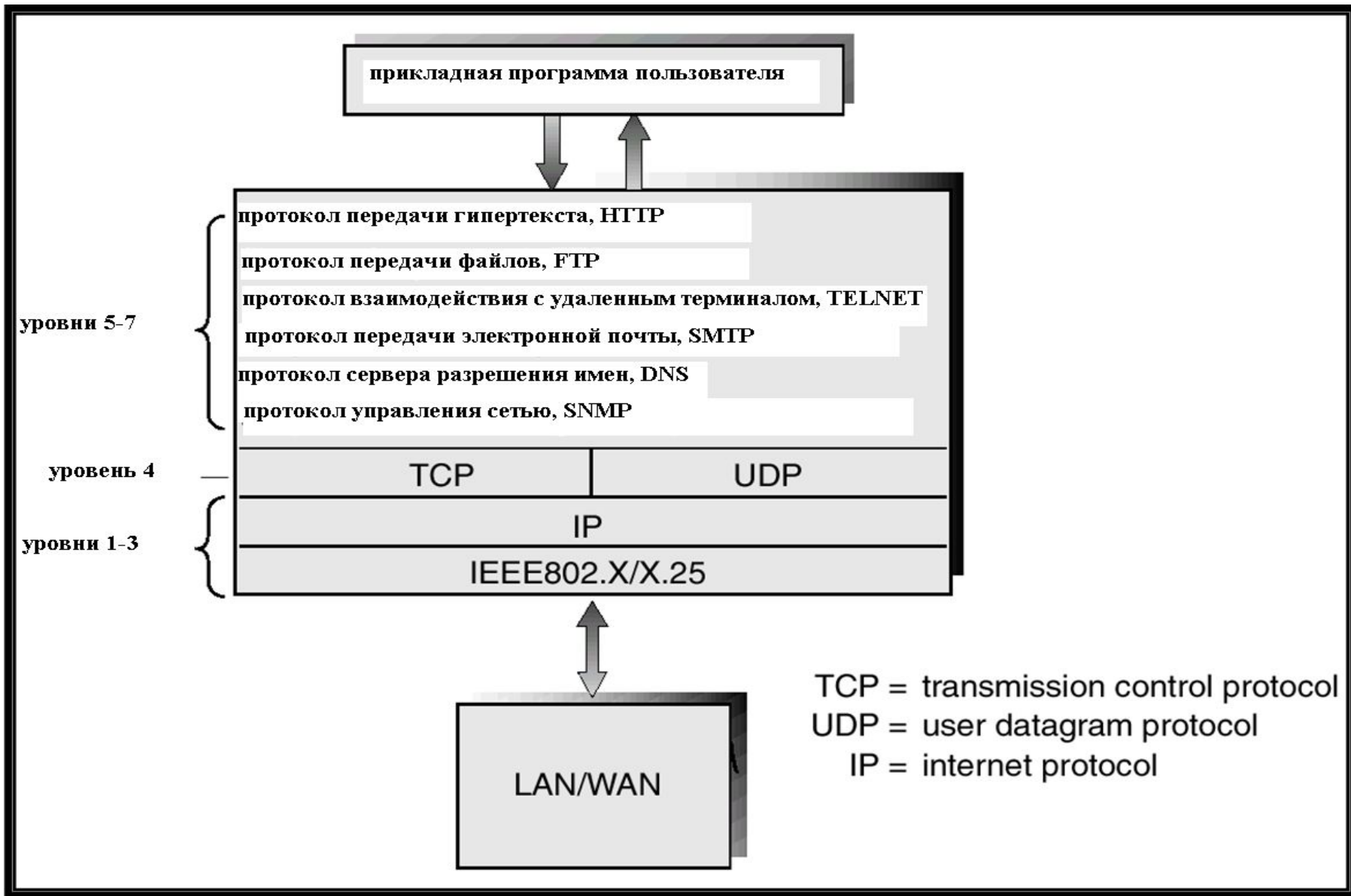
Ethernet

- **Ether** – эфир
- **Ethernet (стандарт IEEE 802.3)** - наиболее распространенный метод организации сетей
- Относится к физическому (physical Ethernet) уровню и уровню связывания данных, согласно 8-уровневой модели OSI
- Основоположник: R. Metcalfe (1973); он же впоследствии – основатель фирмы 3COM
- Основные идеи Ethernet: использование *коаксиального кабеля (BNC)* и *48-битового адреса*, который присваивается каждой рабочей станции (компьютеру) и используется для идентификации источников и получателей пакетов в сетях
- Первоначально: 3 МБит/с; в настоящее время – до 1 Гбит/с (Gigabit Ethernet)
- В большинстве локальных сетей используется *витая пара (twisted pair)* с разъемами типа RJ 45
- Для соединений используются *концентраторы (hubs)* с быстродействием 10 МБит/с (10BASE-T) или переключатели (switches) с быстродействием 100 МБит/с (100BASE-T)

TCP / IP

- Transmission Control Protocol / Internet Protocol
- Основоположники: Robert Kahn, Vinton Cerf (1972 – 1974)
- Основан на использовании IP-адресов вида: *a.b.c.d* (четыре числа от 0 до 255) для любого *хоста* (компьютера) в сети и *пакетов (packets)* фиксированного размера, содержащих адрес получателя
- Используется в Интернете
- Более общее современное название: Internet Protocol Suite (различаются более новая версия – IPv6 и более старая – IPv4)
- Другой вариант: UDP/IP (UDP – асинхронный транспортный протокол, обеспечивающий обмен *датаграммами* – байтовыми массивами переменной длины); менее надежный, но более быстрый
- Скорость TCP/IP не всегда удовлетворительна. Для оптимизации связи между узлами сети применяются *Distributed Hash Tables (DHT)* – *распределенные хеш-таблицы* и *Peer-to-Peer (P2P) Networks* – *одноранговые сети*. В них реализована своя система имен узлов сети и более быстрого их поиска, чем с использованием TCP/IP протоколов

Уровни протокола TCP/IP



Устойчивость сетей к ошибкам

- Обнаружение ошибок
- Реконфигурация

Обнаружение ошибок в сетях

- Обнаружение ошибок аппаратуры достаточно сложно.
- Для обнаружение ошибки связи может быть использован протокол “рукопожатия” (handshake).
- Предположим, что система А и система В установили связь. Через фиксированные интервалы времени системы должны обмениваться сообщениями типа “я в порядке” (*I-am-up*), указывающими, что они нормально функционируют.
- Если система А не получает сообщения через фиксированный интервал, то, по-видимому, (а) другая система не работает, или (b) данное сообщение потеряно.
- Система А теперь посылает сообщение вида: “Вы в порядке?” (*are-you-up?*) системе В.
- Если система А не получает ответа, она может повторить сообщение или попробовать альтернативный маршрут к системе В
- Метод обнаружения, работает ли хост *hostname*:

ping hostname (цпц: *ping A B C D*)

Обнаружение ошибок (прод.)

- Если система А не получает обязательного ответа от системы В, она заключает, что имеет место какая-либо ошибка.
- **Типы ошибок:**
 - Система В не работает
 - Непосредственная связь между А и В не работает
 - Альтернативная связь между А и В не работает
 - Сообщение потеряно
- Однако система А не может точно определить, почему произошла ошибка.

Реконфигурация

- Когда система А определяет, что произошла ошибка, она должна реконфигурировать систему:
 1. Если связь между А и В отказала, эта информация должна быть доведена до любой машины в сети.
 2. Если имеет место отказ машины, то любая другая машина должна быть также нотифицирована о том, что сервисы, обеспечиваемые отказавшей машиной, более не доступны.
- Когда связь или машина становятся доступны снова, данная информация должна также

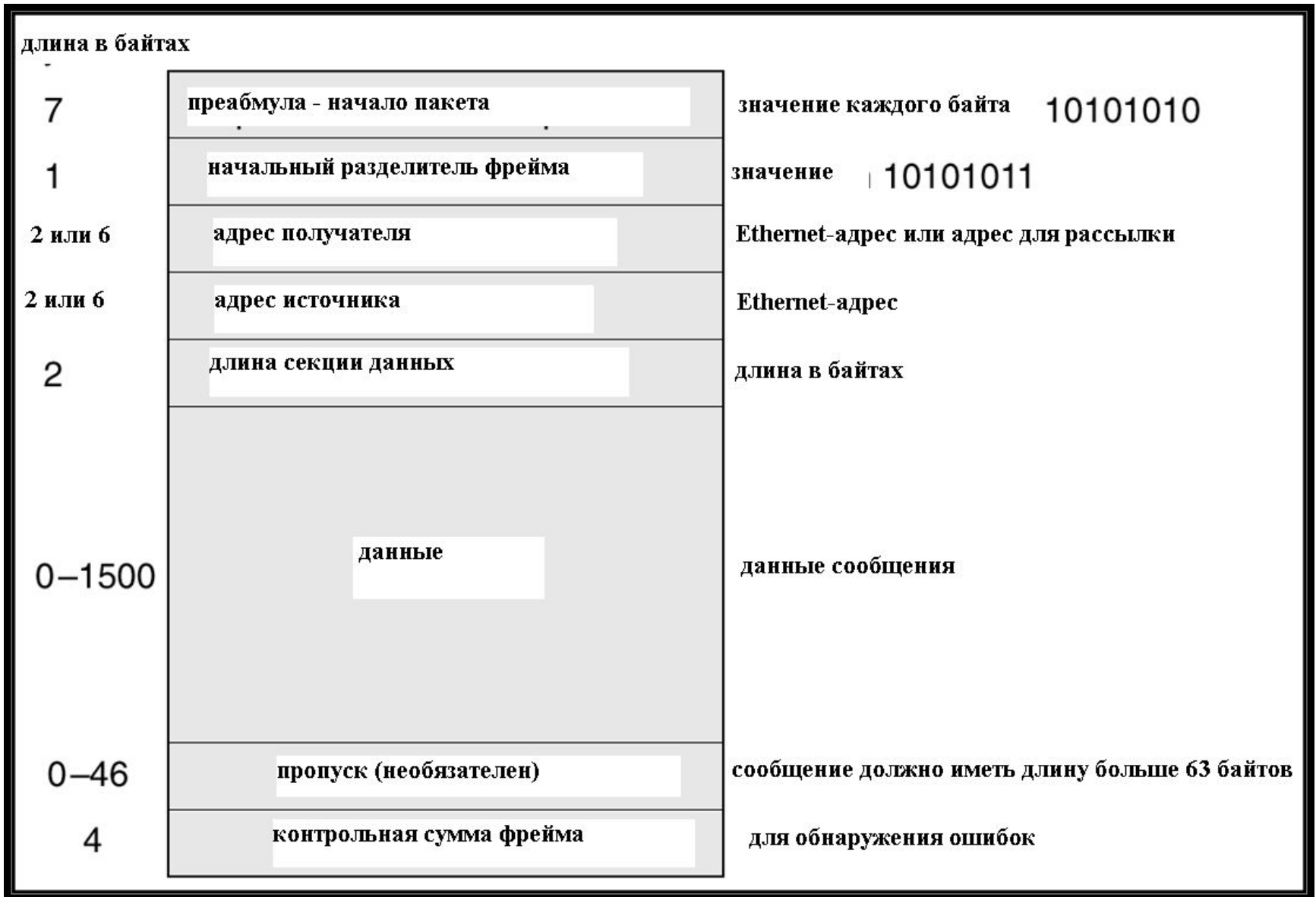
Задачи проектирования

- **Прозрачность** – распределенная система должна быть представлена пользователю как обычная централизованная система.
- **Устойчивость к ошибкам** – распределенная система должна продолжать функционировать в случае ошибок.
- **Масштабируемость** – по мере расширения запросов, система должна легко воспринимать добавление новых ресурсов с целью удовлетворения расширенных запросов.
- **Кластер** – совокупность полуавтономных машин, функционирующих как одна система.

Функционирование сети Ethernet

- Передача сетевых пакетов между машинами в сети Ethernet.
- Каждая машина имеет уникальный IP-адрес и соответствующий Ethernet- (MAC-) адрес.
- Для коммуникации требуются оба адреса.
- Domain Name Service (DNS) может быть использована для поиска IP-адресов.
- Address Resolution Protocol (ARP) используется для отображения MAC-адресов в IP-адреса.
- Если машины находятся в одной и той же локальной сети, то может использоваться ARP. Если машины в разных локальных сетях, то машина-отправитель посылает пакет *маршрутизатору (router)*, который маршрутизирует данный пакет до принимающей сети.

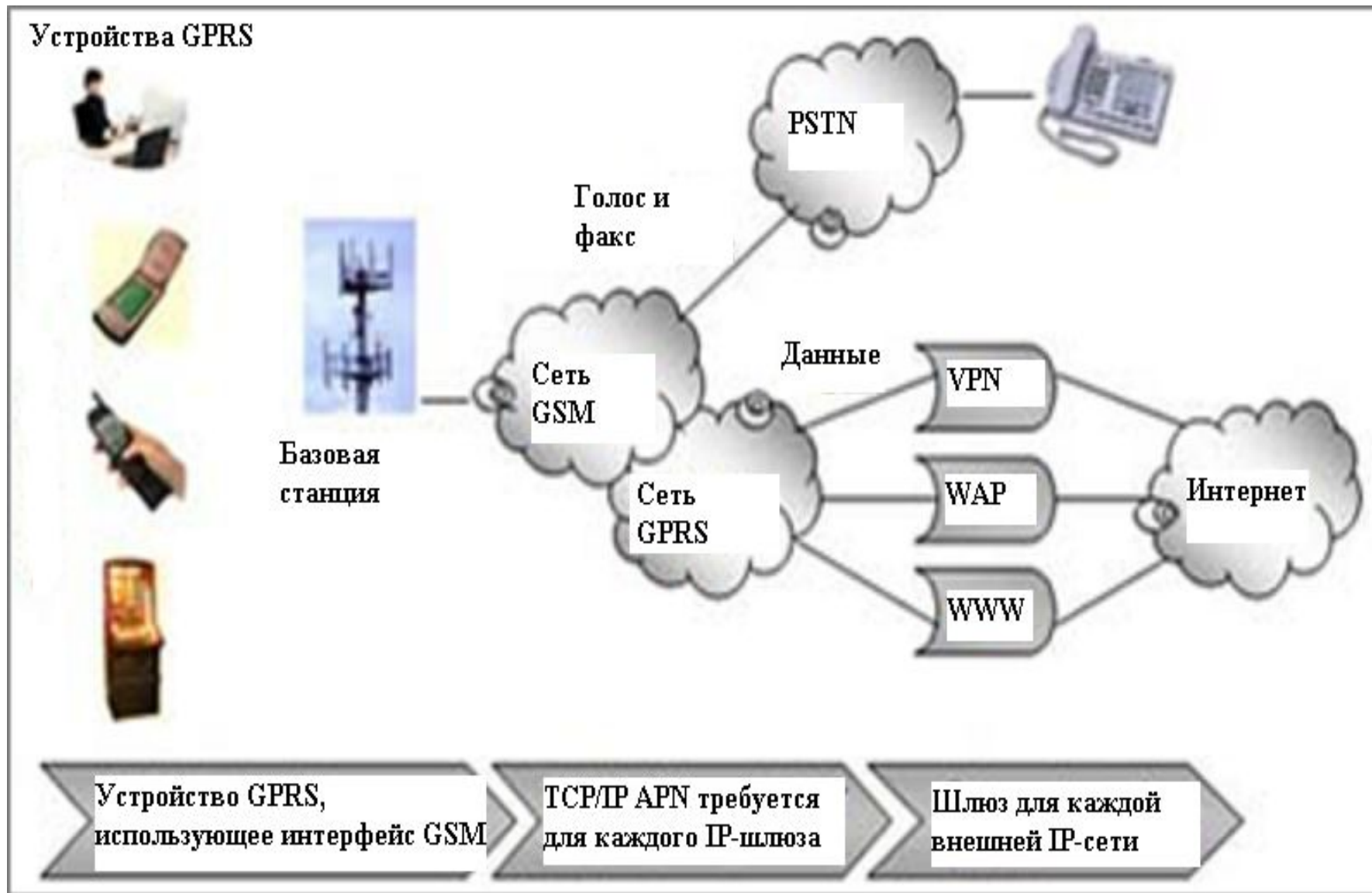
Структура пакета в Ethernet



GPRS (General Packet Radio Service)

- Протокол беспроводной радиосвязи уровня data link (уровня 2), широко используемый в мобильной связи (GSM). “Понимает” IP-пакеты
- Скорость ~ 60 КБит / с (сравнима со скоростью обычного модема и обмена через телефонную линию - dial-up)
- Используется для реализации SMS, MMS, Instant messaging and presence, WAP, мобильного Интернета
- В некоторых местностях и странах является фактически единственным способом организации связи для передачи данных и выхода в Интернет
- При использовании TCP/IP, GPRS-протокол присваивает каждому мобильному телефону один или несколько *IP-адресов* и обеспечивает надежную пересылку IP-пакетов. IP-адреса, как правило, присваиваются динамически
- Для маршрутизации пакетов используются *точки доступа* (access points) со своими Access Point Names (APNs). При настройке GPRS в мобильном телефоне необходимо указать APN, предоставляемую Вашим провайдером (например, МТС)
- При использовании телефона как GPRS-модема (для выхода в Интернет, приема электронной почты и т.д.) связь с компьютером осуществляется через Bluetooth или через инфракрасный порт (IrDA)
- Три уровня GPRS-протоколов
- **Не следует путать GPRS с GPS (глобальной системой спутниковой навигации), как иногда делают 😊**

GPRS: Схема работы



Wi-Fi (IEEE.802.11x)

- Семейство протоколов уровня data link (2) для беспроводной радиосвязи в локальных сетях (WLAN)
- Другое название - *RadioEthernet*
- Используется для выхода в Интернет, передачи голосовых сообщений через TCP/IP (VoIP), связи с мультимедийными устройствами (цифровыми камерами, проекторами и т.п.)
- Скорость: 11 МБит / с (802.11b), 54 МБит/с (802.11a, 802.11c)
- Wi-Fi связь доступна в радиусе действия *точки доступа* (access point) ~ 200-250 м. Зона доступа носит название *hotspot*. Типичная зона доступа – гостиница, аэропорт, вокзал, Интернет-кафе
- Wi-Fi – адаптеры встраиваются в портативные компьютеры, органайзеры (PDA), коммуникаторы
- **Преимущества:** при наличии access point, доступ возможен везде (даже на пляже 😊)
- **Недостатки:** Локальный характер связи; различие числа Wi-Fi каналов в Европе, Америке и Азии; недостаточная безопасность; на практике, недостаточная надежность при числе пользователей 1000 – 10000 и более; не безвредна для здоровья (ограничена в EU)
- *Wi-MAX* – более высокоскоростной вариант Wi-Fi (до 1 Gbit/s) с большим радиусом действия

Instant Messaging and Presence

(обмен мгновенными сообщениями)

- Семейство протоколов и технологий верхнего уровня (application layer) для обмена сообщениями между людьми, использующими мобильные телефоны, коммуникаторы, ноутбуки и перемещающимися из одной точки Земли в другую
- Использует адреса, сходные с email-адресами, например: node@domain/work – XMPP address
- Сообщения – как правило, текстовые, но становится возможным посылать и графические образы
- Основные понятия: *client* – пользователь сети; *presence* – информация о присутствии клиента на связи; *presentity* (*presence server*) – сервер сети, обеспечивающий регистрацию клиентов и выдачу информации о presence
- Основные протоколы: *SIMPLE / SIP; XMPP / Jabber, Wireless Village*
- Лаборатория Java-технологии выполнила работы для Panasonic Research по реализации Java API для мгновенных сообщений (JSR 164, 165, 186, 187) и тестовых комплексов для них (TCKs); 2003 – 2006