

# Методы коммутации

# Коммутация — необходимая операция систем связи

Коммутация – переключение (замыкание/ размыкание) различных участков линий связи

Коммутация - необходимая и важнейшая операция телекоммуникационных систем

- Динамическая (Пользователь, на время сеанса - мин)
- Постоянная (Оператор связи - выделенная линия, месяцы)

## Динамическая

- Устанавливает пользователь
- Только на время сеанса
- Соединение с любым абонентом
- Длительность соединения (от секунд до нескольких часов)
- TCOIP. TCP/IP

## Постоянная

- Устанавливает оператор
- Заказ на длительный срок
- Между конкретной парой абонентов
- Длительность соединения - месяцы
- "Выделенная (Dedicated) линия"
- SDH (СЦИ),

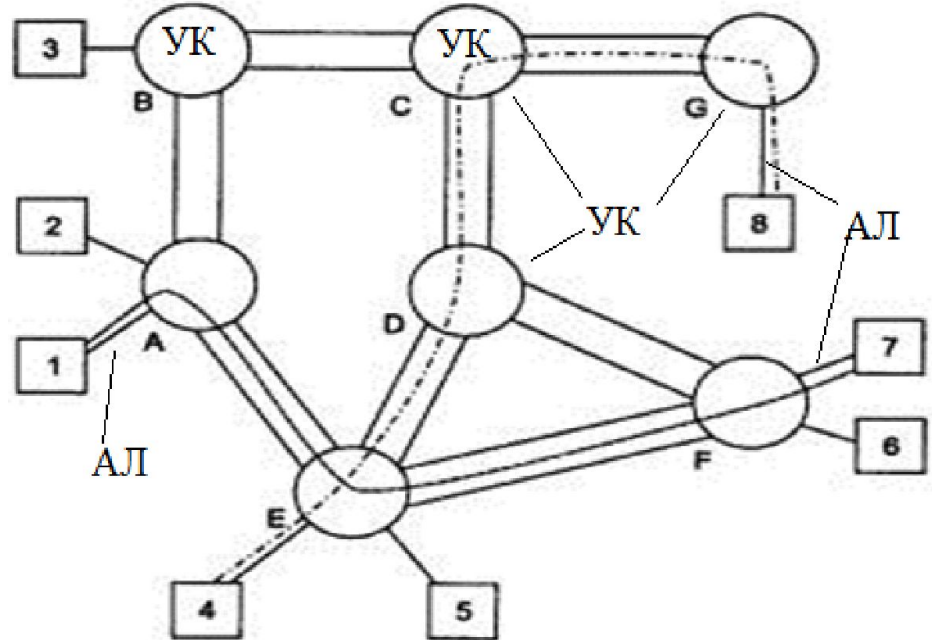
## Задачи коммутации:

- Определение информационных потоков, требующих маршрутизации
- Маршрутизация потоков
- Продвижение потоков (распознавание и локальная коммутация на УК)
- Мультиплексирование (MUX) и демуплексирование (DMUX) потоков

Режим переноса (передача, MUX, коммутация)

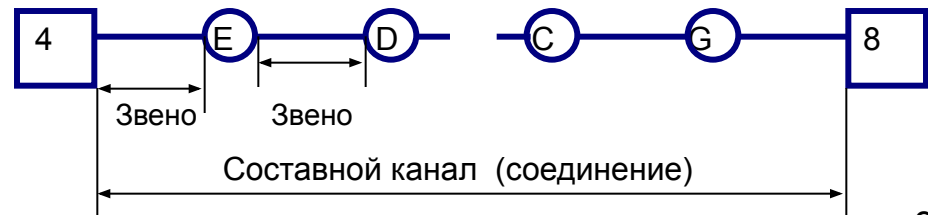
# Структура сети с коммутацией абонентов

- Неполносвязная топология
- Адресация
- Транзитные узлы коммутации (УК)
- Линии связи (ЛС):  
Индивидуальные абонентские (АЛ)  
Совместно используемые  
ЛС может включать N каналов
- Маршрут (таблицы)



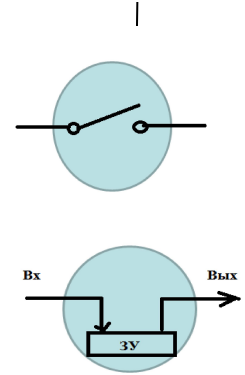
## • Соединение двух абонентов

- Составной канал
- Звено передачи
- Звенья передачи могут быть разной физической природы
- Пример: TP-ВОК-TP-RF

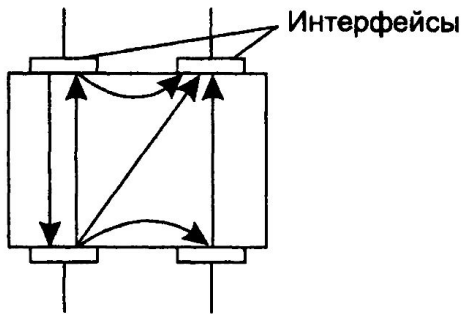


# Коммутация

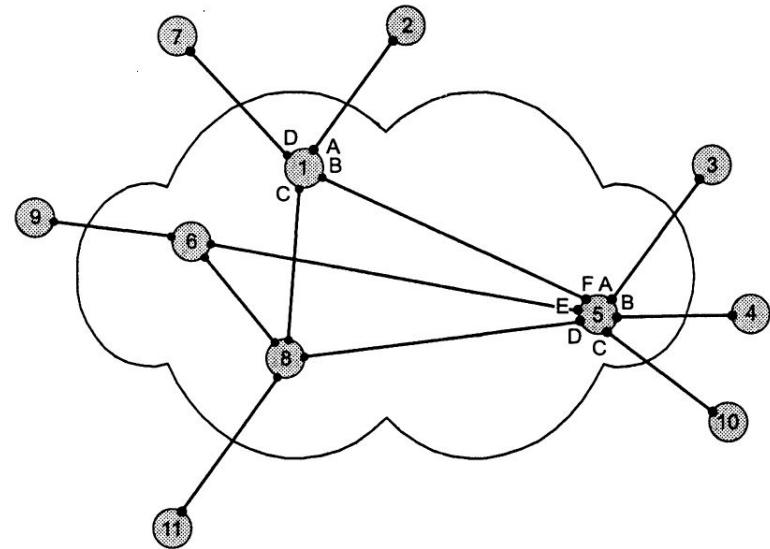
- Непосредственная. Вх и Вых. скорости должны совпадать
- Косвенная через общее ЗУ. Вх и вых. скорости могут не совпадать  
Позволяет организовать КП



**Коммутатор** В компьютерной сети - обычно, специализированное устройство (коммутатор, маршрутизатор)



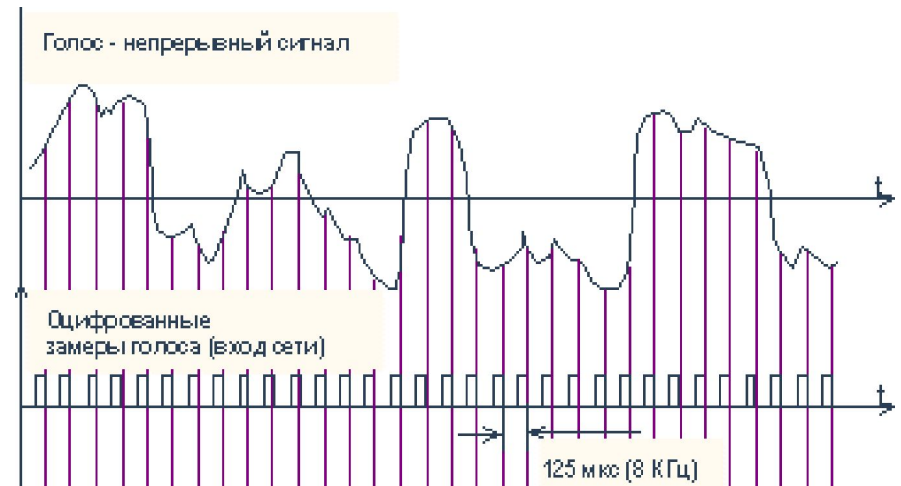
Несколько интерфейсов  
Таблицы коммутации (маршрутизации)  
Обязательный признак - адрес  
MUX и DMUX



Коммутационная сеть

# Типы трафика и методы коммутации

- Телефонные/Радио/ТВ сети  
Равномерный поток данных  
(data stream)  
**Регулярный трафик**  
**Коммутация каналов**

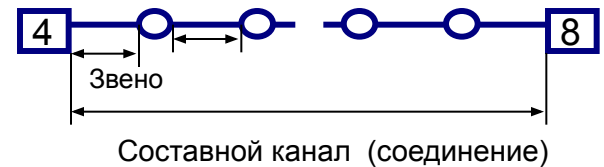


- Компьютерные сети  
Неравномерный поток данных  
(data flow)  
**Нерегулярный трафик**  
**Коммутация пакетов**



# Коммутация каналов (КК)

- **КК - образование непрерывного составного физического канала из последовательно соединенных отдельных канальных участков (звеньев).**
- **Канал – Физическая среда + КОА (F (Гц) или N б/сек)**  
Пример - слайд 3 (ТСОП)  
Все ЛС с одинаковой пропускной способностью  
Абонент – ТУ: - постоянная скорость передачи (заполнитель - “пустые данные”)
- **Коммутаторы каналов (БЗУ – не нужны)**
- **Фаза установления соединения** Запрос – таблицы - резервирование ресурсов (возможен отказ!)
- **Гарантированная пропускная способность**
- **Уплотнение каналов (мультиплексирование) FDM и TDM**



Магистральные (совместно используемые) линии

# Сигнализация (signaling)

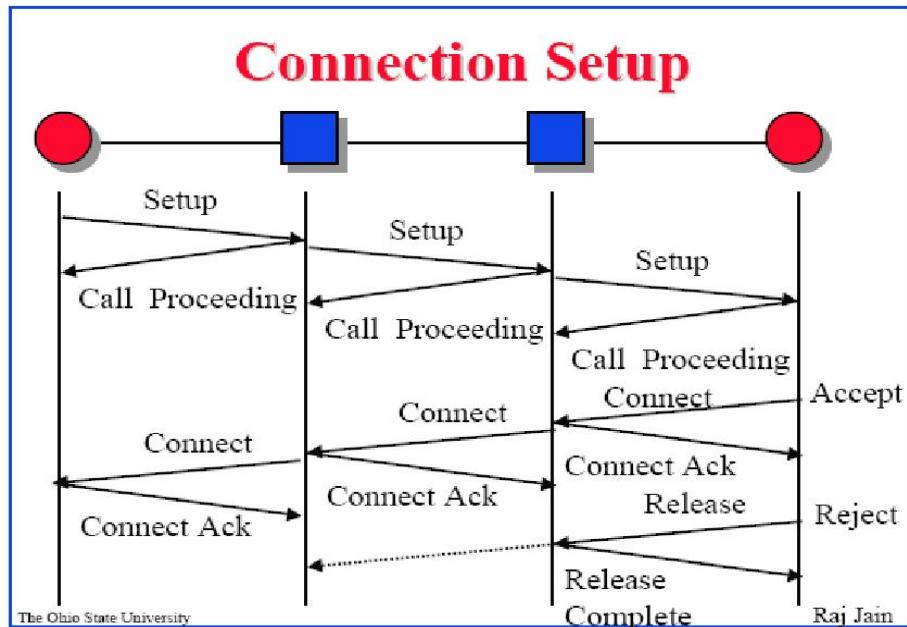
**Сигнализация** - совокупность сигналов и протоколов для передачи служебной информации между узлами сети (установление/сброс соединения, QoS и пр.)

*В телефонии: Снятие трубки – гудок - набор номера - короткие или длинные гудки...*

**Внутриполосная (in-band)** — использование для передачи сигналов управления того же канала (той же полосы частот), что и для передачи основной информации.

**Внеполосная (Out-of-band)** — использование для передачи сигналов управления дополнительного, внешнего канала или другой полосы частот.

Стандартные системы сигнализации : SS7, OKC 7, R2 и др.



## QoS и классы трафика

Constant Bit Rate	(CBR)
Variable Bit Rate	(VBR)
Available Bit Rate	(ABR)
Unspecified Bit Rate	(UBR)

Сообщения 'Setup' включают Call Id, SrcAddr, DstAddr, Traff, QoS

# Мультиплексирование в сетях с КК

**мультиплекси́рование** (multiplexing, muxing) — уплотнение канала, т. е. передача нескольких потоков (каналов) данных с меньшей скоростью (пропускной способностью) по одному каналу.

Мультиплексирование в сетях КК :

Возможен отказ (занято)

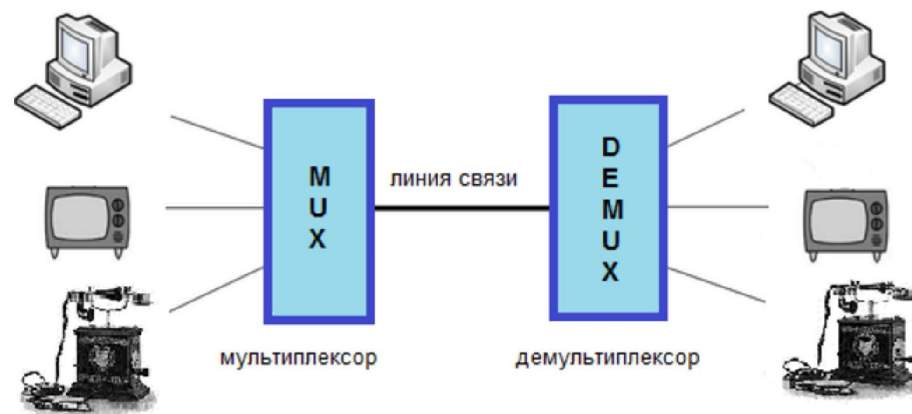
Вероятность отказа –  $F$ (число каналов)

Многоканальные ЛС =  $N$  подканалов

Цифровые каналы (тлф) - 64 Кбит/сек

Аналоговые каналы (тлф) – 4 КГц

Разбиение на подканалы – стандарт!



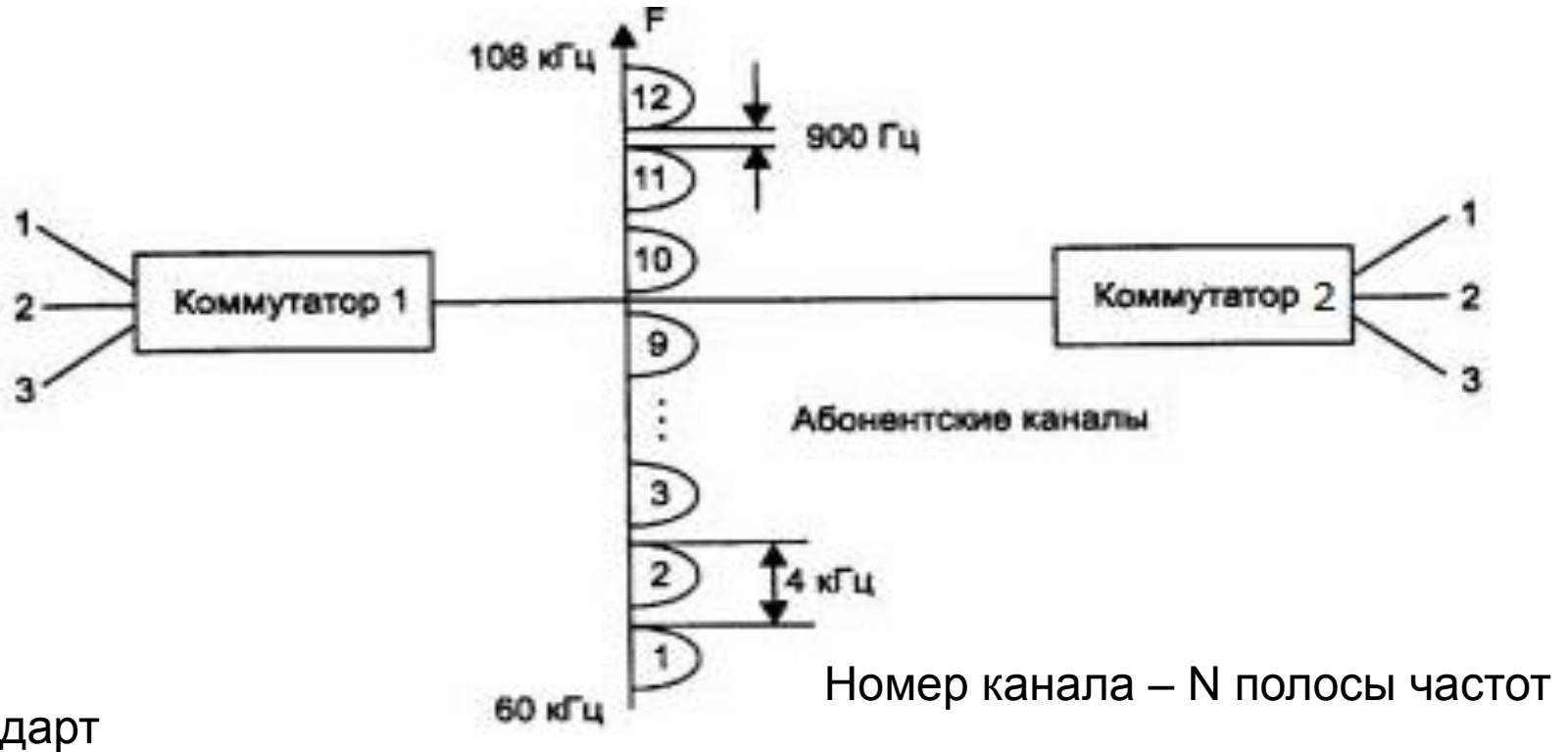
Основные методы мультиплексирования:

- Частотное (FDM, Frequency Division Multiplexing) ТСОП, KTV
- Временное (TDM, Time Division Multiplexing) PDH, SDH, PON.
- Волновое (WDM, Wavelength Division Multiplexing) PDH, TV, ТЛФ на ВОК



# Частотное мультиплексирование

Frequency Division Multiplexing (FDM)



1 - Базовая группа 12 каналов (60-108 кГц)

2 – Супергруппа  $5 \times 12 = 60$  каналов (312-552 кГц)

3 – Главная группа 600 каналов (564-3084 кГц)

ТСОП, КТВ и др. FDM вносит помехи. WDM, DenseWDM (195-350 ТГц)

# Мультиплексирование с разделением во времени

## Time Division Multiplexing - TDM



Временной канал,

ИКМ 30/32 - Канал E1 – 2,048Мбит/с, Дробный канал E1/N1

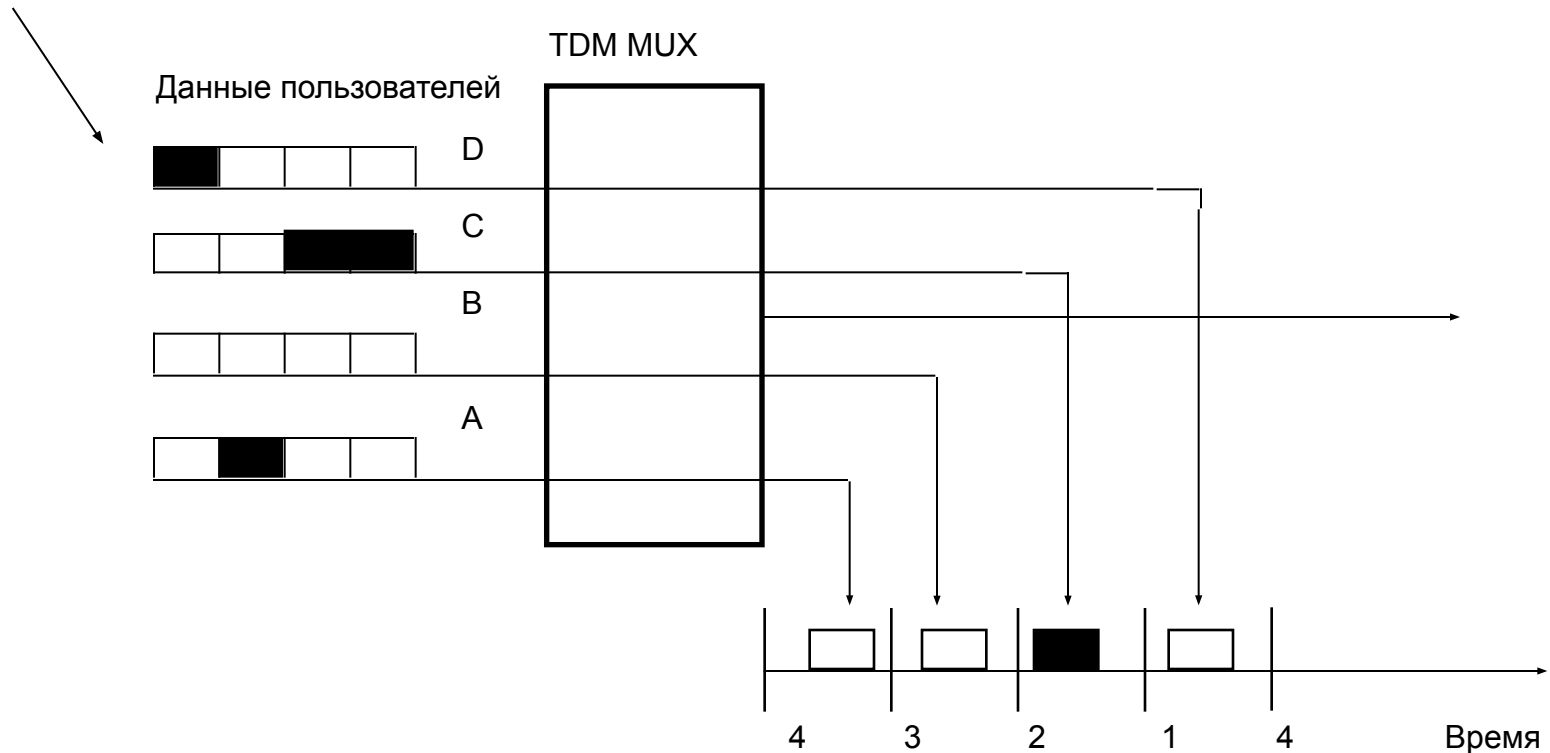
ИКМ 23/24 - Канал T1 – 1,544Мбит/с

# Временное мультиплексирование

## Time Division Multiplexing (TDM)

Эффективно для изохронного трафика

Не эффективно для нерегулярного трафика



Id канала - N тайм-слота

PDH, SDH

ИКМ 30/32 - 2.048 Мбит/с - E1

ИКМ 23/24 - T1

# Задержки и пропускная способность в сетях с КК

$$T_{кк} = t_{yc} + t_{зр} + t_{зп}$$

$$t_{yc} \sim 2 t_{зр}$$

$$t_{зр} = L(\text{м})/0.8C(\text{м/сек})$$

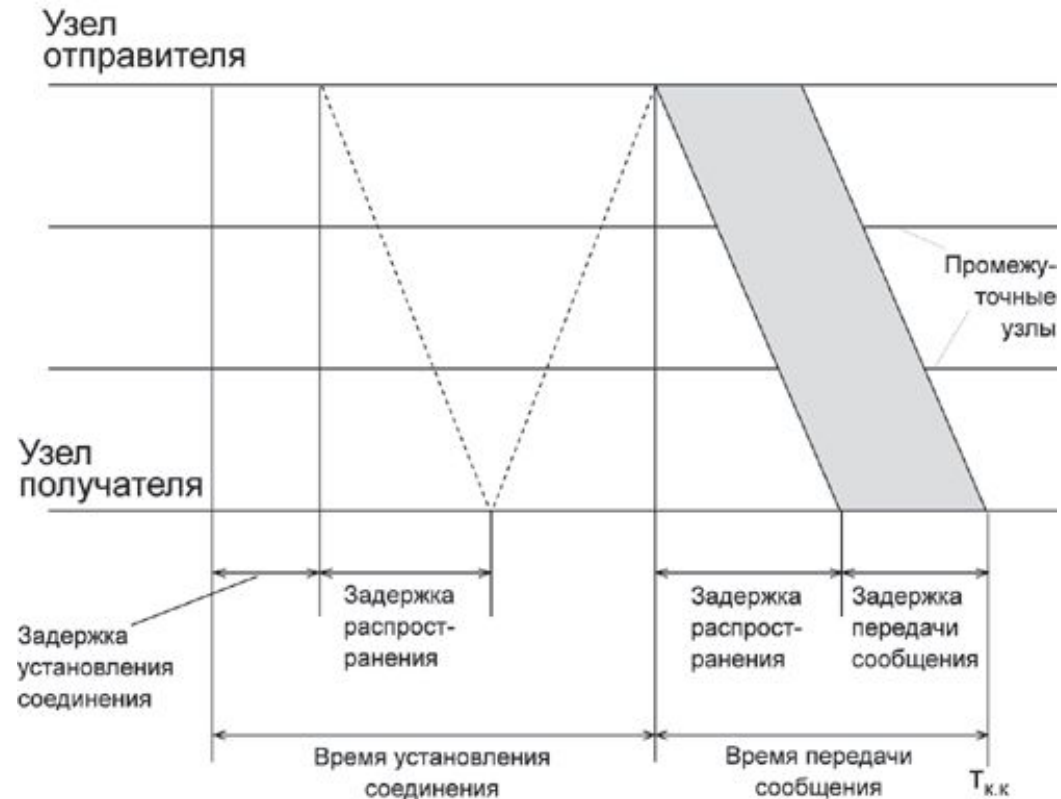
$$t_{зп} = V(\text{бит})/B(\text{бит/сек})$$

L – дальность (длина) канала

C – скорость света

V – длина сообщения

B – скорость передачи



Пропускная способность – фиксирована

Наличие коммутаторов (КК) почти не влияет на задержку

# Симплекс, дуплекс, полудуплекс

Способы связи, реализуемые приемопередатчиками и протоколами

- Симплексный – передача только в одном направлении
- Дуплексный – передача одновременно в двух направлениях
- Полудуплексный – передача в обоих направлениях, попеременно во времени.

При наличии одного физического канала дуплексный режим организуется разделением канала на два логических подканала

Дуплекс: FDM:  $f_1, f_2$  A $\rightarrow$ B             $f_3, f_4$  B $\rightarrow$ A  
TDM: четный слот A $\rightarrow$ B, нечетный слот B $\rightarrow$ A  
WDM:  $\lambda_1$  A $\rightarrow$ B ,             $\lambda_2$  B $\rightarrow$ A

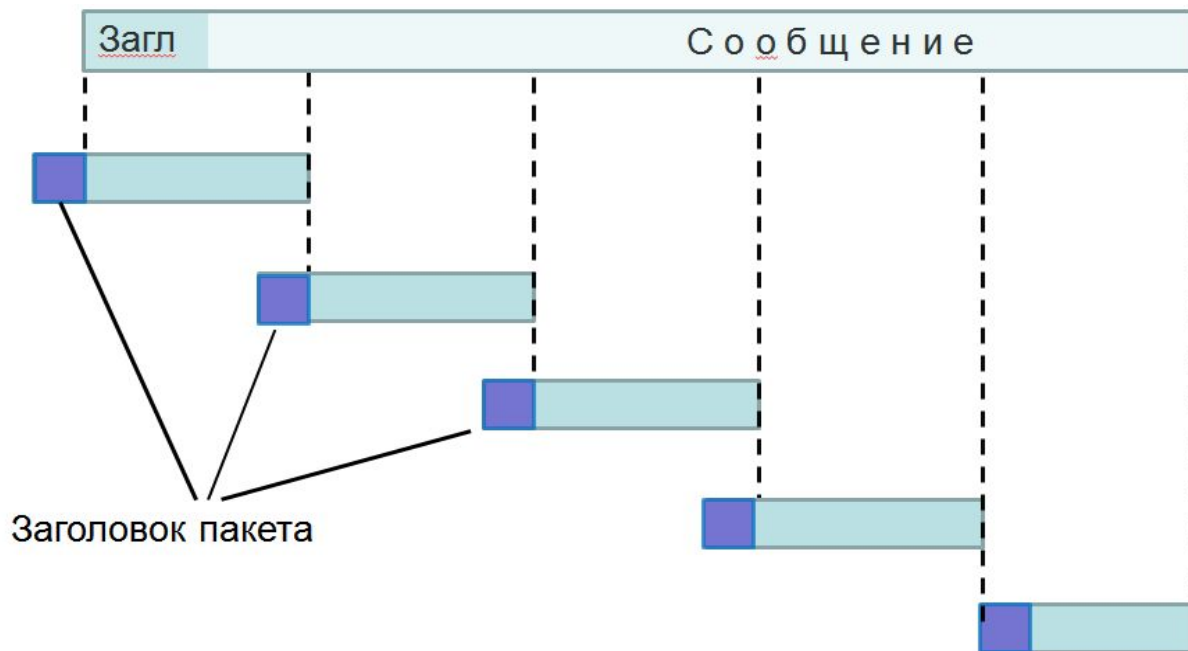
# Особенности сетей КК

- Процедура установление соединения
- Адрес - только на этапе установления соединения
- Возможен отказ в соединении
- Неизменный маршрут
- Фиксированная пропускная способность
- Малая, фиксированная задержка
- Сохраняется порядок следования данных
- Вся аппаратура – одна скорость.
- Возможны режимы: симплекс, дуплекс, полудуплекс
- КК эффективна при регулярном трафике, для трафика данных - низкая эффективность

# Коммутация пакетов

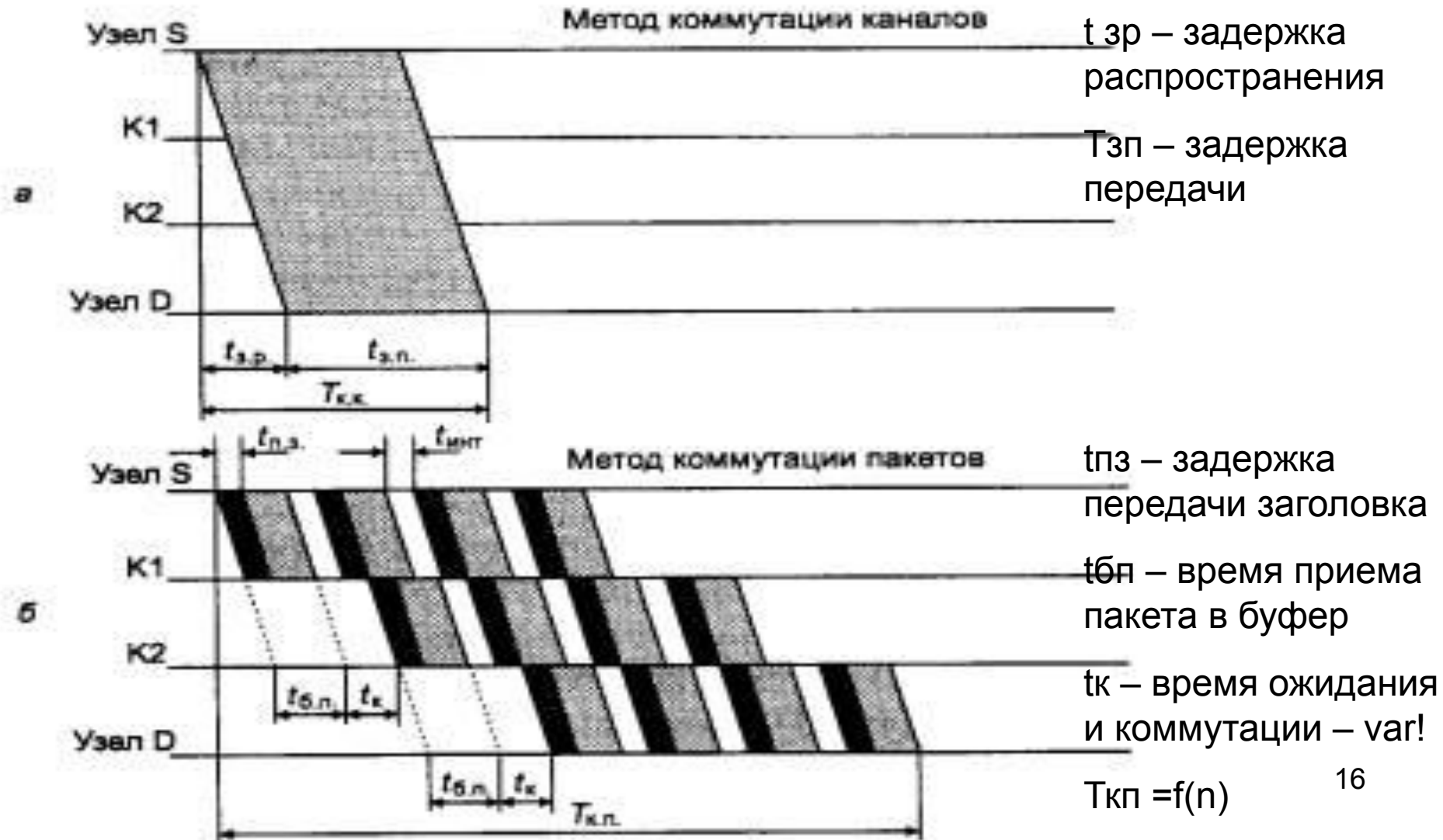
Цель – эффективная передача данных (Пульсирующий трафик)

- Сообщение → пакеты
- Заголовок пакета (адрес, сервис, приоритет и т.п.)
- Независимая маршрутизация и транспортировка каждого пакета (по заголовку) – дейтаграммный режим
- Коммутаторы пакетов БЗУ (Вх. и Вых.), возможны разные скорости интерфейсов.



- Задержки в источнике и в промежуточных устройствах

# Задержки и пропускная способность в сетях с КП





# Особенности сетей КП

- Возможна передача без установления соединения
- Независимая маршрутизация пакетов (адрес в каждом пакете)
- Возможно нарушение порядка приема пакетов
- Сеть всегда готова принять данные от абонента
- БЗУ в коммутаторах (возможно переполнение)
- Возможна задержка пакетов - пропускная способность сети и **задержка передачи не предсказуемы**
- Возможны режимы: симплекс (редко), дуплекс, полудуплекс
- Сети КП эффективны для пульсирующего трафика
- Размер пакета влияет на эффективность

# Виртуальные каналы в сетях КП

- virtual circuit, virtual channel
- Виртуальные каналы – м.б. динамические, статические.
- Создание виртуального канала – запрос (пакет) – маршрутизация - запоминание маршрута.
- Запрос может нести требования к пропускной способности, задержке и др.
- Адрес только в пакете-запросе, остальные пакеты имеют метки (нет маршрутизации)

# Методы продвижения пакетов

## **С ориентацией на соединение** (Connection oriented mode)

- Передача с установлением логического соединения (Id, состояние соединения, фаза установления соединения, гарантия качества)
- Передача с установлением виртуального канала (virtual circuit, channel) (маршрут, метки/адреса, фаза установления соединения, QoS)
- Требуется сигнализация

## **Без ориентации на соединение** (Connectionless mode)

- Дейтаграммный режим. Дейтаграмма – независимая единица передачи. Коммутация только по адресу.

Компьютерные сети – разные режимы передачи (IP, TCP, ATM)

# Выводы

- Основные методы коммутации в сетях – коммутация каналов (КК) и коммутация пакетов (КП).
- И КК и КП может быть либо динамической, либо постоянной
- В сетях КК каналы м.б. как аналоговыми, так и цифровыми. По запросу абонента в сетях КК формируется составной канал
- Для уплотнения каналов используется частотное, временное и волновое мультиплексирование. FDM - для аналоговых сигналов, TDM и WDM для цифровых сигналов.
- Сети КК эффективны для мультимедийных регулярных потоков.
- Сети КП эффективны для пульсирующего компьютерного трафика.
- Сети КП могут работать: - в режиме дейтаграмм,  
- в режиме логических соединений  
- в режиме виртуальных каналов.
- При коммутации должны учитываться требования QoS

# **Иерархическая организация связи**

# Решение сложных задач

## Декомпозиция:

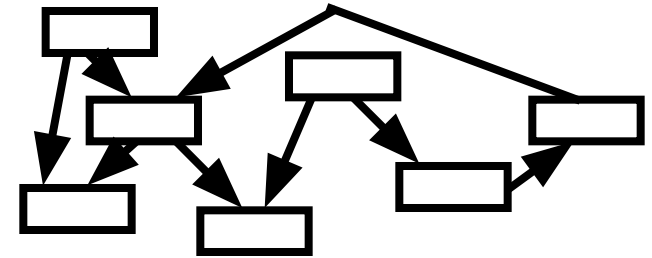
- **Общий подход**

Разбиение на более простые подзадачи

Четкое определение функций

Входные и выходные интерфейсы

Координация



- **Иерархический подход**

Строгая последовательность

Связь только со смежным уровнем



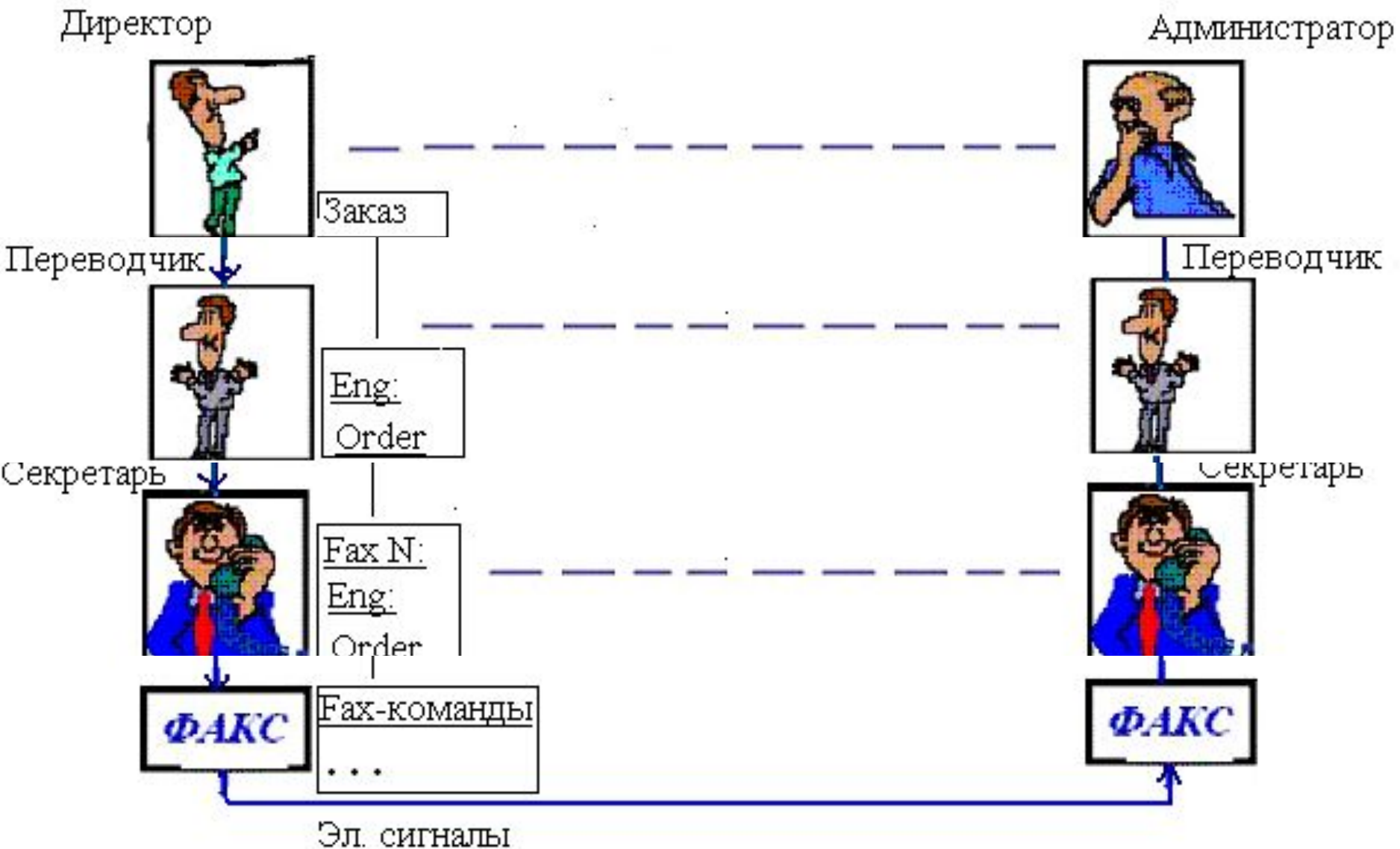
# Специфика систем связи:

- Взаимодействие 2х и более абонентов
- Территориальная распределенность
- Децентрализованное управление
- Разнотипное оборудование
- Наличие промежуточных устройств

Необходимо большое число согласований □ (стандартизация)

- **Разработка идеологической концепции**  
(Многоуровневый подход к стандартизации)
- **Универсальные правила взаимодействия ЭВМ**  
(Принцип открытых систем - систем, построенных в соответствии с открытыми общепринятыми спецификациями)
- **Эталонная модель ВОС/МОС, ЭМВОС, ISO/OSI**  
7-уровневая система стандартов

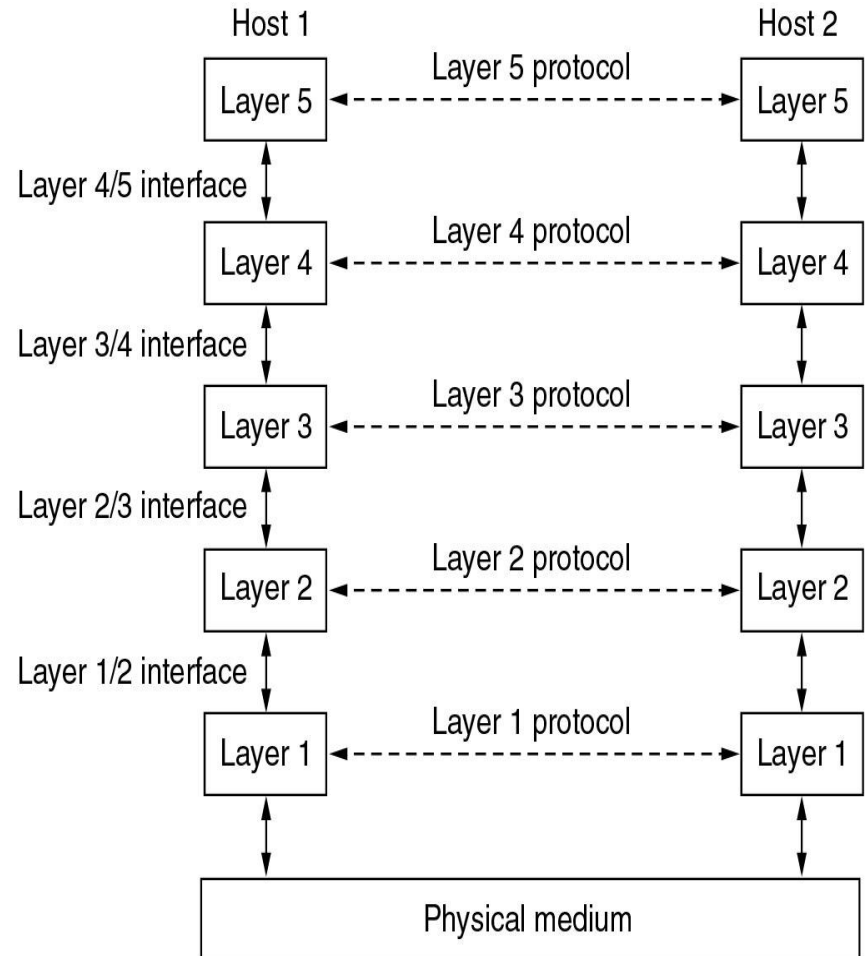
# Бронирование отеля в Бразилии



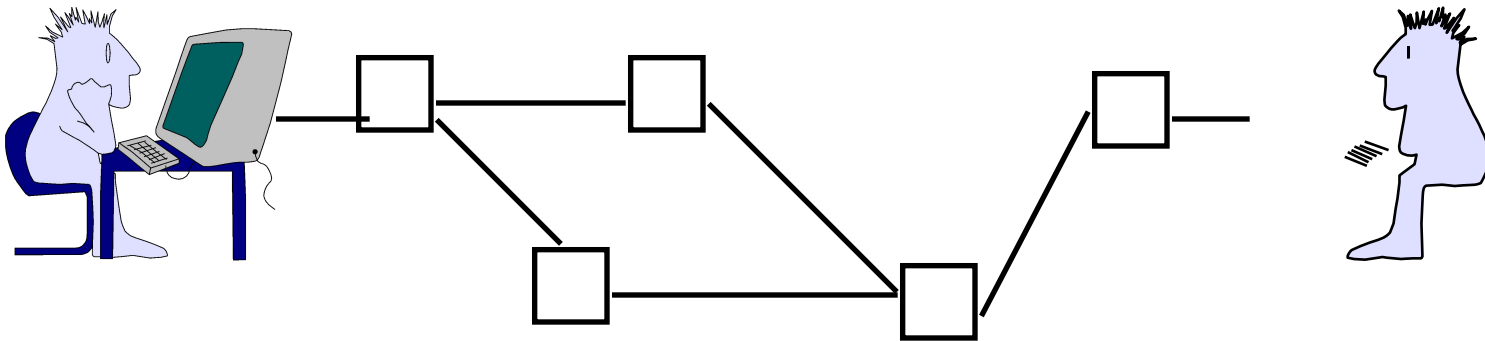
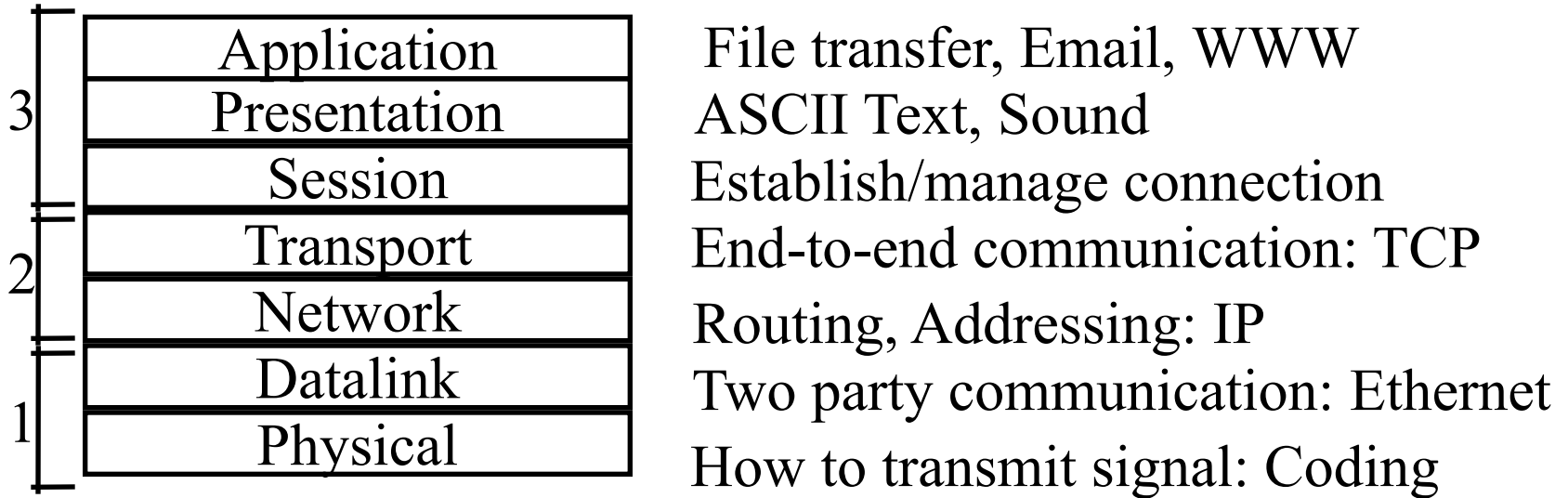


# Уровни и протоколы

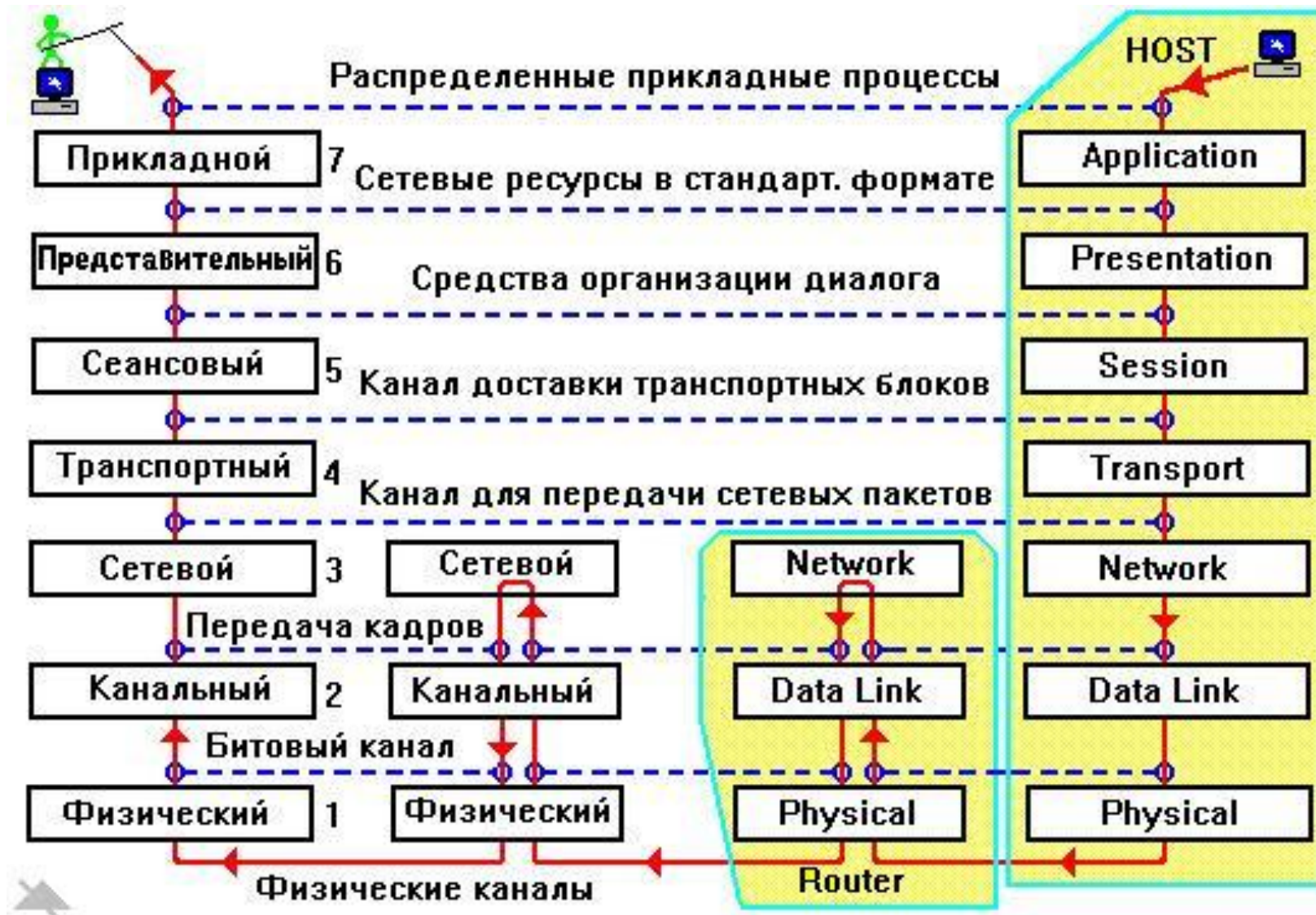
- **Функциональные уровни**
- **Правила взаимодействия уровней - протоколы**
- **Правила взаимодействия смежных уровней - (межуровневый) интерфейс**



# ISO/OSI Reference Model



# Эталонная модель взаимодействия открытых систем (ISO/OSI)



# Физический уровень

- Во всех устройствах сети
- Физическая среда, дальность, скорость, кодирование, уровни сигналов, разъемы
- Аппаратная реализация (сетевые адаптеры)

10 BaseT - UTP кат 3, 100 ом, 100м,  
10Мбит/с, Манчестерский код, RJ-45

# Канальный уровень

- Управление доступом к среде (MAC)
- Обработка ошибок (Кадры, контрольная сумма, повторная передача)
- Адресация
- Управление потоком

Хосты, мосты, коммутаторы, маршрутизаторы

Хост : Сетевые карты + драйверы

LAN: Ethernet, Token Ring, FDDI (типовые топологии)

WAN: “точка-точка”, PPP, LAP-B

# Сетевой уровень

Для работы составных сетей. Компоненты составных сетей – локальные и глобальные сети. Внутренняя структура сети (подсети) не важна. Термин “сеть” на сетевом уровне имеет специфическое значение. Обычно “Сеть” - типовая топология, стандартный канальный протокол, один администратор

Внутри сети – канальный уровень

Между сетями – сетевой уровень

- Маршрутизация,
- Согласование технологий
- Адресация (“сеть” – хосты с единым номером сети)
- Программный модуль ОС, ПО маршрутизатора

IP, IPX

# Транспортный уровень

- Протоколы END-to-END
- Качество передачи  
(достоверность, очередность)
- Управление передачей
- Мультиплексирование
- ПО хоста

TCP, UDP, SPX

# Сеансовый уровень

- Управление диалогом
- Установление/разъединение соединения
- Синхронизация (точки отката)
- ПО хоста

Обычно совмещается с транспортным или прикладным уровнем



# Представительский уровень

- Унификация формы представления информации
- Шифрация

SSL

Обычно совмещается с прикладным уровнем

# Прикладной уровень

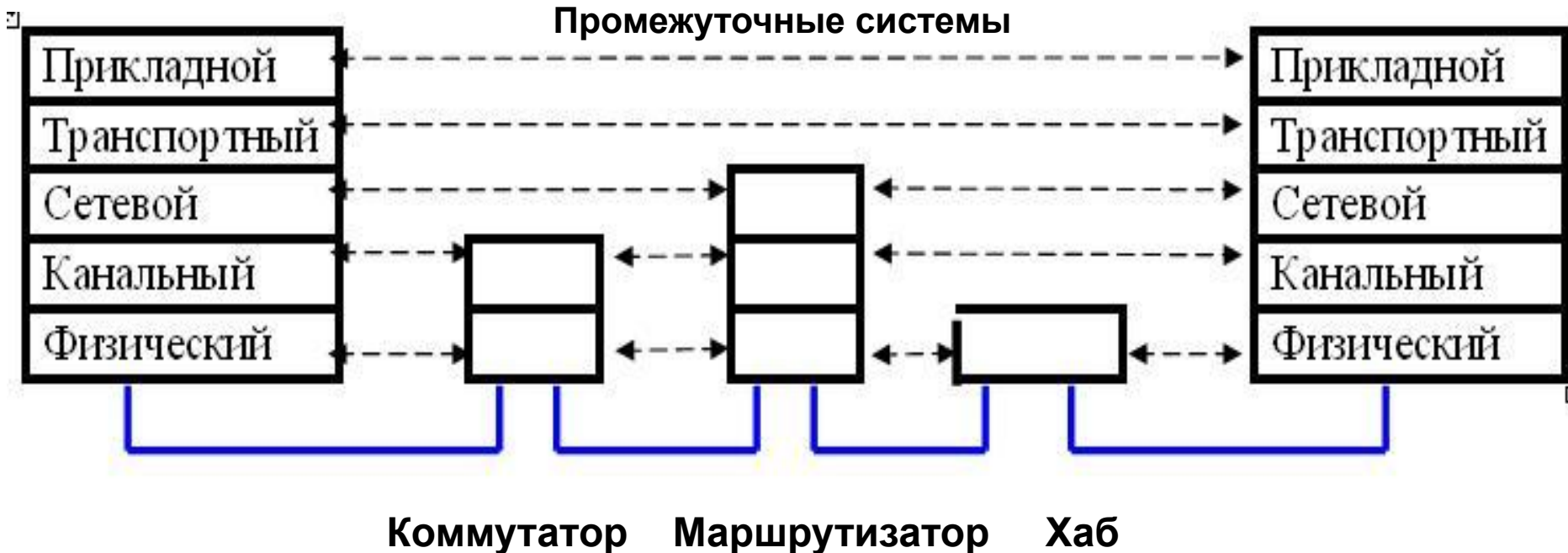
- Доступ к распределенным ресурсам
- Большое число протоколов
- Модель “клиент-сервер”
- HTTP, FTP, NFS, SMTP, Telnet...
- Служебные протоколы DNS, LDAP ...

# Модель взаимодействия двух узлов ( Промежуточные системы )

Конечная система

Конечная система

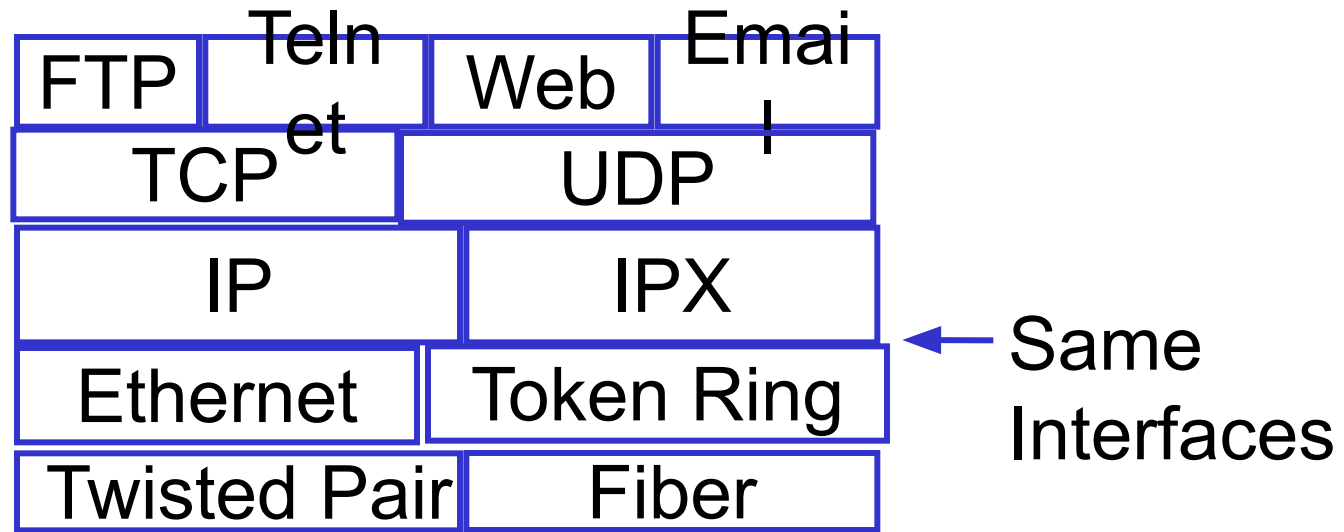
Промежуточные системы



# Эталонная модель ISO/OSI

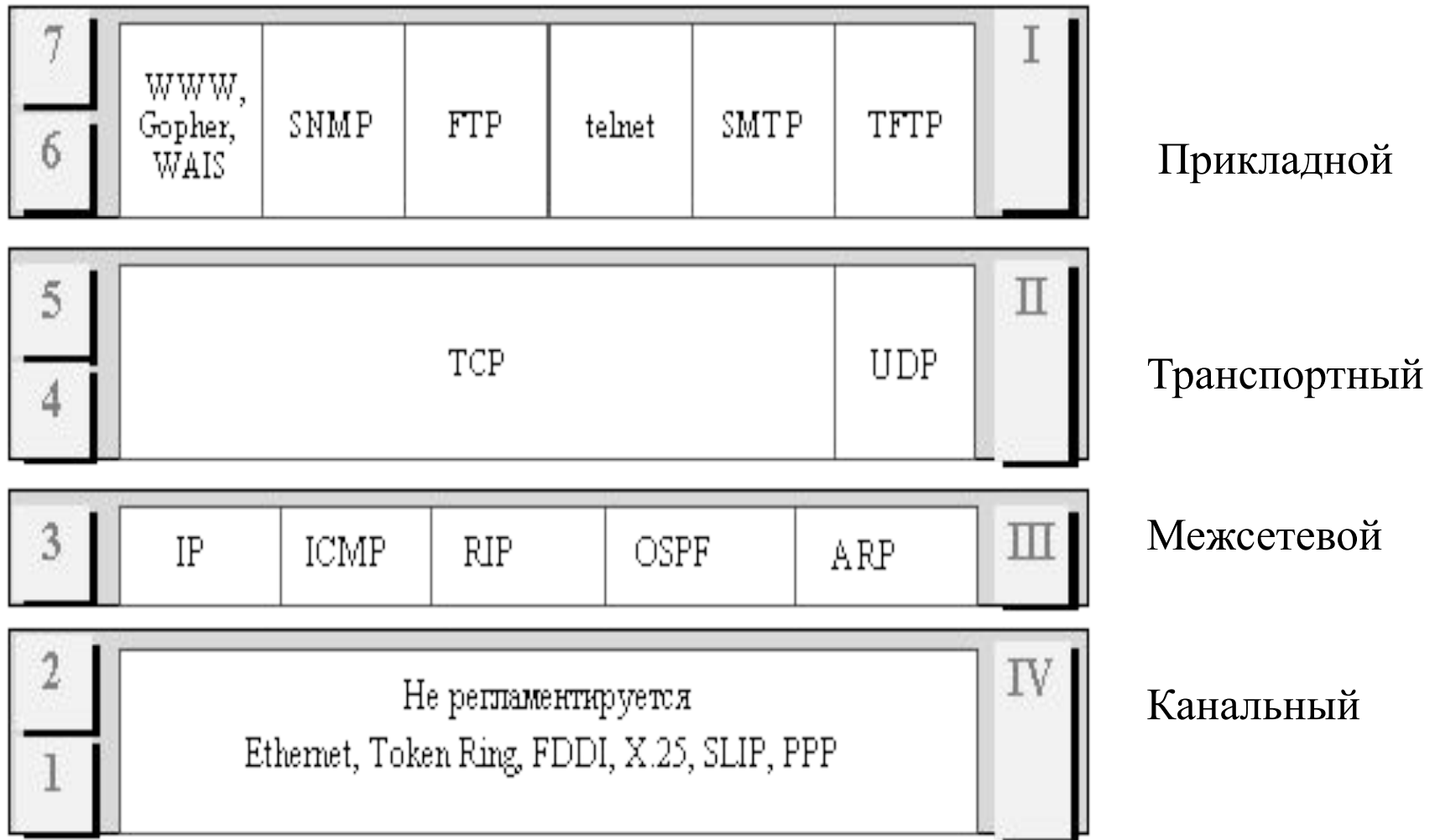
- Единый перечень понятий
- Единый способ расщепления функций
- Единые правила – совместимость
- Независимость модулей – модификация
- Сетезависимые и сетезависимые уровни
- Протоколы транспортного уровня и выше работают на конечных узлах
- Протоколы сетевого уровня определяют тип сети (например, IP-сети) и работают на всех узлах сети

# Layering



- Protocols@each layer perform a set of functions
- All alternatives for a row have the same interfaces
- Choice of protocols at each layer is independent of those of at other layers.
- May not be the most efficient implementation<sup>37</sup>

# Модель протоколов TCP/IP



Уровни  
модели  
OSI

Уровни  
стека  
TCP/IP

# Сравнение моделей

## ISO/OSI

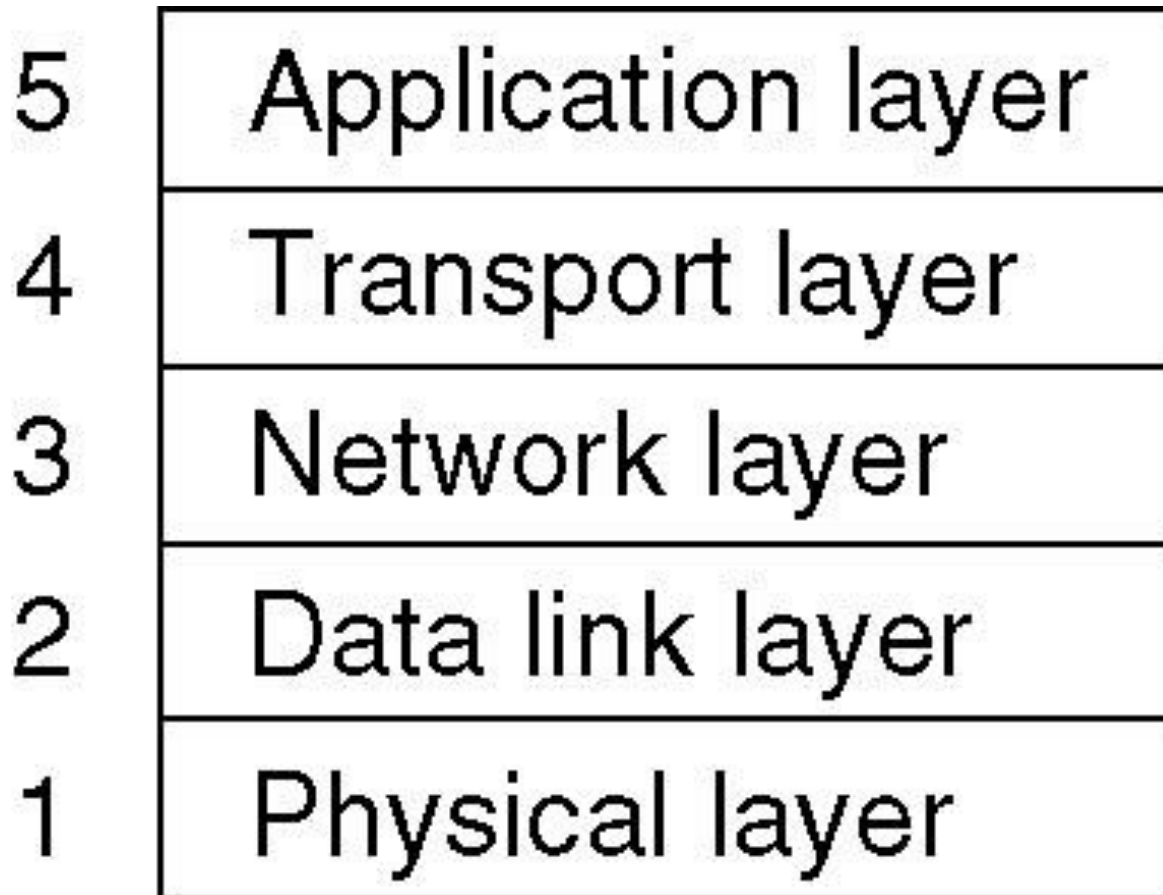
- Модель → протоколы (универсальность)
- Интерфейсы, протоколы службы - явно разделены
- Модель полезна, протоколы ?
- Сложная модель
- Менталитет связи

## TCP/IP

- Протоколы → модель (эффективность)
- Понятия смешаны
- Протоколы полезны, модель ?
- Простая модель
- Менталитет ВТ

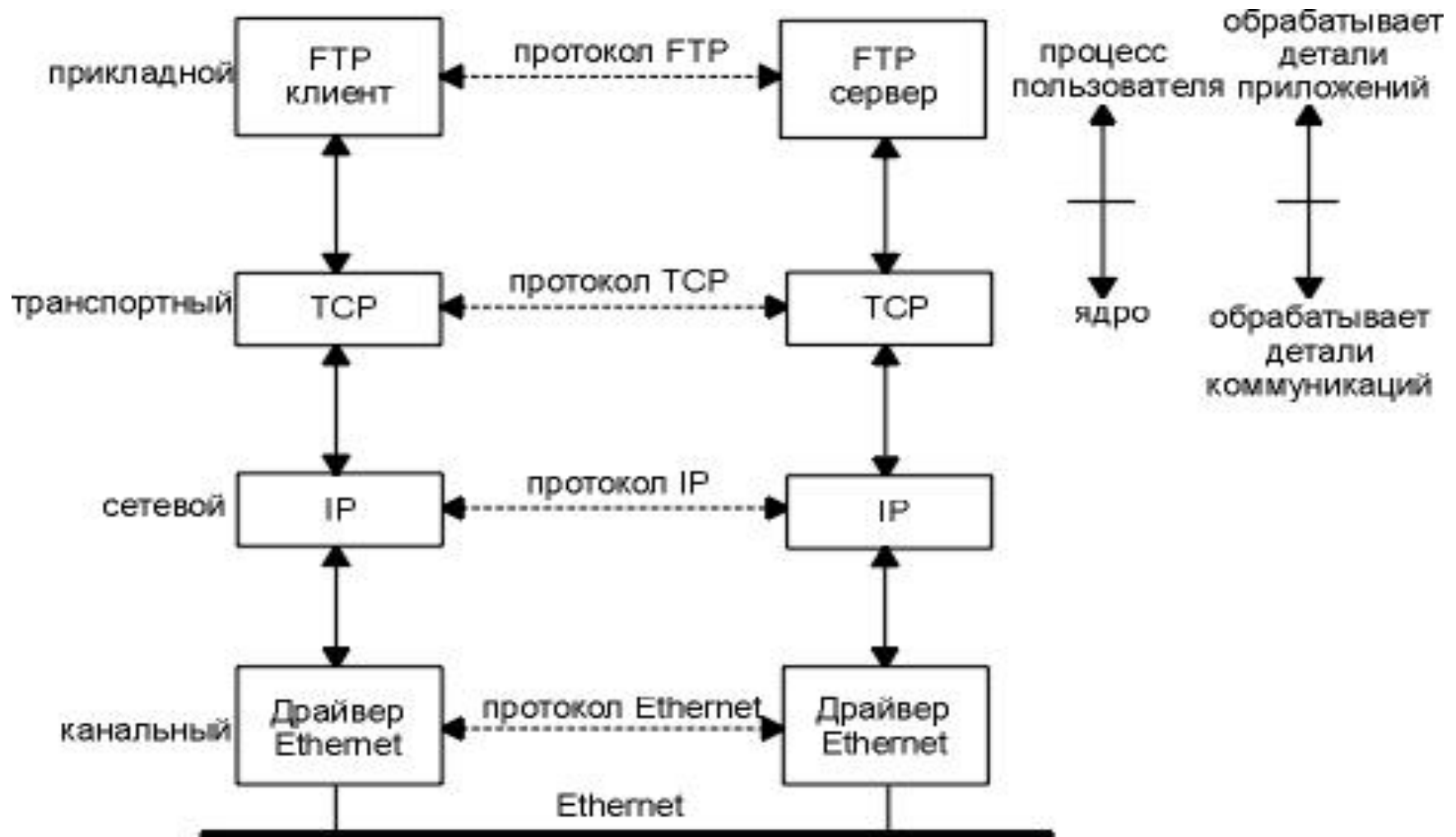
Безопасность, управление сетями не представлены в моделях

# Гибридная модель

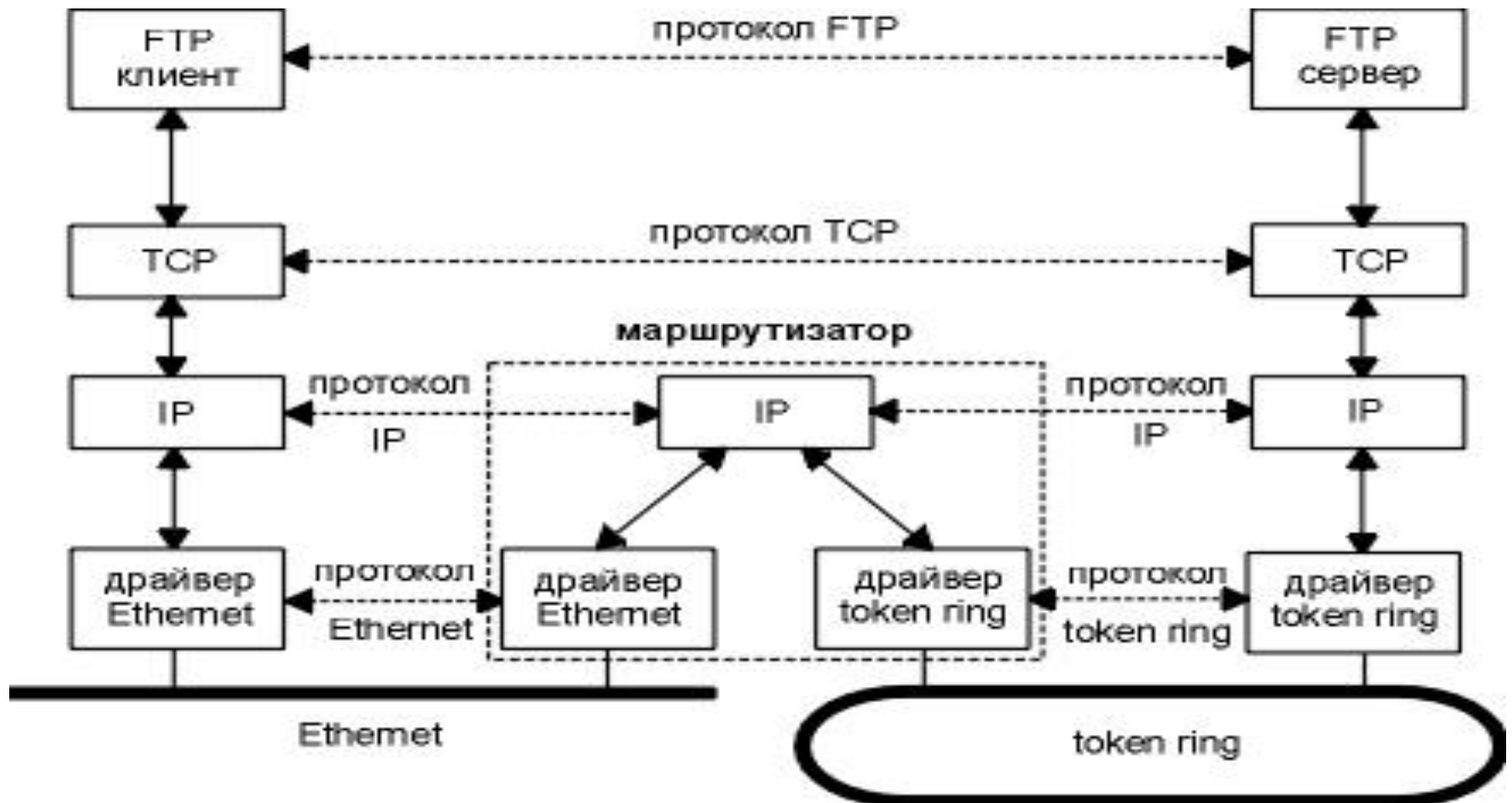




# Взаимодействия двух компьютеров в одной ЛВС



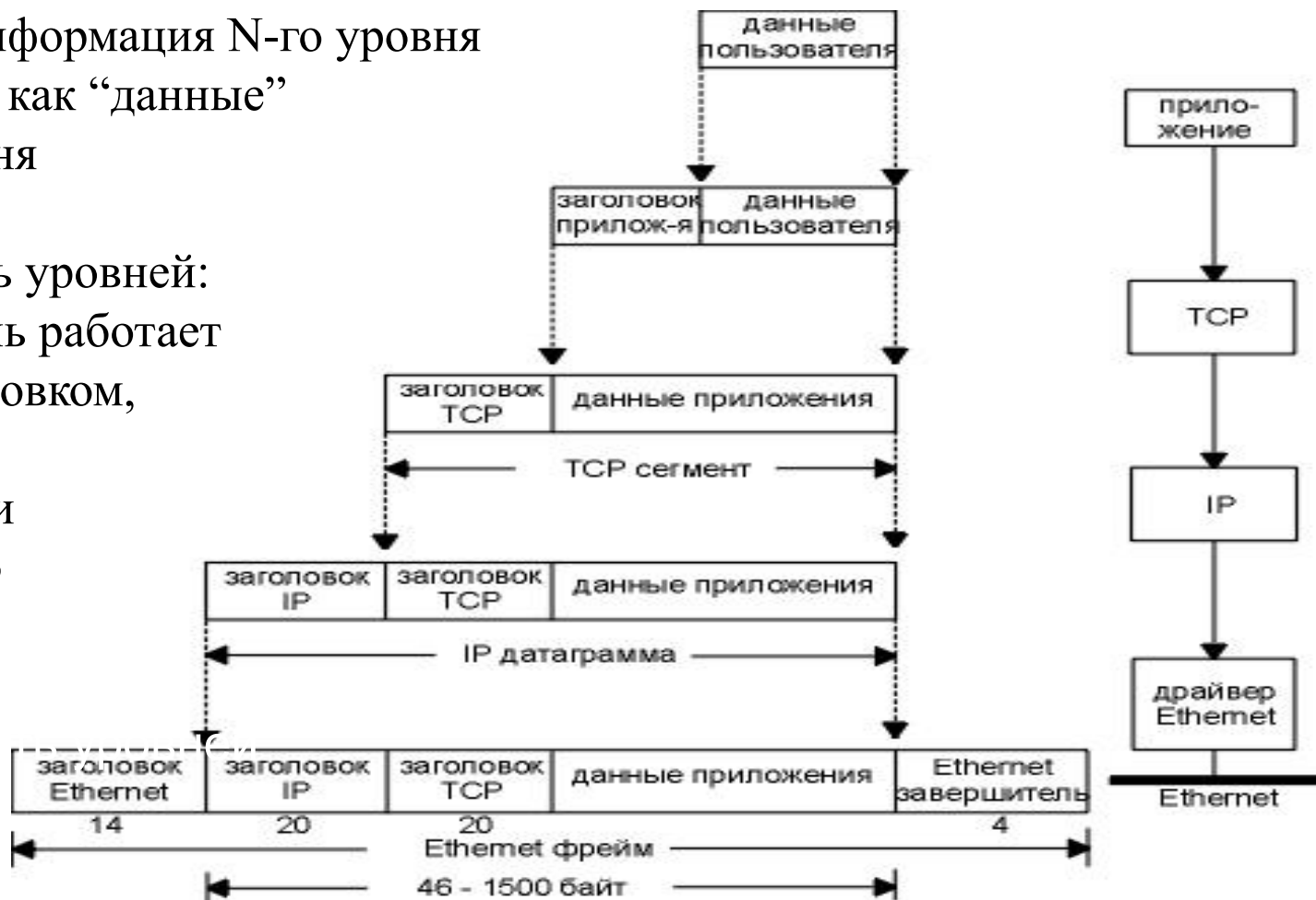
# Взаимодействие компьютеров различных ЛВС, связанных через маршрутизатор



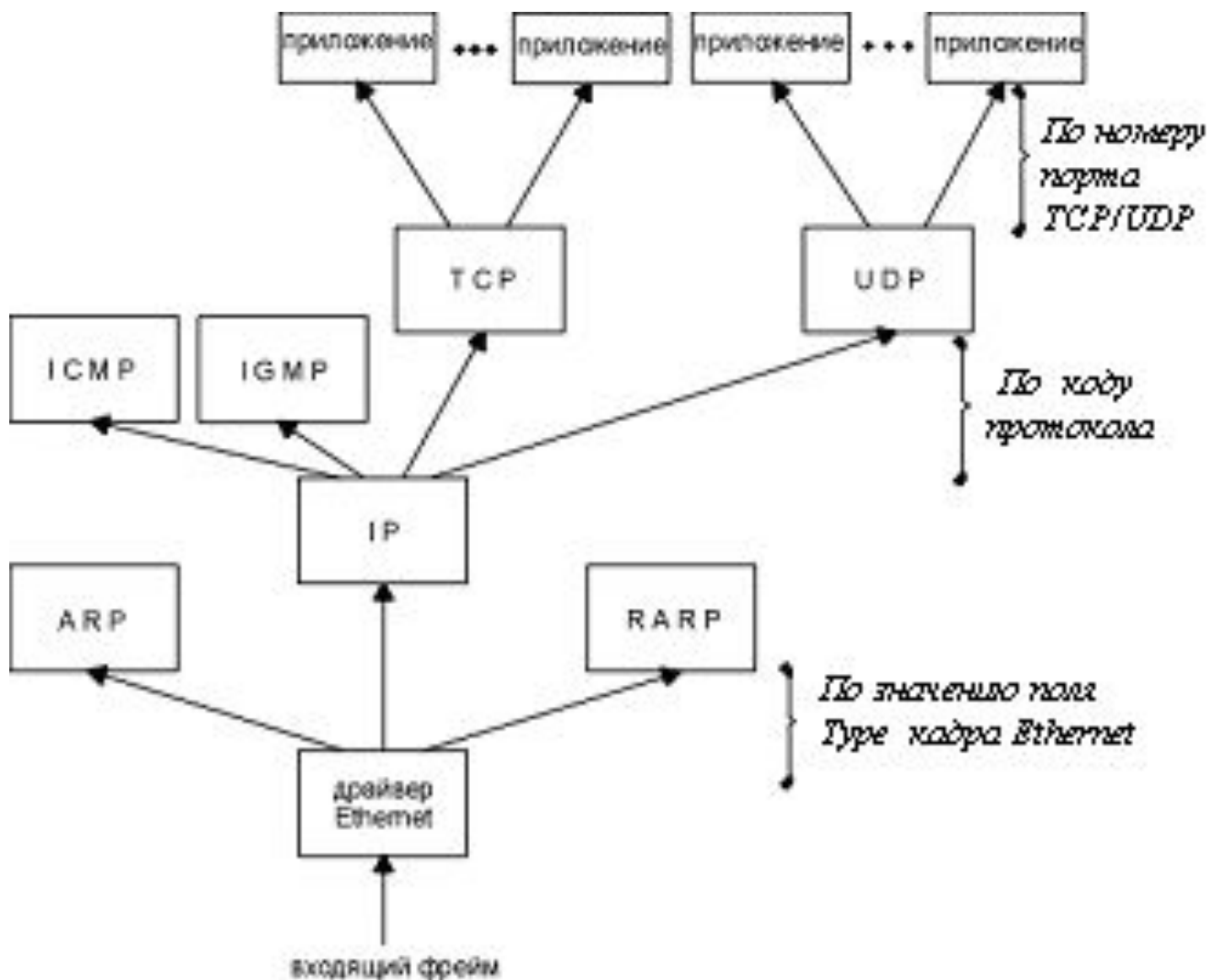
# Инкапсуляция данных на передающей стороне

Служебная информация N-го уровня пересылается как “данные” (N-1)-го уровня

Независимость уровней:  
Каждый модуль работает со своим заголовком, независимо от предыдущего и последующего



# Демультимплексирование на различных уровнях



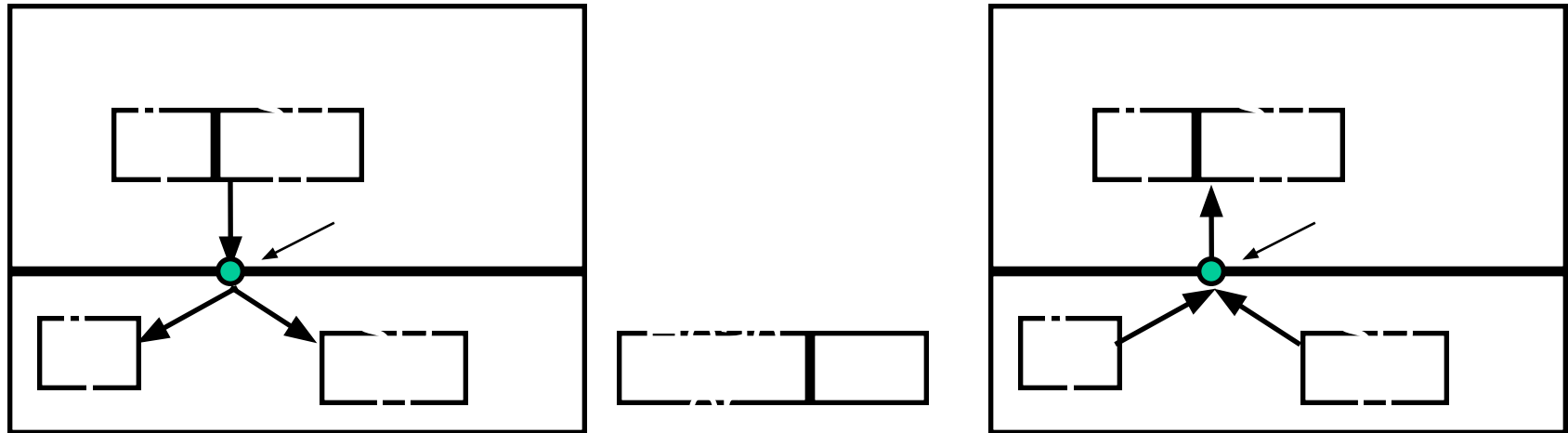
# ЭМВОС: Выводы

- Основа построения сетевых средств связи —  
уровневая, модульная модель (ЭМВОС)
- Открытая система строится на основе доступных и  
общепринятых стандартов
- Формальные правила взаимодействия одноуровневых  
модулей – протоколы
- Формальные правила взаимодействия смежных  
уровней – межуровневые интерфейсы
- Независимость уровней (каждый уровень имеет свой  
заголовок, инкапсуляция)
- Множество стеков протоколов
- Множество технологий и приложений

Дополнительные слайды

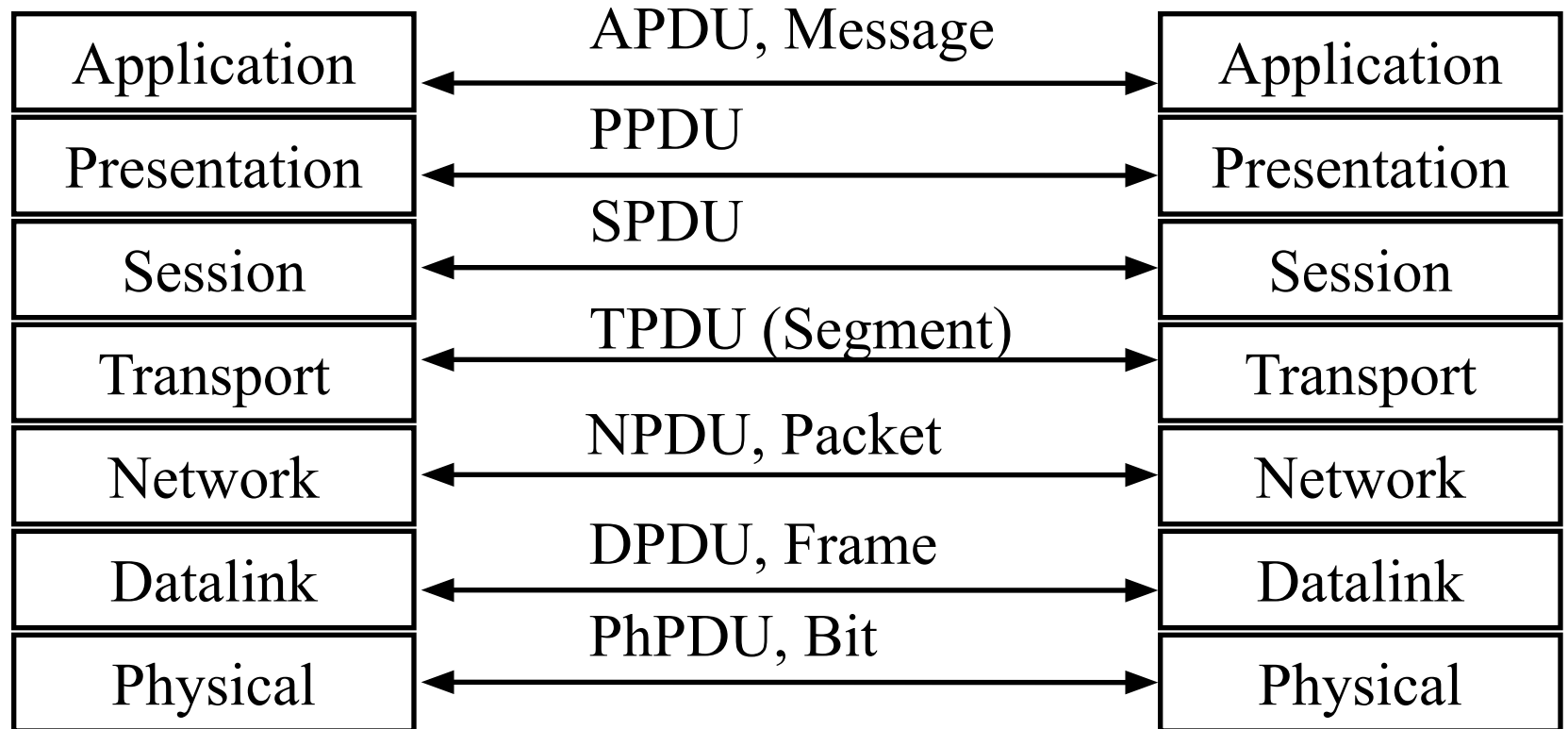
# Модель ISO/OSI

## Интерфейсы и сервисы



- IDU - Interface Data Unit = ICI + SDU
- ICI - Interface Control Information
- SDU - Service Data Unit
- PDU - Protocol Data Unit = Fragments of SDU + Header  
or Several SDUs + Header (blocking)
- SAP = Service Access Point

# Protocol Data Unit (PDU)





# Примитивы служб

- 8 примитивов
- CONNECT.request – запрос на установку соединения
- CONNECT.indication – сигнал вызываемой стороне
- CONNECT.response – вызываемая сторона принимает/откл. запрос
- CONNECT.confirm – вызывающей стороне сообщает, что вызов принят
- DATA.request – запрос на пересылку данных
- DATA.indication – сигнал о прибытии данных
- DISCONNC.request – запрос об освобождении соединения
- DISCONNECT.indication - сигнал вызываемой стороне

# Примитивы служб. Пример

- 8 примитивов
- CONNECT.request – набрать номер т. Маши
- CONNECT.indication – ее телефон звонит
- CONNECT.response – она поднимает трубку
- CONNECT.confirm – Вы слышите, что гудки прекратились
- DATA.request – Вы приглашаете на чай
- DATA.indication – она слышит ваше приглашение
- DATA.request – она говорит, что будет рада прийти
- DATA.indication – Вы слышите ее ответ
- DISCONN.request – Вы кладете трубку
- DISCONNECT.indication - она слышит гудки и тоже кладет трубку