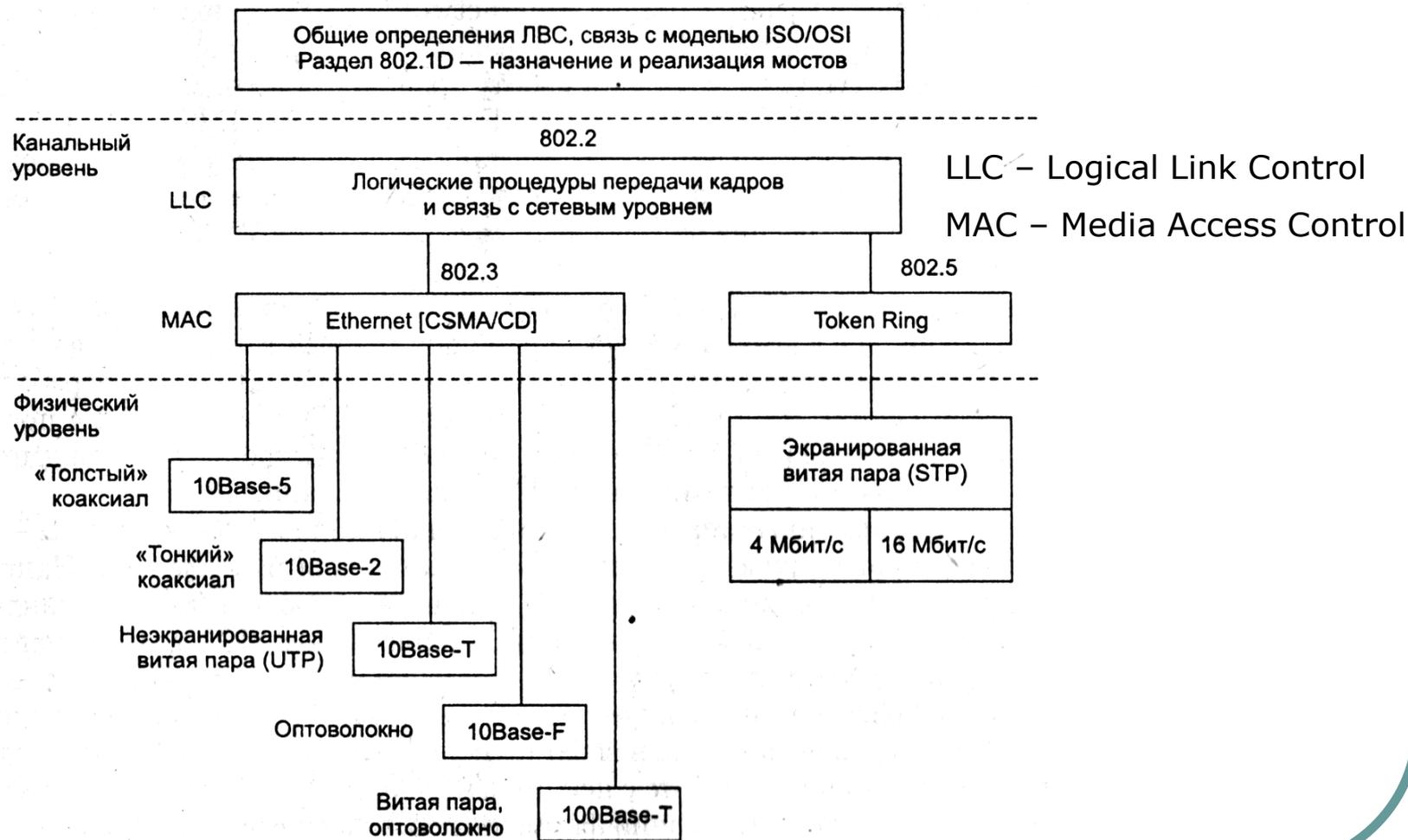


КОМИТЕТЫ IEEE 802.x И СООТВЕТСТВУЮЩИЕ СТАНДАРТЫ

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers, институт инженеров по э/тех. и э. (США)

- 802.1 — Internetworking — объединение сетей;
- 802.2 — Logical Link Control, LLC — управление логической передачей данных;
- 802.3 — Ethernet с методом доступа CSMA/CD;
- 802.4 — Token Bus LAN — локальные сети с методом доступа Token Bus;
- 802.5 — Token Ring LAN — локальные сети с методом доступа Token Ring;
- 802.6 — Metropolitan Area Network, MAN — сети мегаполисов;
- 802.7 — Broadband Technical Advisory Group — техническая консультационная группа по широкополосной передаче;
- 802.8 — Fiber Optic Technical Advisory Group — техническая консультационная группа по волоконно-оптическим сетям;
- 802.9 — Integrated Voice and data Networks — интегрированные сети передачи голоса и данных;
- 802.10 — Network Security — сетевая безопасность;
- 802.11 — Wireless Networks — беспроводные сети;
- 802.12 — Demand Priority Access LAN, 100VG-AnyLAN
- 802.15 — WPAN Task Group 6 (TG6) Body Area Networks
- 802.16 — WirelessMAN
- 802.20 — Mobile Broadband Wireless Access
- 802.22 — WRAN
- ISO/IEC 8802-x – соответствующие международные стандарты ISO

Модель IEEE начальных уровней LAN и распределение стандартов по уровням



Кадры стандартов 802

Заголовок Ethernet	Кадр LLC
--------------------	----------

Кадр 802.3/LLC

6	6	2	1	1	1(2)	46-1497 (1496)	4
DA	SA	L	DSAP	SSAP	Control	Data	FCS
			Заголовок LLC				

Кадр Raw 802.3/Novell 802.3

6	6	2	46-1500				4
DA	SA	L	Data				FCS

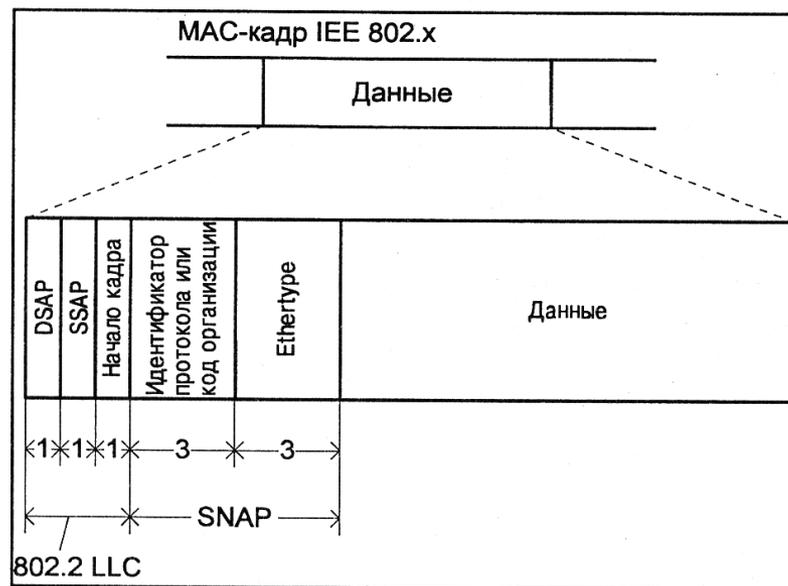
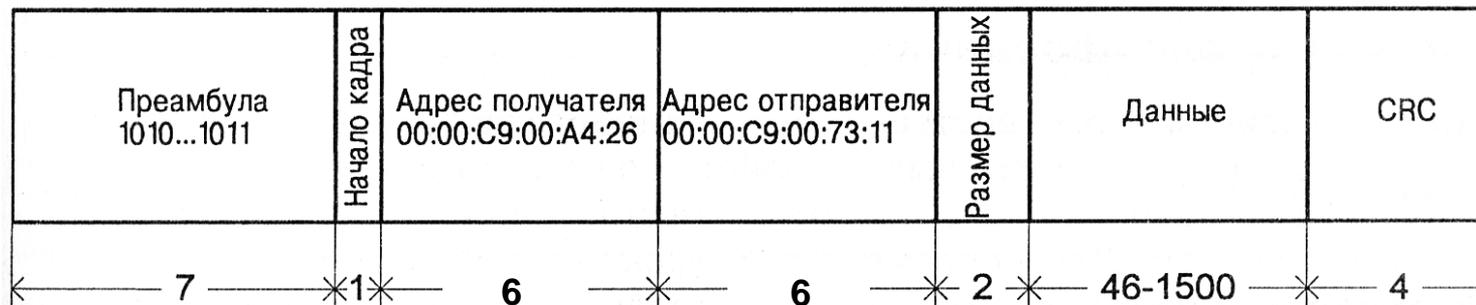
Кадр Ethernet DIX (II)

6	6	2	46-1500				4
DA	SA	T	Data				FCS

Кадр Ethernet SNAP

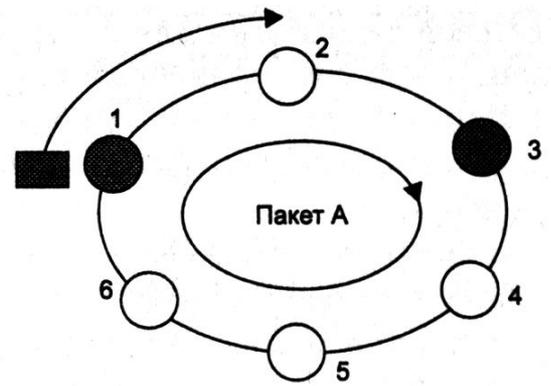
6	6	2	1	1	1	3	2	46-1492	4
DA	SA	L	DSAP	SSAP	Control	OUI	T	Data	FCS
			AA	AA	03	000000			
			Заголовок LLC			Заголовок SNAP			

Форматы кадров 802.3 и LLC

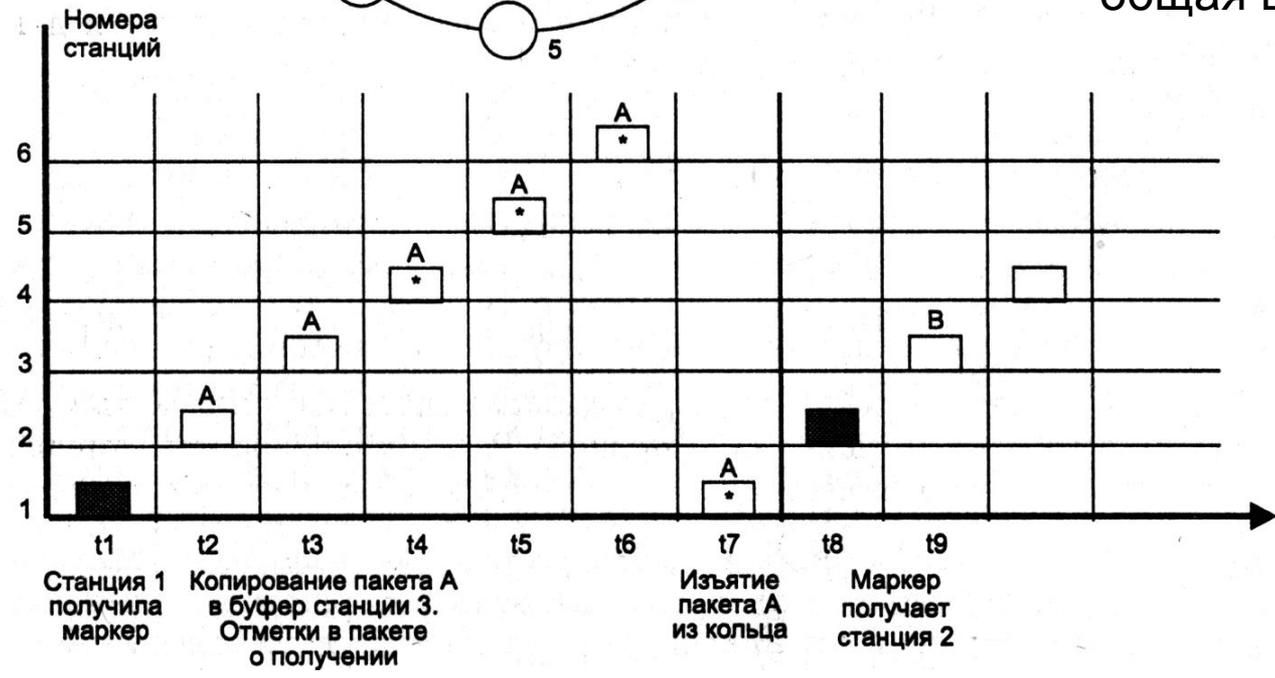


Каждый производитель Ethernet устройств использует свои диапазоны MAC адресов, которые покупает у IEEE. Идентификатор производителя (OUI - Organizationally Unique Identifier) занимает первые 3 байта MAC-адреса устройства Ethernet. Например, MAC-адрес 00:11:95:bf:57:26 - оборудование фирмы D-Link/Тайвань (OUI=00:11:95)

Маркерный метод управления каналом (802.4, 802.5, FDDI и т.п.)

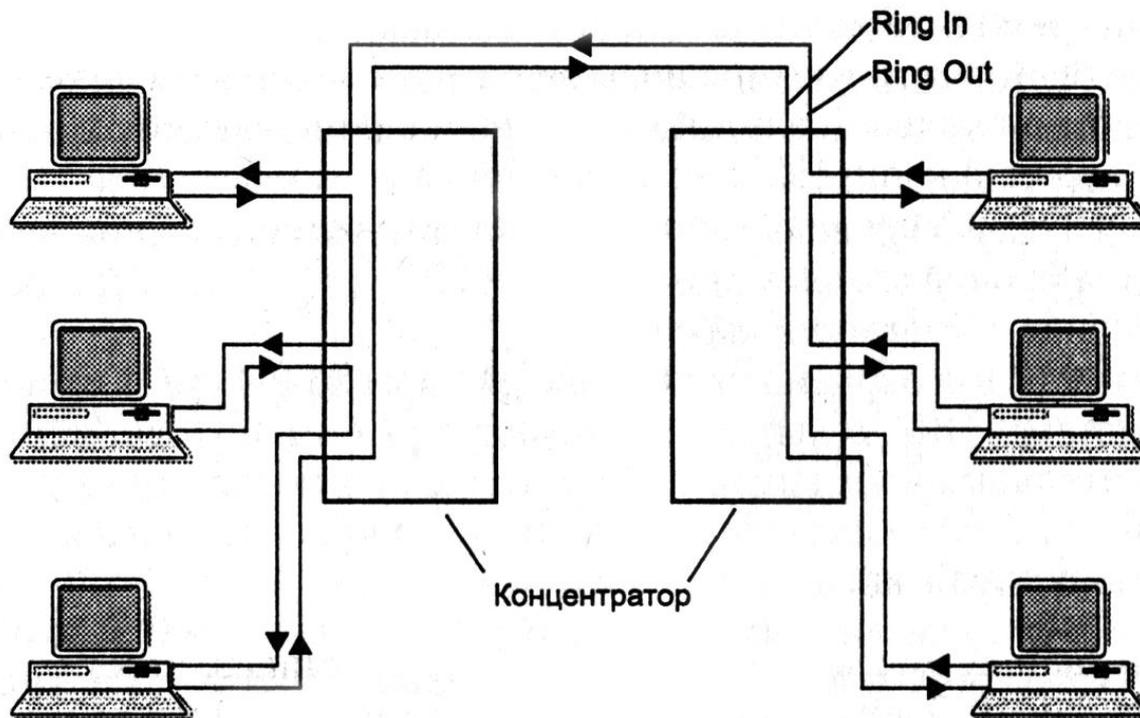


Примечание: в стандарте 802.4 для связи узлов используется общая шина

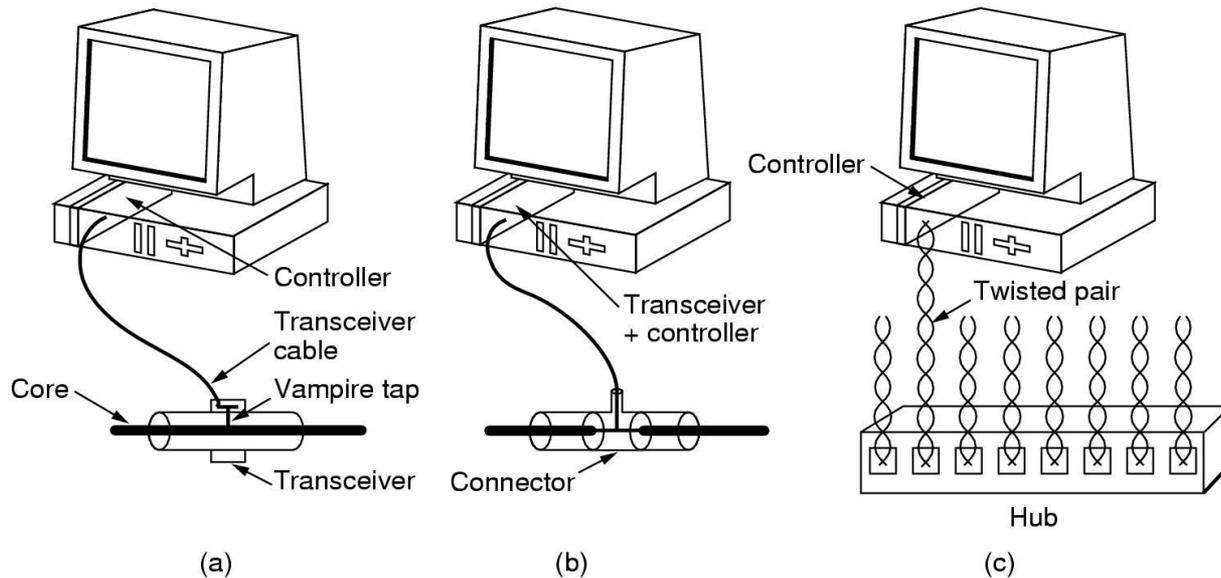


Реализация Token Ring (IBM)

- Token Ring – 16 Mbps;
- High-Speed Token Ring (HSTR) – 100/155 Mbps;
- среды: STP1, UTP3, UTP6, MMF, SMF
- ограничение на максимальную длину кольца – 4000м (не жесткое)



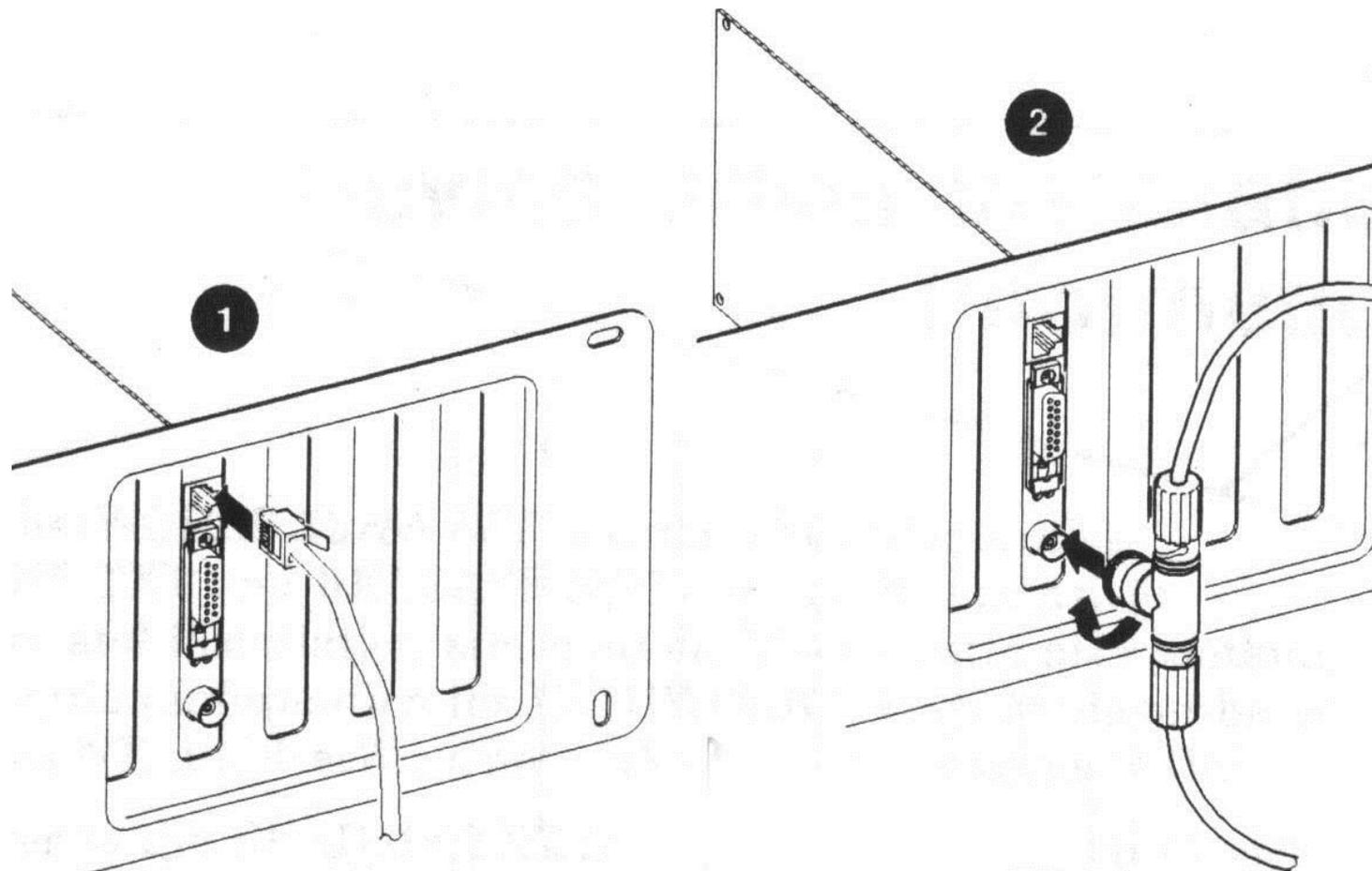
Реализация Ethernet



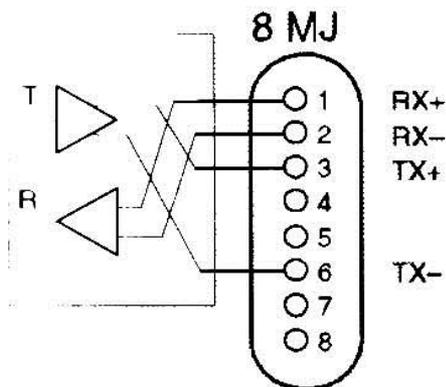
- a – 10Base-5
- b – 10Base-2
- c – 10Base-T, 100Base-T, 1000Base-T, 10GBase-T (кат. 6a и 7), 100GBase (возможна витая пара, 10м!)

Среды: витая пара (UTP3-7; STP1,2), оптика (MMF, SMF)

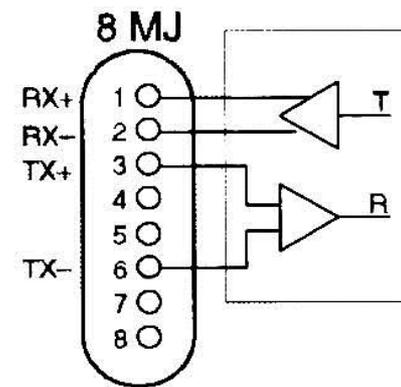
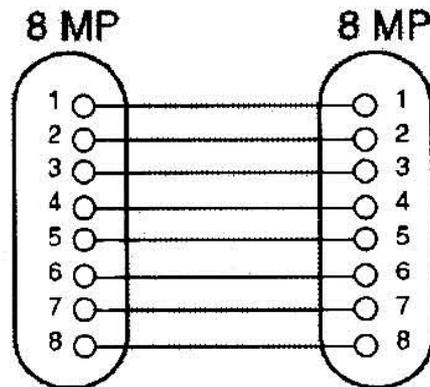
Витая пара (ТР), рис. 1 и коаксиальный кабель, рис. 2



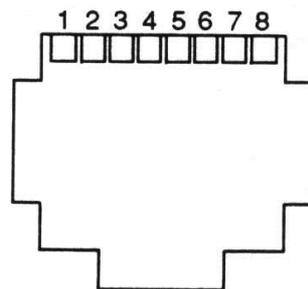
Коннекторы и патч-кабели для среды витая пара (Twisted Pair, TP)



DECrepeater 900TM



MAU



гнездо RJ-45

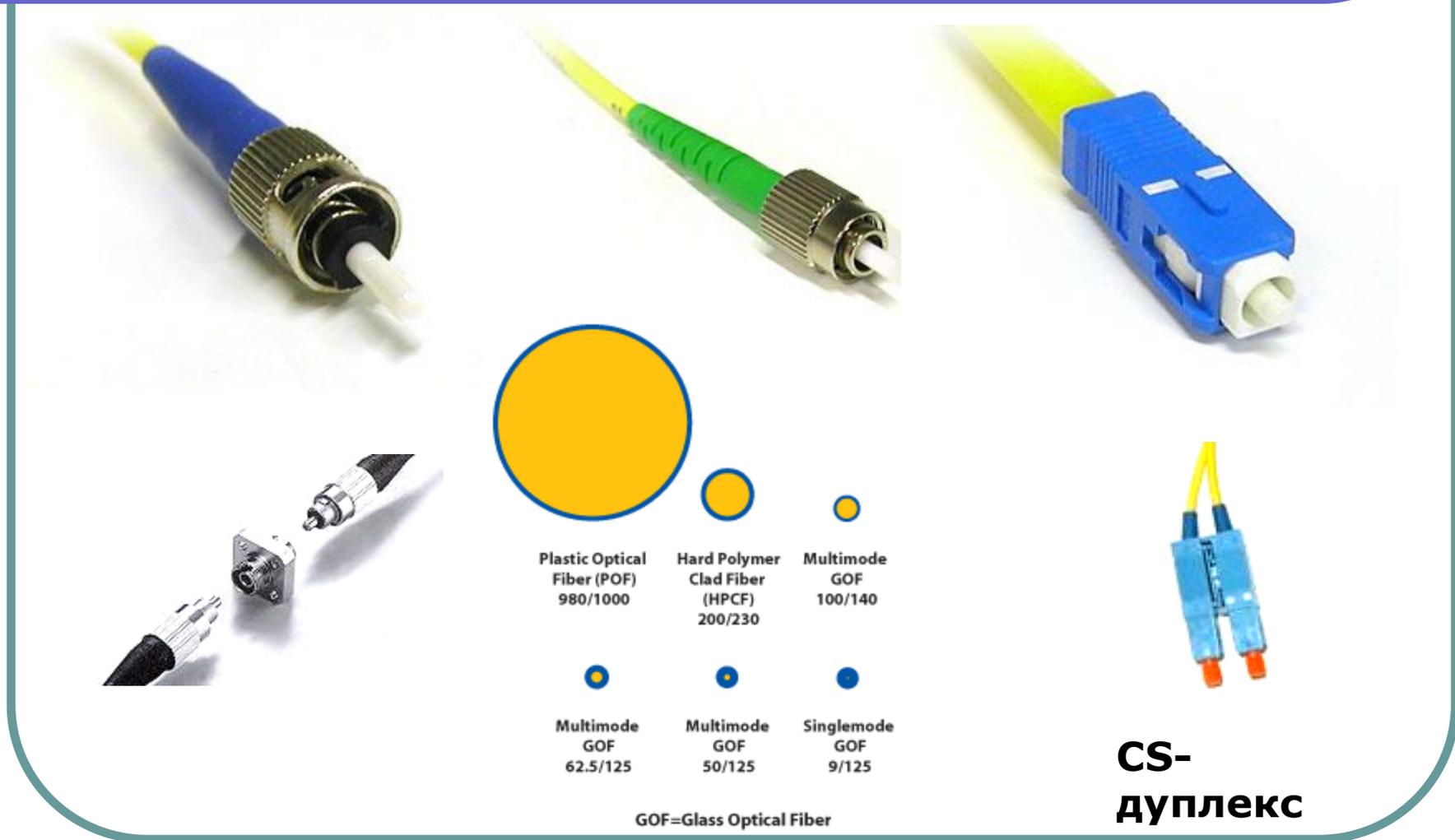
Стандарты TIA/EIA-568A/B, ISO11801

- TIA/EIA-568A и -568B - два стандарта на установку коннекторов на витую пару 3 и 5 категорий. Оба стандарта подходят и для высокоскоростных соединений, однако 568B обычно применяют в постоянных соединениях, а 568A - для коротких соединителей (патчей). Единственное отличие этих стандартов - порядок, в котором соединяются контакты разъема с парами (оранжевой и зеленой). На обоих концах кабелей должны быть одинаковые запрессовки: либо 568A, либо 568B.

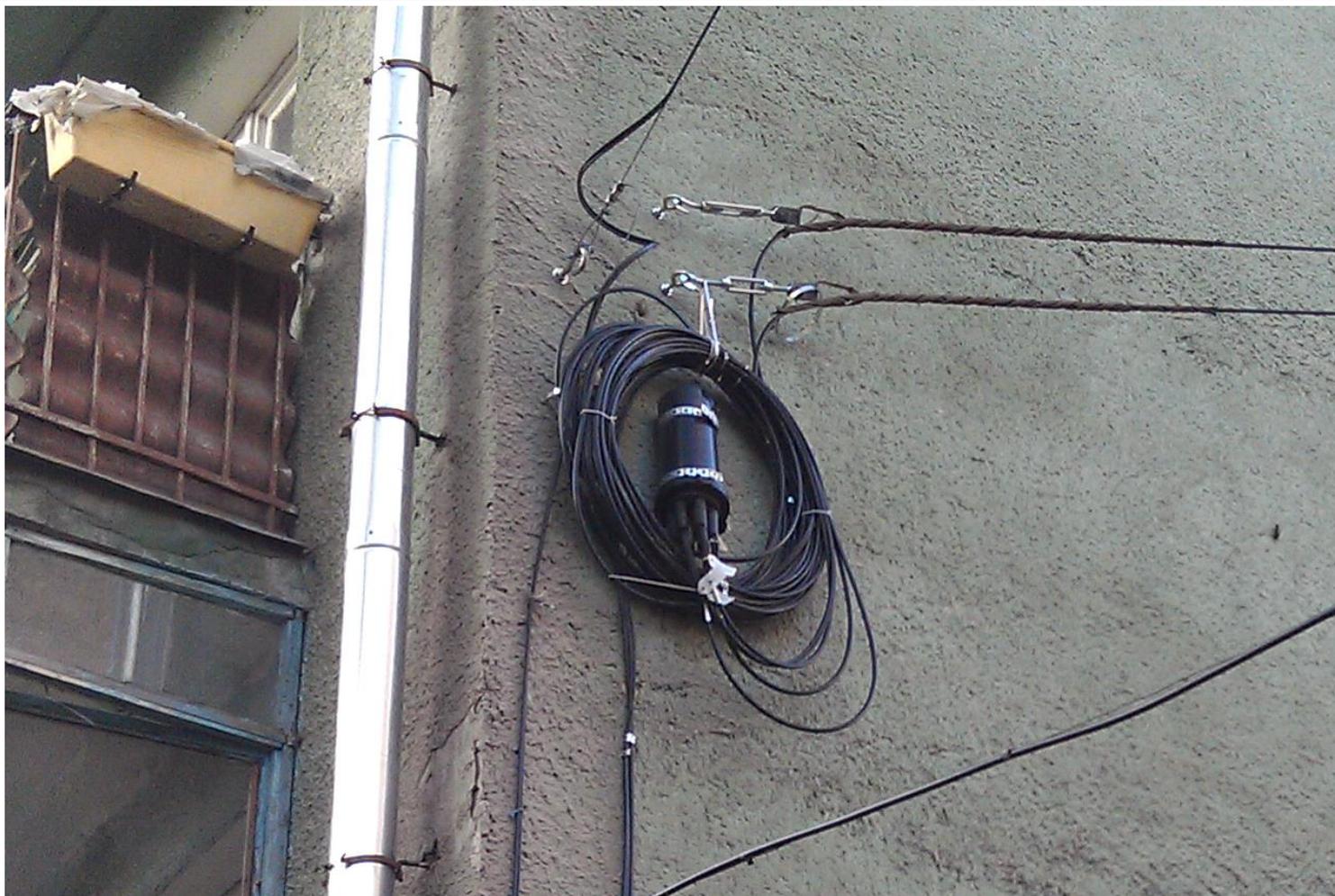
- Если держать разъем так, как при подключении к розетке на стене (защелкой вниз, а контактами вверх), то контакты нумеруются 1-8 слева направо. В таблице приводятся соответствия между номерами контактов и цветом проводников пар.

EIA/TIA-568A		EIA/TIA-568B
контакт	цвет	цвет
1	бел./зел.	бел./оранж.
2	зеленый	оранжевый
3	бел./оранж.	бел./зел
4	голубой	голубой
5	бел./голуб.	бел./голуб.
6	оранжевый	зеленый
7	бел./корич.	бел./корич.
8	коричневый	коричневый

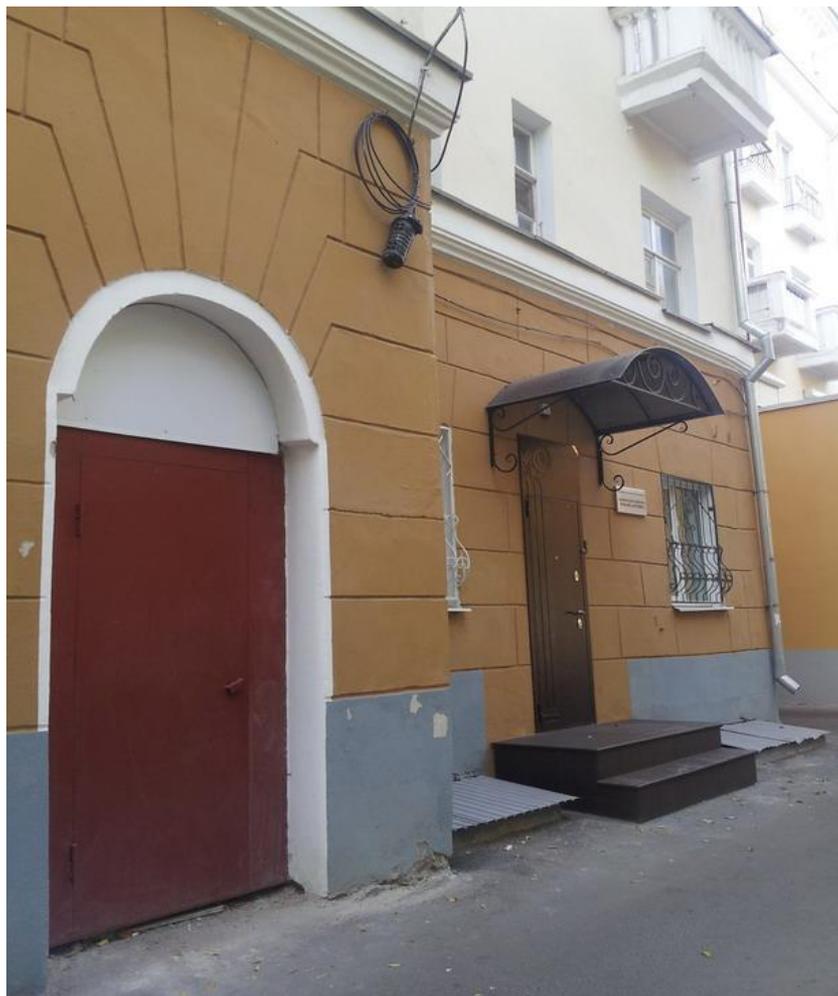
Коннекторы для оптоволоконна (ST, FC, CS). Диаметры пластиковых и стеклянных кабелей.



Муфты...



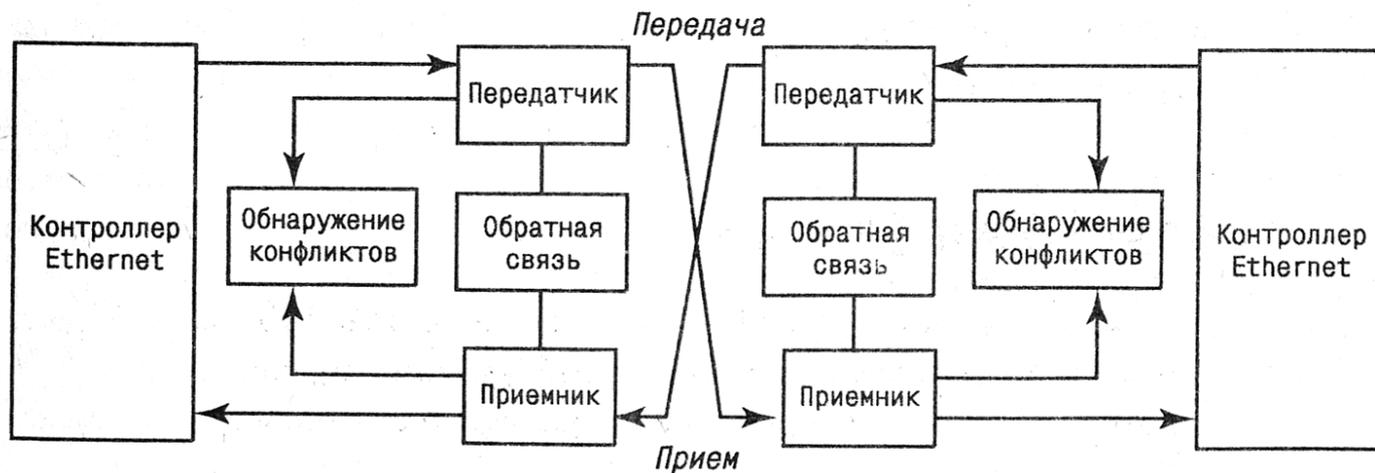
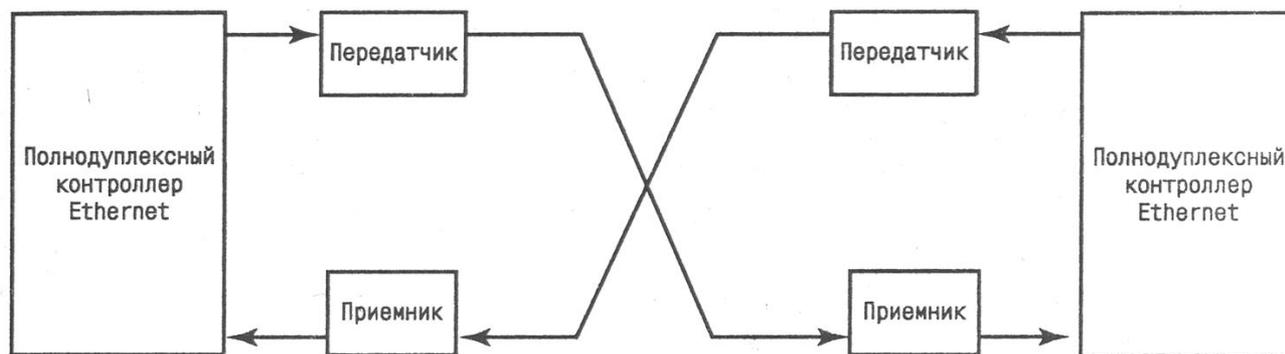
Муфты...



WDM-технология ITU G.694.1,2

- WDM - wavelength-division multiplexing
 - Увеличение скорости, возможность дуплекса по 1 волокну
 - Coarse WDM (CWDM) – 1271 - 1611 nm
 - до 18 каналов (по стандарту)
 - пример: Ethernet LX-4 10 Gbit/s = 4x3.125Gbit/s в диапазоне 1310 nm
 - Dense WDM (DWDM)
 - Диапазон Conventional (C-band), 1525 nm – 1565 nm
 - Диапазон Long (L-band), 1570 nm – 1610 nm
 - до 160 каналов с разделительными полосами 25 GHz
 - В этом диапазоне, волоконно-эрбиевые усилители (EDFA) пришли на смену оптико-электро-оптическим преобразователям, длительное время используемым в SONET/SDH технологии.
- В 2011г. в NEC Laboratories достигнута скорость передачи 101.7 Tb/s на 165 км (370 каналов).

Полу- и полнодуплексные режимы



Метод управления каналом CSMA/CD (802.3)



CSMA/CD - Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, протокол множественного доступа с прослушиванием несущей и обнаружением коллизий

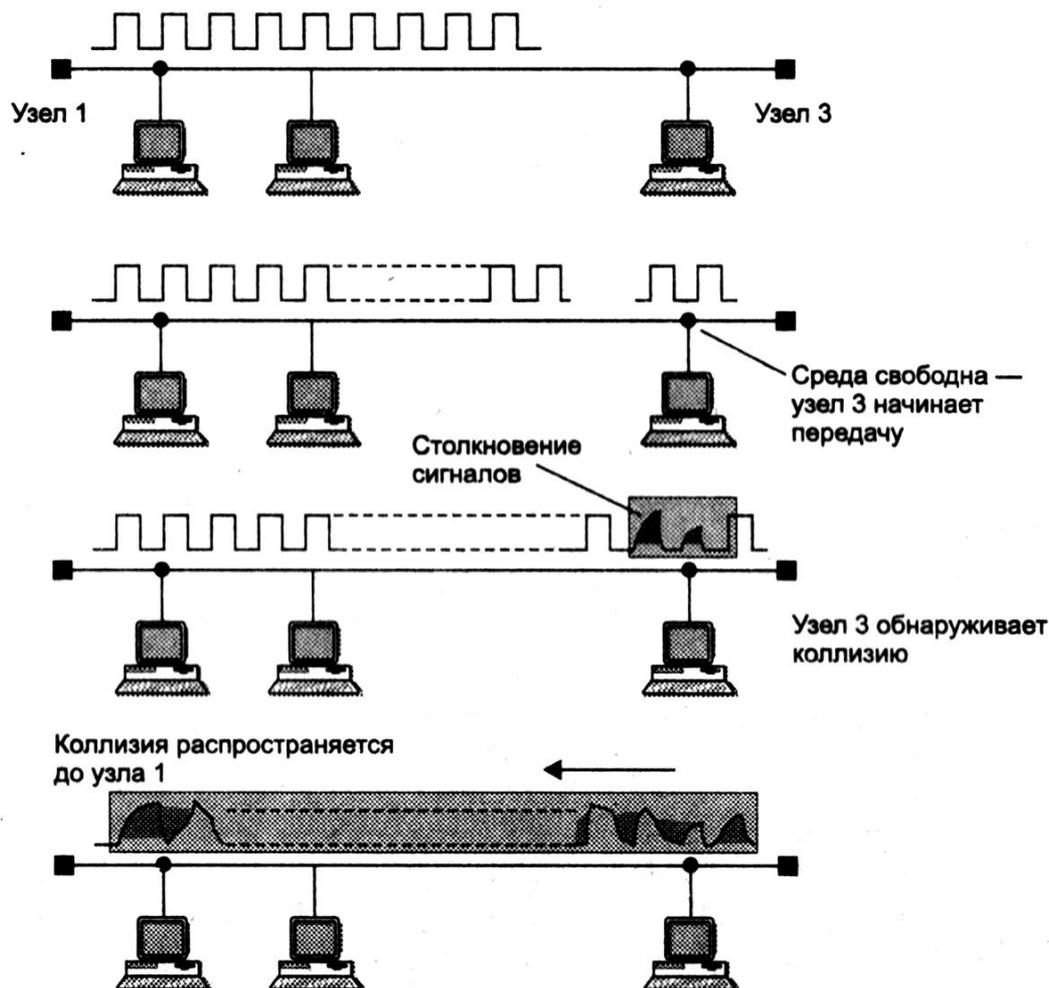
Обнаружение коллизий

Время двойного оборота:

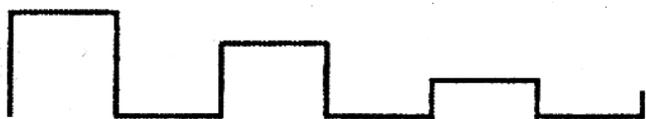
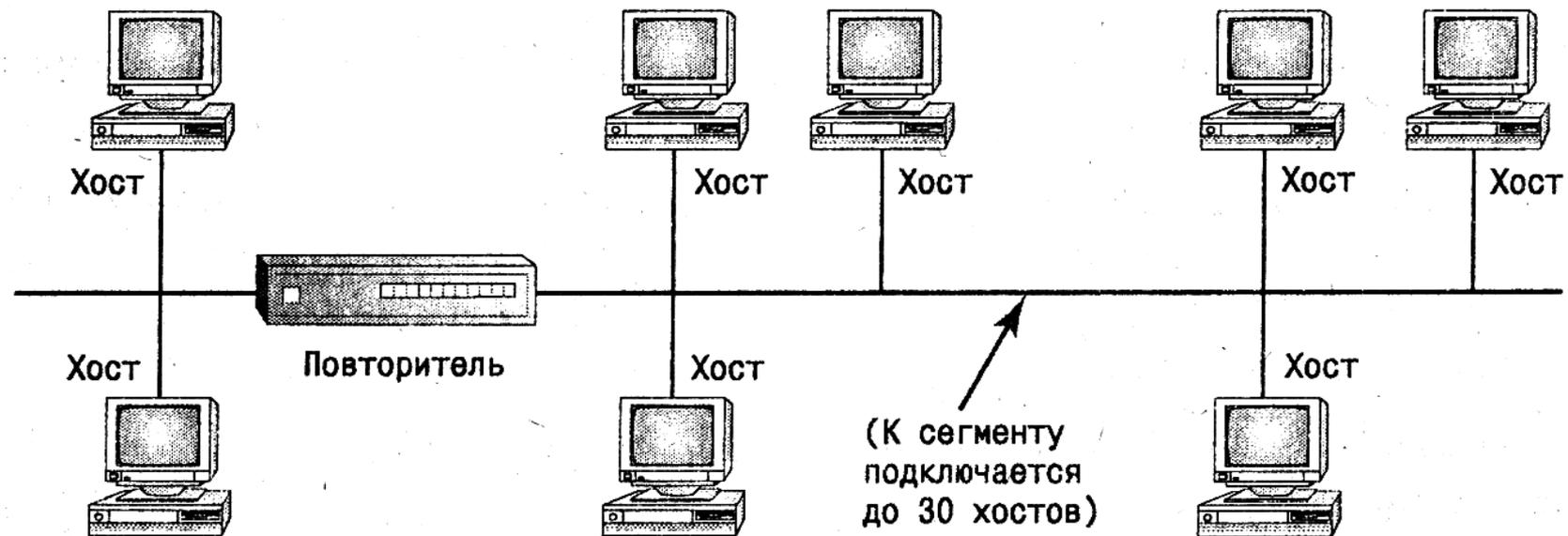
$$T_{д.о.} = 2 * L / c * k$$

L - длина линии

k - коэффициент замедления



Устройства LAN: повторитель

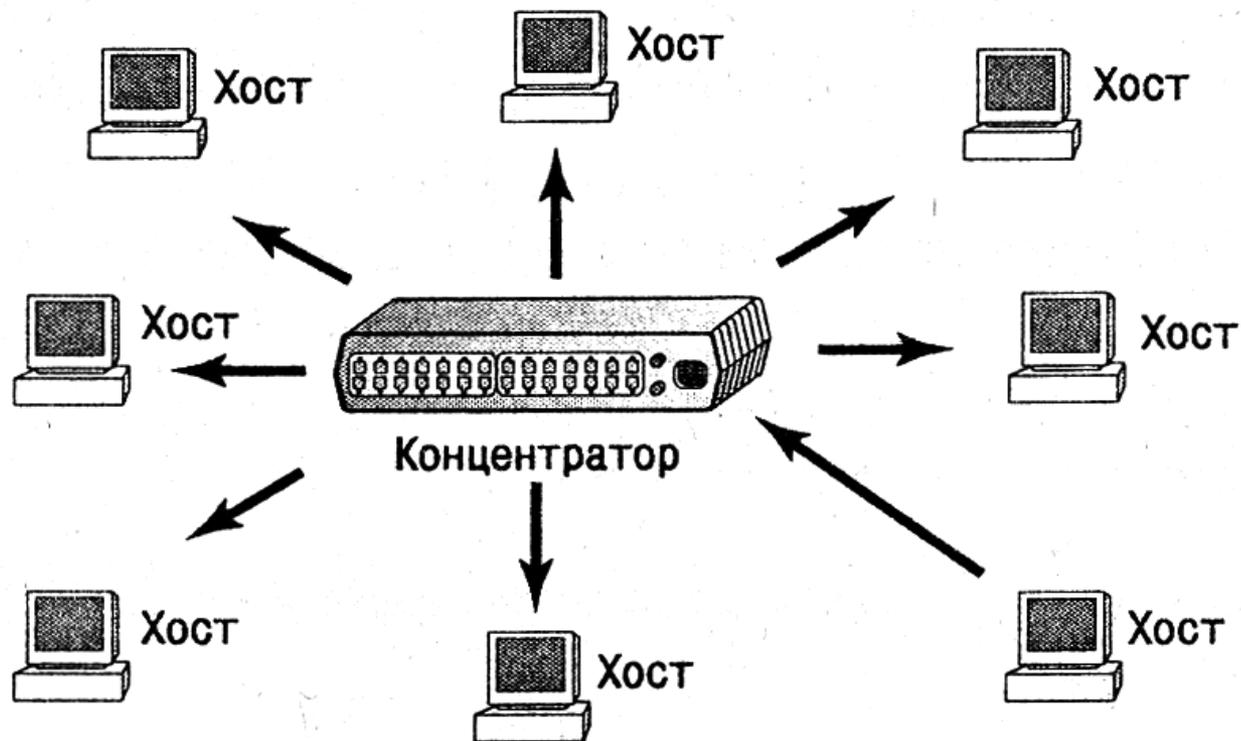


До повторителя



Цифровой сигнал после повторителя

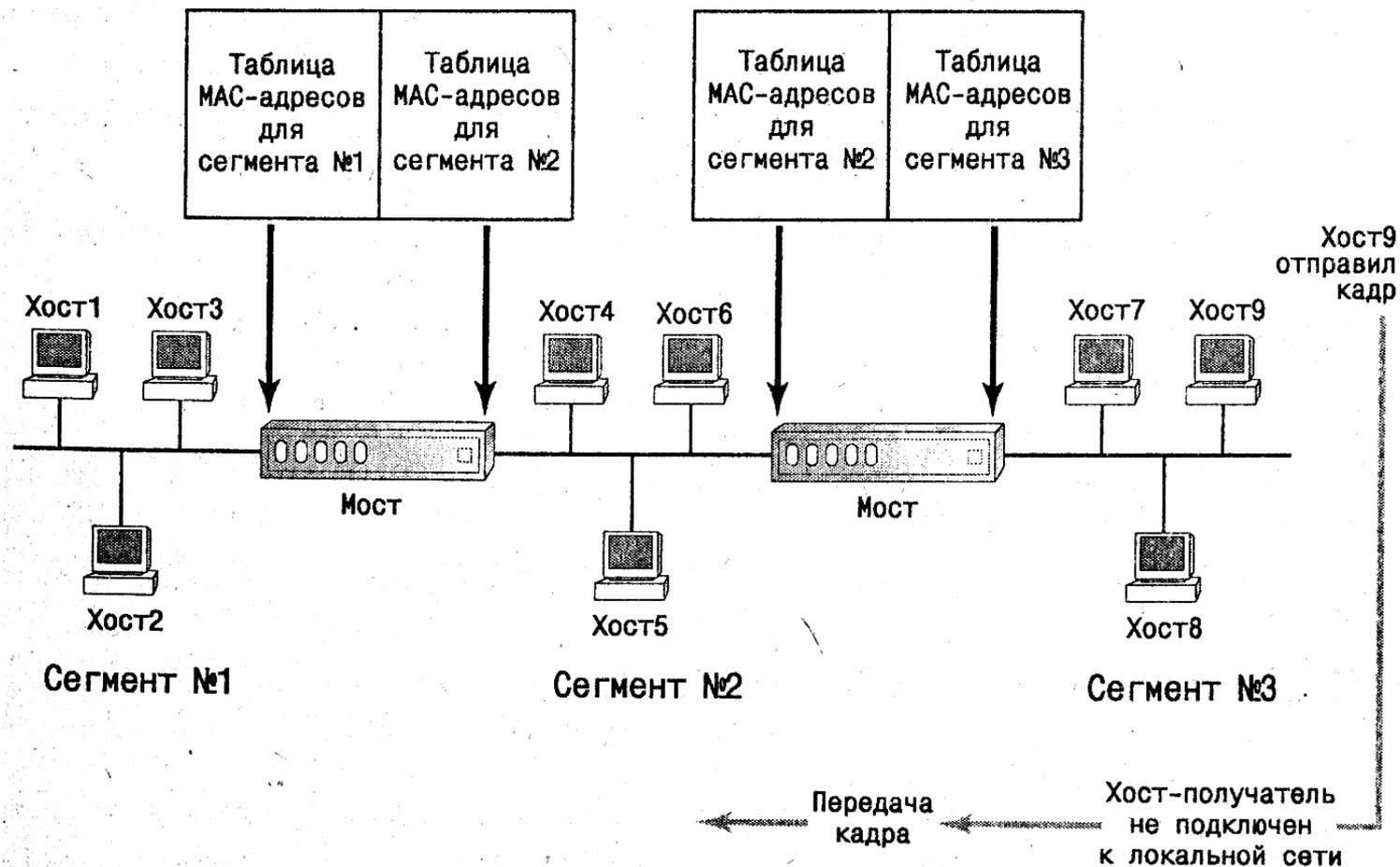
Устройства LAN: концентратор



*Когда один хост
ведет передачу,
остальные хосты
должны выполнять
прослушивание*

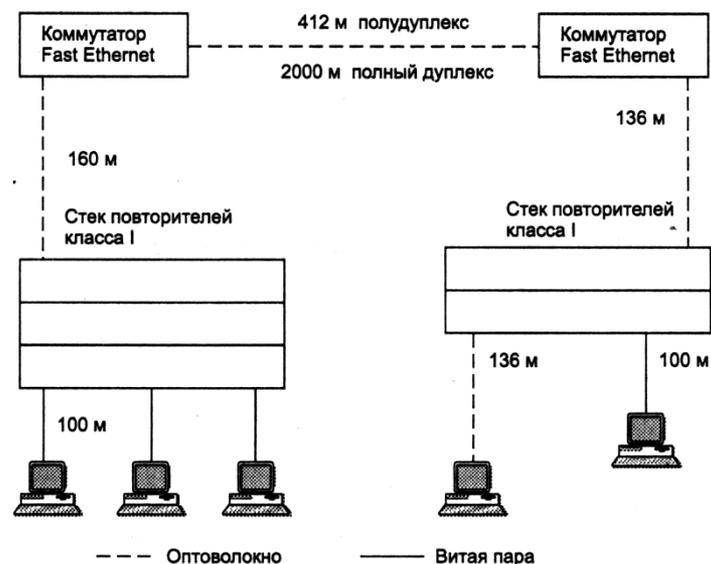
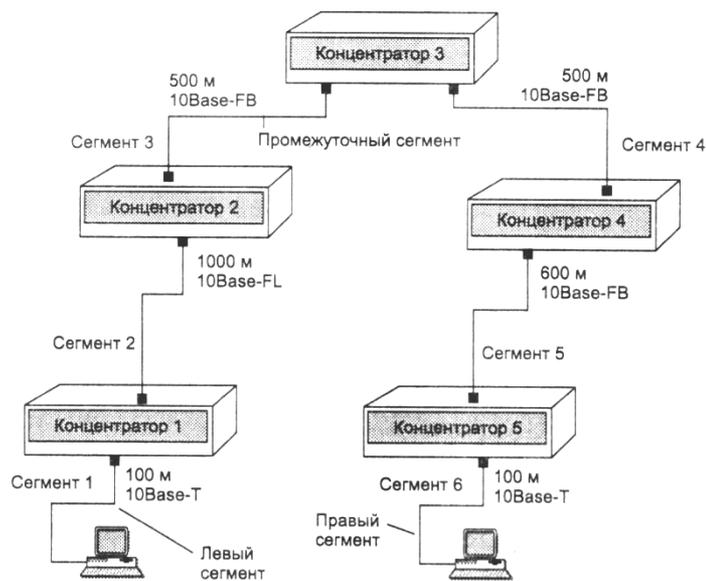
Концентратор в локальной сети

Устройства LAN: мост/коммутатор



Домен коллизий

- Домен коллизий (collision domain) – область сети Ethernet, распространяясь в которой, кадр может вызвать конфликт (коллизию).
- Коммутаторы (свичи), маршрутизаторы (роутеры) ограничивают распространение коллизий.



Расчет максимальной производительности Ethernet

- Определим скорость передачи данных пользователя для случая, когда размер кадра минимальный – по стандарту 46 байт:
 - преамбула кадра – 8 байт;
 - адреса источника и приемника – $6+6=12$ байт;
 - поле длины кадра – 2 байта;
 - поле данных – 46 байт;
 - поле контрольной суммы (CRC-32) – 4 байта;
 - всего – 72 байта = 576 бит
 - передача такого кадра займет 57.6 мкс.
 - Добавляя техпаузу 9.6 мкс, получим 67.2 мкс или 14880 кадр/с
 - Пропускная способность т.о. равна $14880 \times 46 \times 8 = 5.48$ Мбит/с
- Определим скорость передачи теперь для кадров максимального размера – по стандарту 1500 байт:
 - Период кадра $1526 \times 8 \times 0,1 \text{ мкс} + 9.6 \text{ мкс} = 1230,4 \text{ мкс}$
 - Скорость - 812,7 кадр/с или $812,7 \times 1500 \times 8 \text{ Мбит/с} = 9,75 \text{ Мбит/с}$

Обработка коллизий в 802.3

- Алгоритм Binary Backoff (экспоненциальный откат)
 - После i коллизий, число пропускаемых временных слотов выбирается в диапазоне $0 \dots 2^i - 1$
 - После 10 коллизий интервал фиксируется в диапазоне $0 \dots 1024$ слотов
 - ВВ алгоритм – компромисс для конфигураций с малым и большим количеством узлов, т.е. с большой и малой интенсивностью коллизий

Производительность 802.3

- Вероятность получения канала определяется как $A = kp(1-p)^{k-1}$, где p – вероятность передачи каждой станции в течении занятого слота
- A – максимально, когда $p = 1/k$, при этом $A \rightarrow 1/e$, с увеличением k
- Вероятность того, что длительность конфликта j слотов – $A(1-A)^{j-1}$
- тогда среднее число слотов конфликтного периода:

$$\sum_{j=0}^{\infty} jA(1-A)^{j-1} = \frac{1}{A}$$

Производительность 802.3

- Если слот имеет длительность t , средний интервал конфликта $w=t/A$, где A – вероятность передачи в слот для одной из k станций: $A = kp(1-p)^{k-1}$, p – вероятность передачи каждой станции в течении интервала конфликта.
Тогда, для кадра длительностью T_{frame} сек.:

$$\text{Эффективность} = \frac{T_{frame}}{T_{frame} + t / A}$$

- Для сети с пропускной способностью B , размером кадра F , длиной кабеля L и скоростью распространения сигнала c :

$$\text{Эффективность} = \frac{1}{1 + 2BLE / cF}$$

Методика расчета 10Мб Ethernet

- Необходимо выполнение 4-х условий:
 - количество станций не более 1024;
 - длина сегмента не более определенной в стандарте для данной среды;
 - PDV (Path Delay Value) – не более 575bt;
 - сокращение межкадрового интервала за счет PVV (Path Variability Value) не более 49bt. Т.о., техпауза: $96 - 49 = 47\text{bt}$.

Данные для расчета PDV 10Мб

Тип сегмента	База левого сегмента, bt	База промежуточного сегмента, bt	База правого сегмента, bt	Задержка среды на 1м, bt	Максимальная длина сегмента, м
10Base-5	11,8	46,5	169,5	0,0866	500
10Base-2	11,8	46,5	469,5	0,1026	185
10Base-T	15,3	42,0	165,0	0,113	100
10Base-FB	-	24	-	0,1	2000
10Base-FL	12,3	33,5	156,5	0,1	2000

Прим1.: комитет 802.3 в таблицах определяет сразу удвоенные задержки, не разделяя сеть на сегменты.

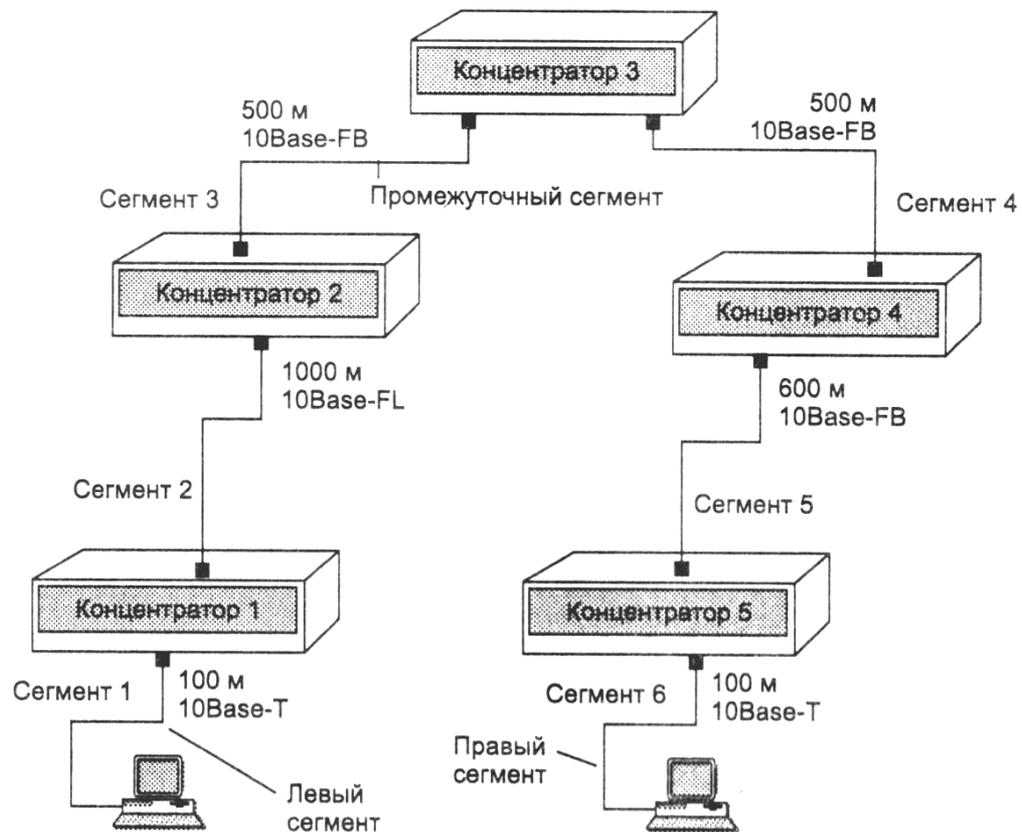
Правило (5-4-3): 5 сегментов - 4 повторителя - 3 нагруженных сегмента

Правило (для сетей 10Base-T): не более 4 хабов между любыми двумя станциями сети

Данные для расчета PVV 10Мб

Тип сегмента	Передающий сегмент	Промежуточный сегмент
10Base-5, 10Base-2	16	11
10Base-FB	-	2
10Base-FL	10	8
10Base-T	10,5	8

Расчетная конфигурация 10Мб



Данные для расчета 100Мб сетей

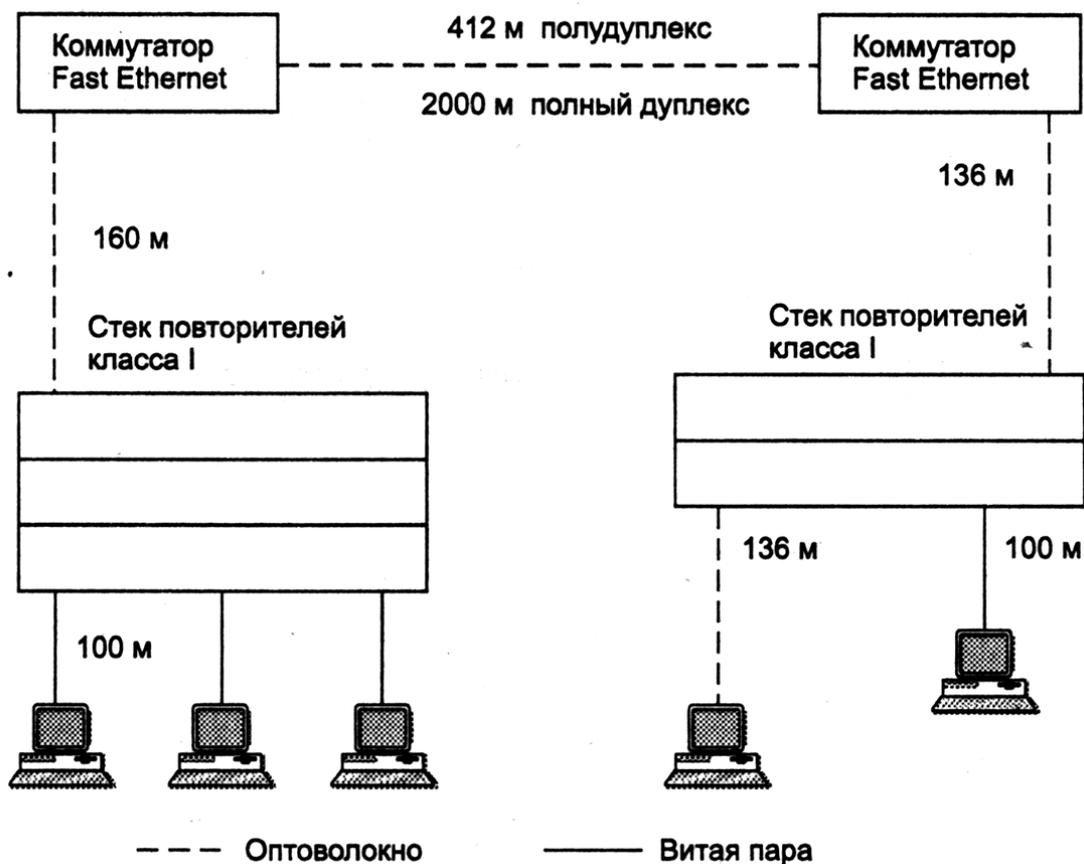
Тип кабеля	Удвоенная задержка на 1 м	Удвоенная задержка кабелем максимальной длины
UTP Cat 3	1,14 bt	114 bt (100 м)
UTP Cat 4	1,14 bt	114 bt (100 м)
UTP Cat 5	1,112 bt	111,2 bt (100 м)
STP	1,112 bt	111,2 bt (100 м)
оптоволокно	1,0 bt	412 bt (412 м)

Тип сетевого устройства	Максимальная задержка при двойном обороте
Два адаптера TX/F	100 bt
Два адаптера T4	138 bt
Один адаптер TX/FX и один T4	127 bt
Повторитель класса I	140bt
Повторитель класса II	92bt , 67bt (T4)

Прим1.: в задержках учитываются преамбулы кадров, поэтому PDV сравнивают с 512bt, а не 575bt.

Прим.2: комитет 802.3 в таблицах определяет сразу удвоенные задержки, не разделяя сеть на сегменты.

Расчетная конфигурация 100Мб



Правила:

-1 репитер I класса (4В/5В -> 8В/6Т)

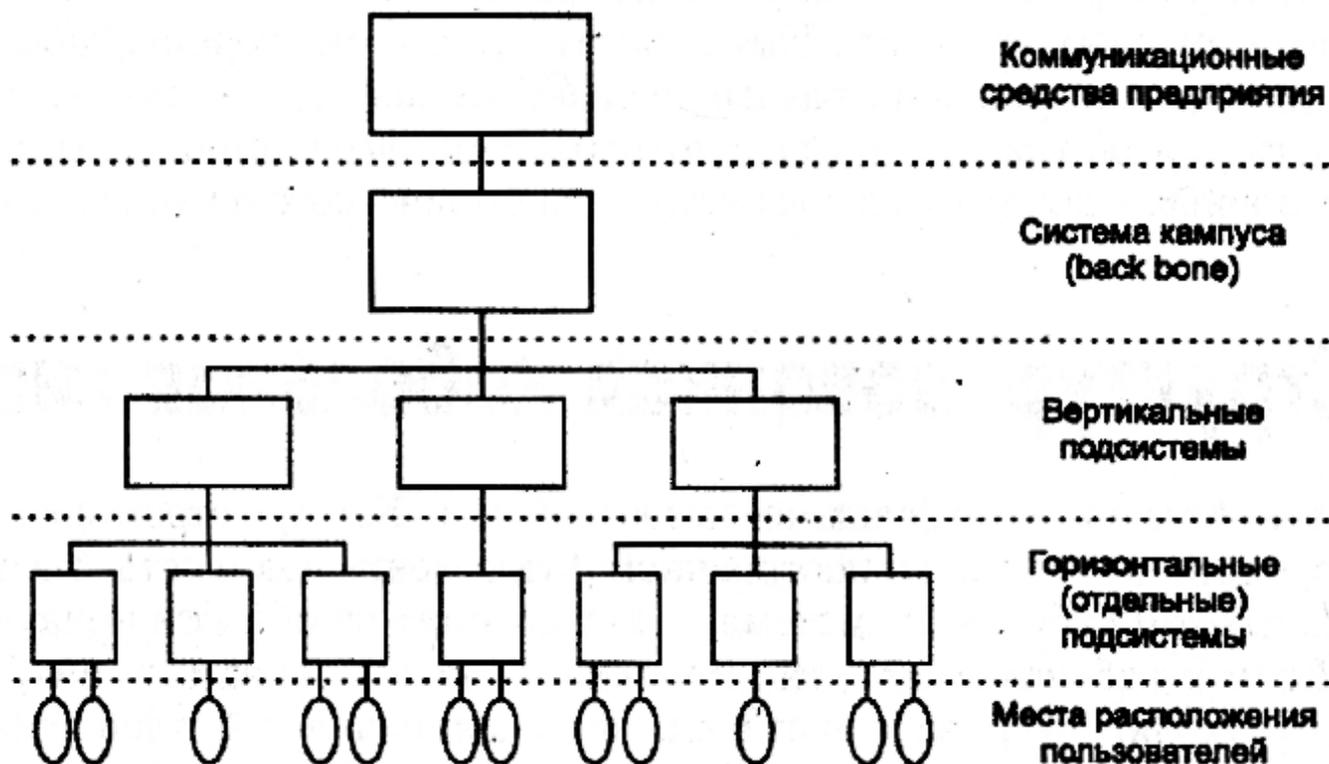
-2 репитера класса II, кабель < 5 м

Прим.: кодирование 8В/6Т со скоростью передачи 33 Мбит/с по каждой из 3-х пар используется в технологии HP VG-AnyLAN. Четвертая пара применяется для CS/CD

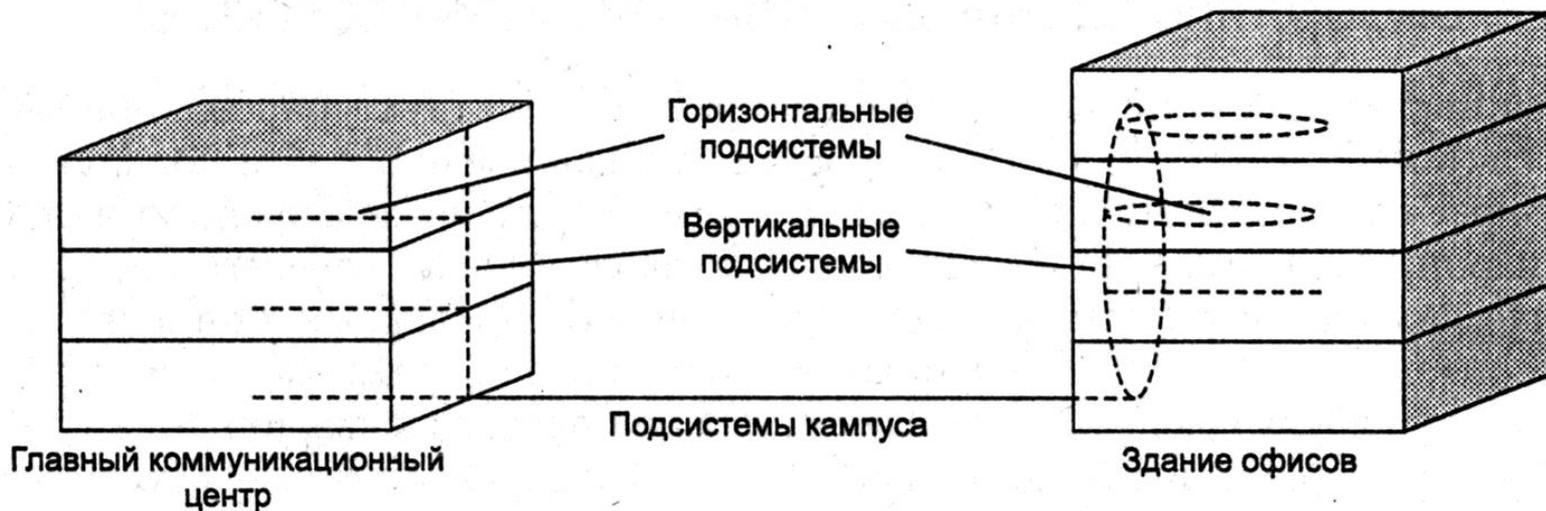
Структурированные кабельные системы (СКС)

- SCS (Structured Cabling System) – набор соединительных элементов и методика их использования для создания регулярной структуры связей в ИС ISO/IEC 11801 (1995г.) и 15018 (2001г.)
- ГОСТ Р53246-2008 Информационные технологии. СИСТЕМЫ КАБЕЛЬНЫЕ СТРУКТУРИРОВАННЫЕ
- Преимущества:
 - универсальность
 - срок службы 10-15 лет
 - уменьшение стоимости подключения
 - возможность расширения сети
 - простота обслуживания
 - Надежность (совместимость компонентов)

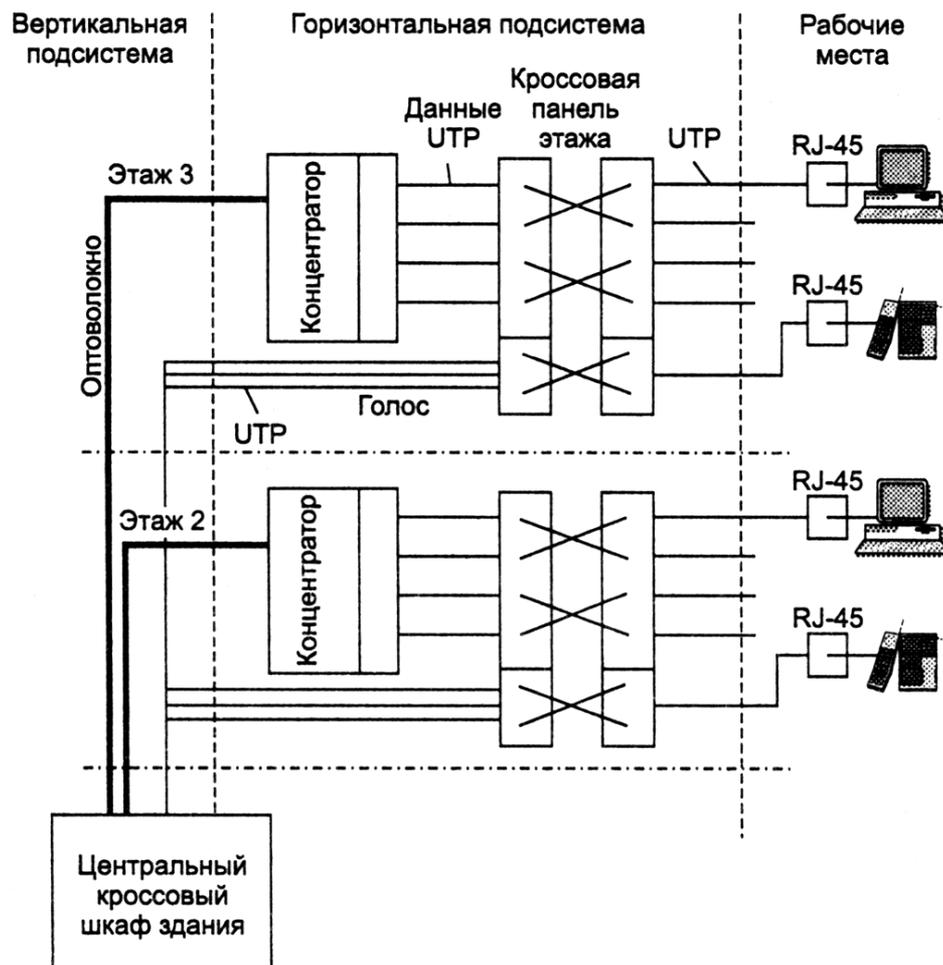
Иерархия СКС



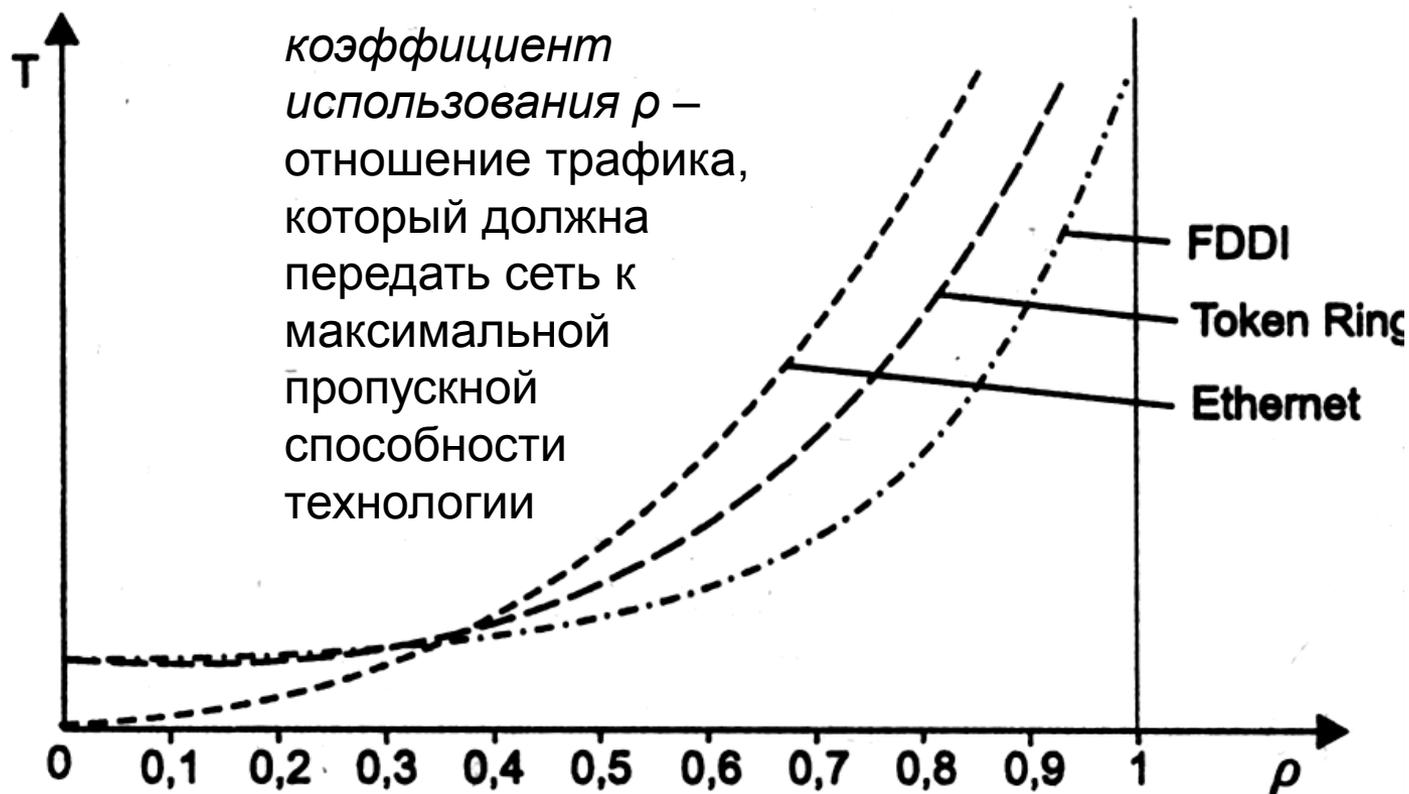
Горизонтали и вертикали СКС



Элементы СКС

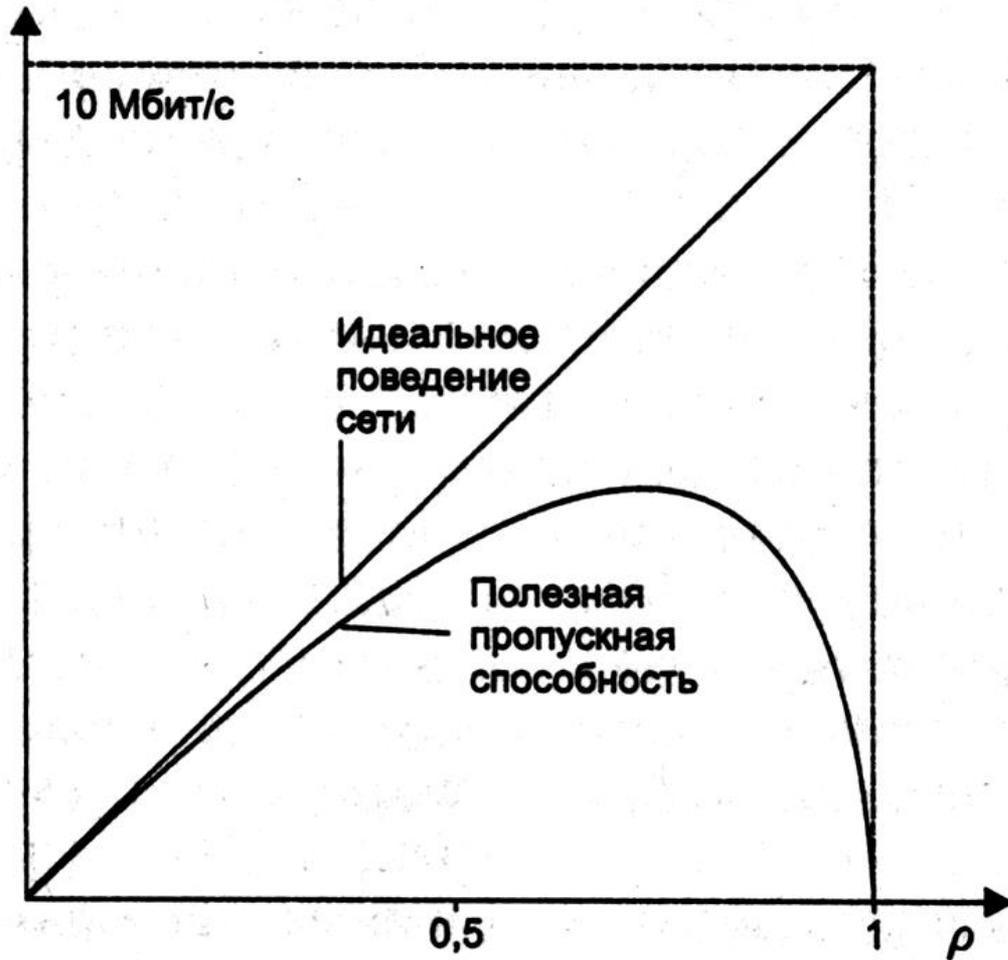


Задержки доступа к среде

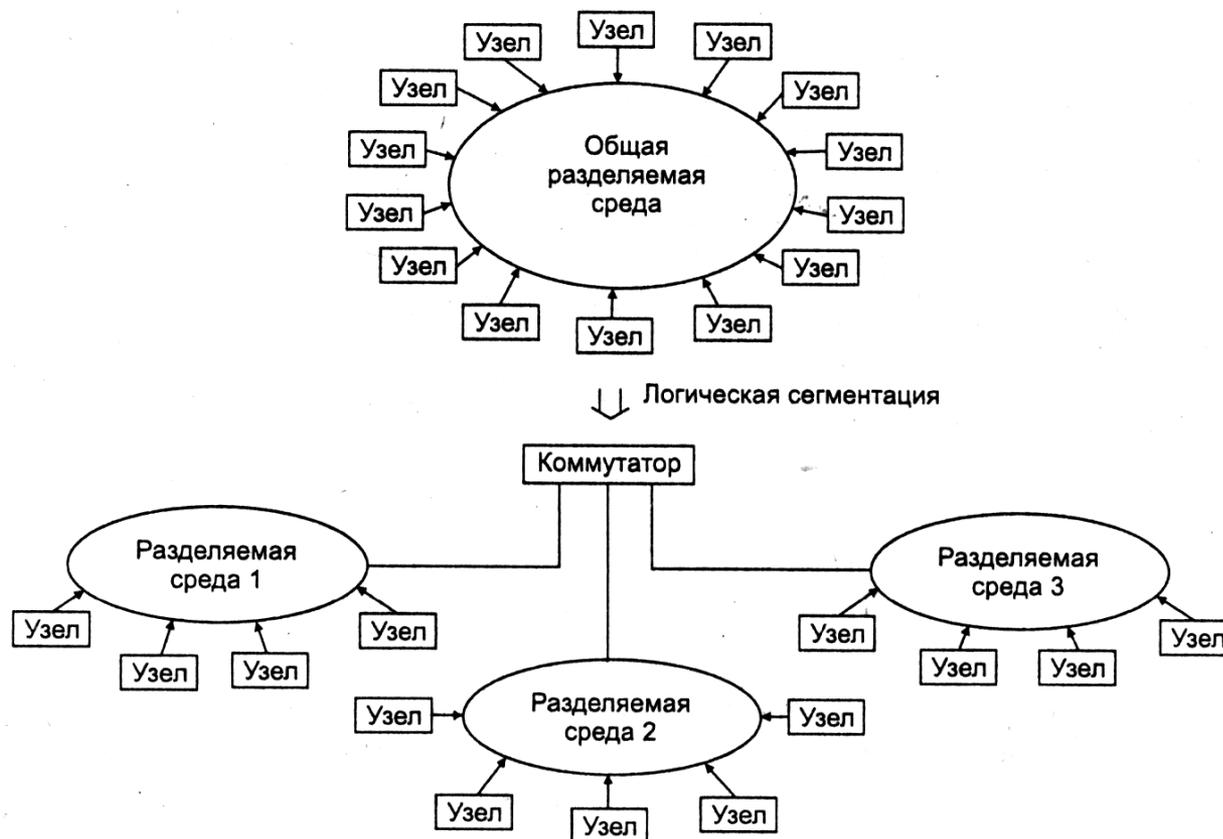


Зависимость пропускной способности сети от коэффициента использования

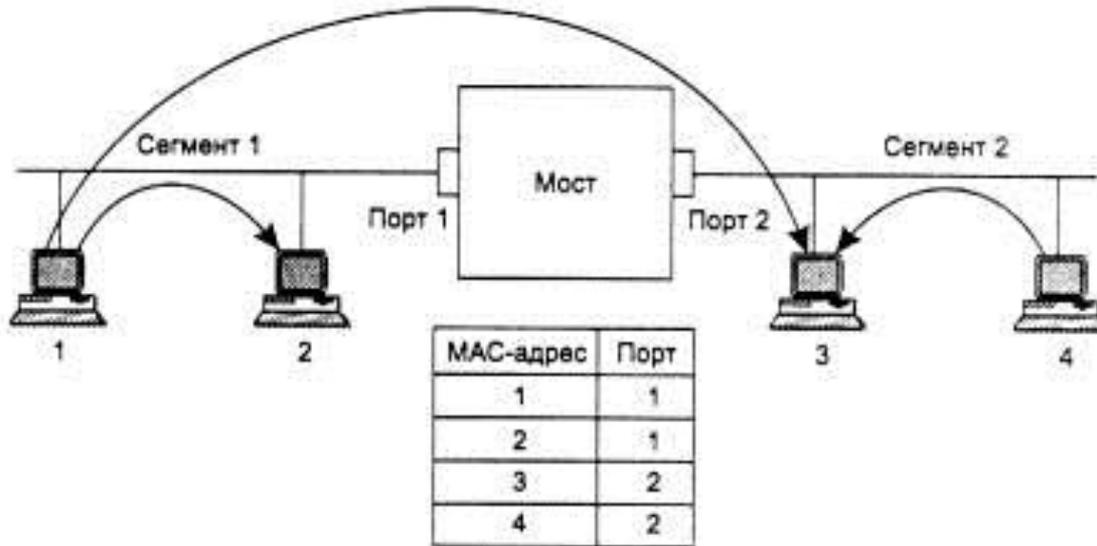
коэффициент использования ρ – отношение трафика, который должна передать сеть к максимальной пропускной способности технологии



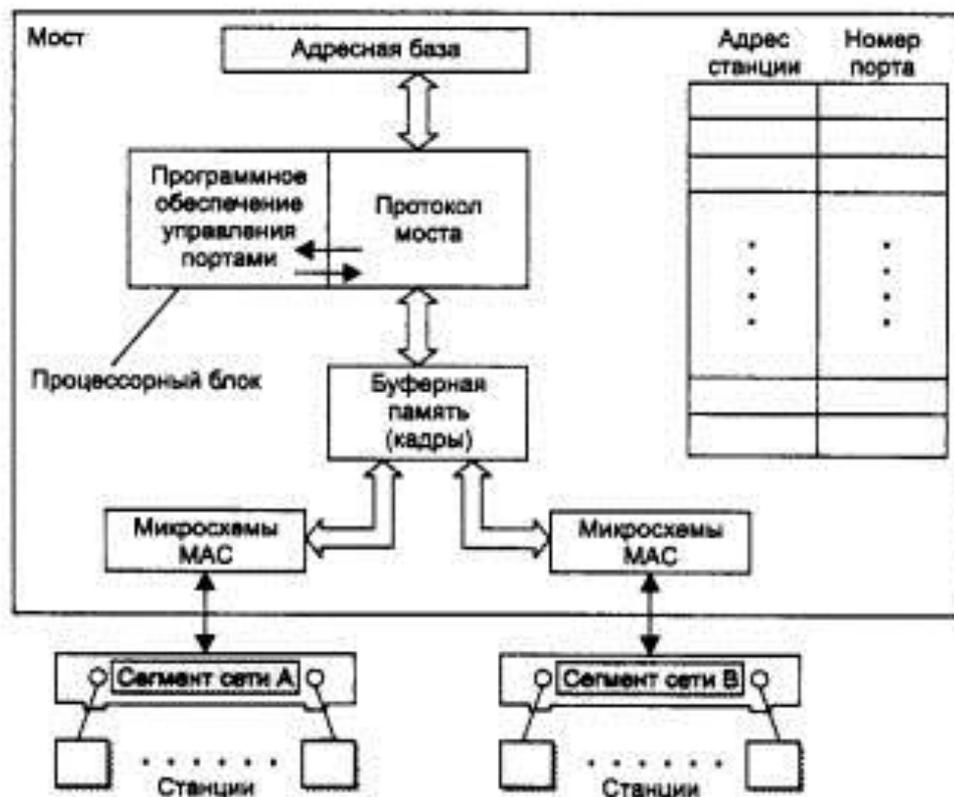
Структуризация сети



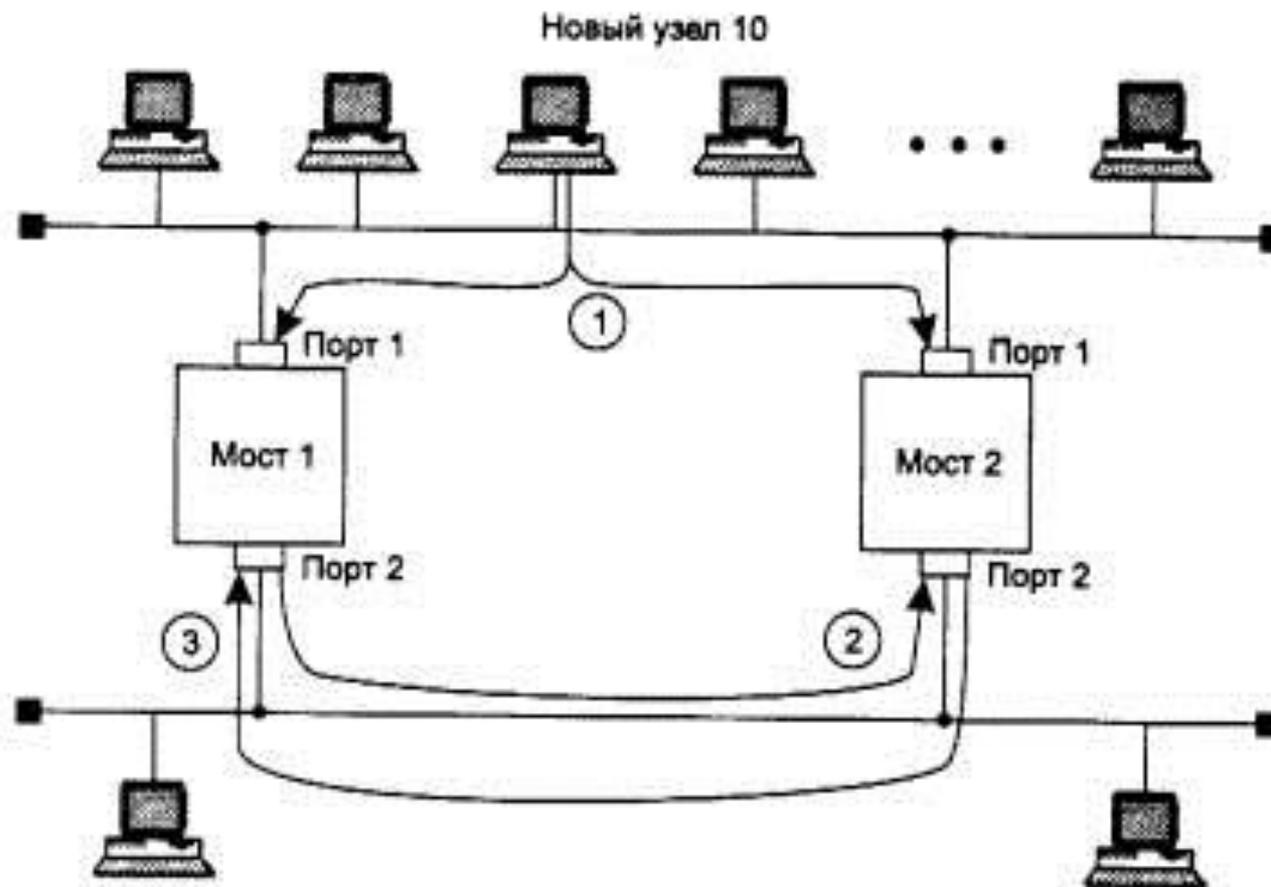
Transparent bridge (IEEE 802.1D), Source routing



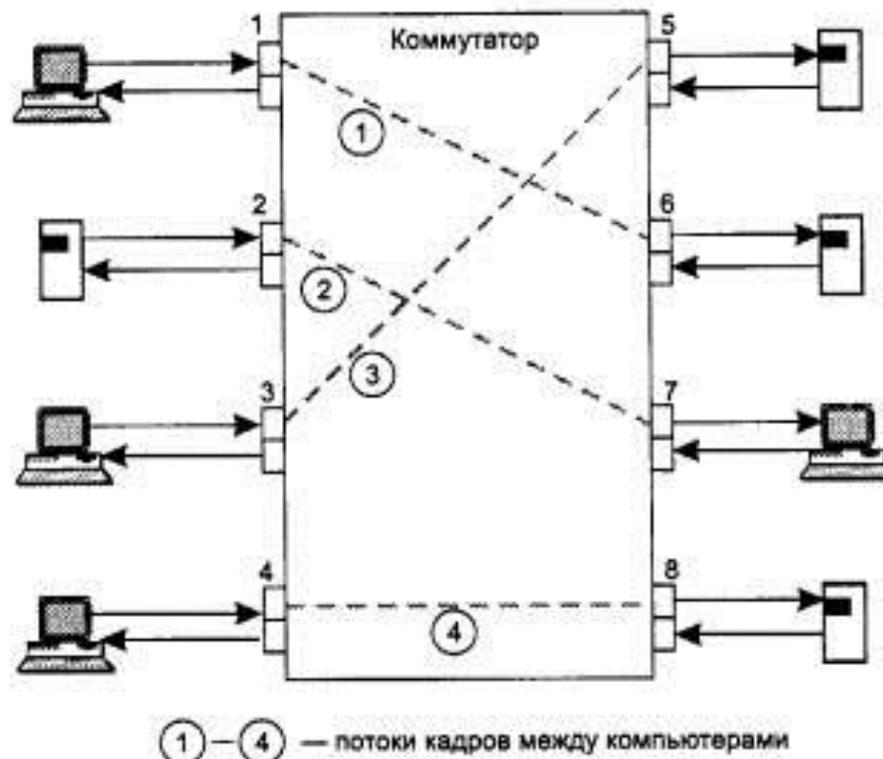
Структура моста



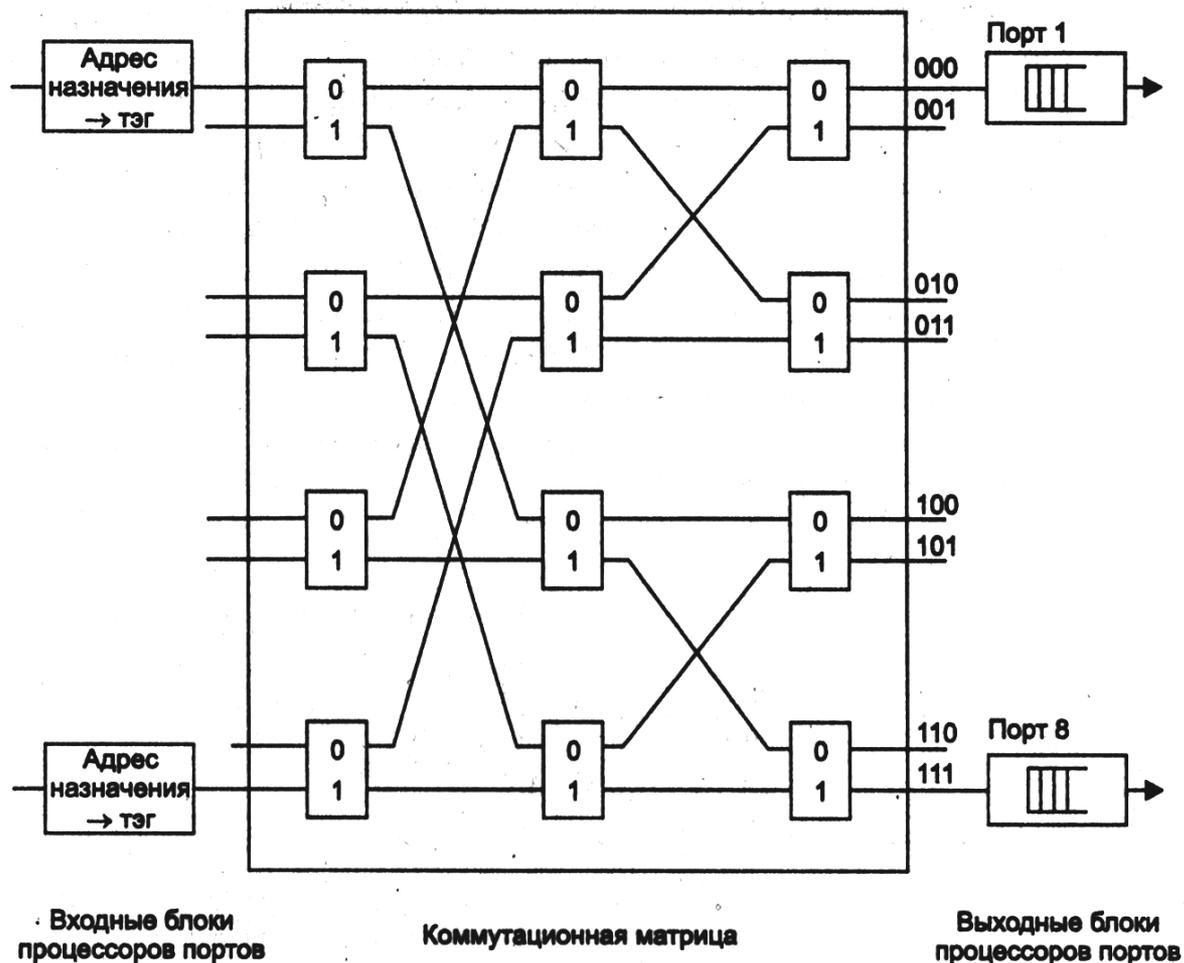
Петли и широковещательный шторм



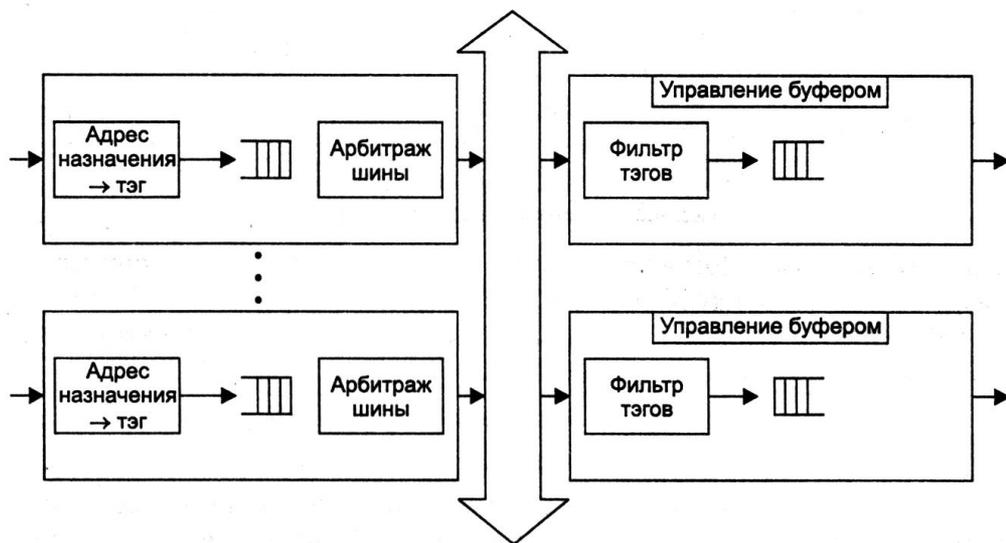
Работы коммутатора



Коммутаторы с управляемой матрицей соединений

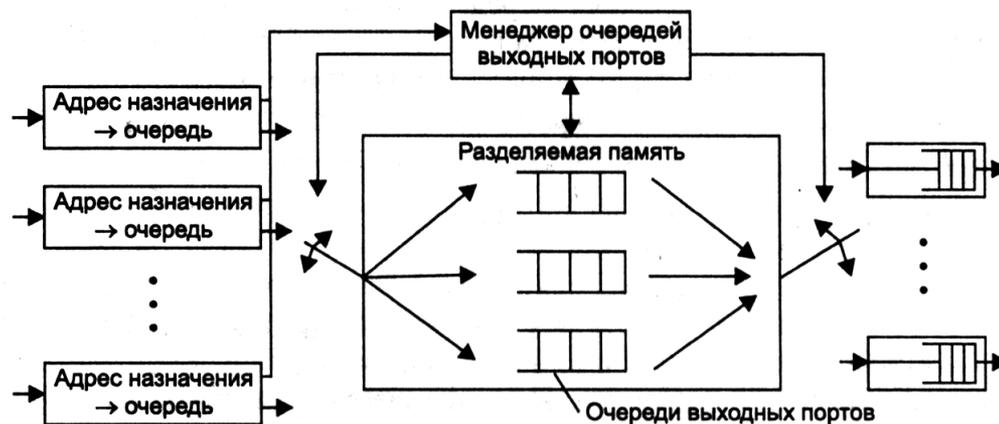


Коммутаторы с разделяемыми шиной и памятью

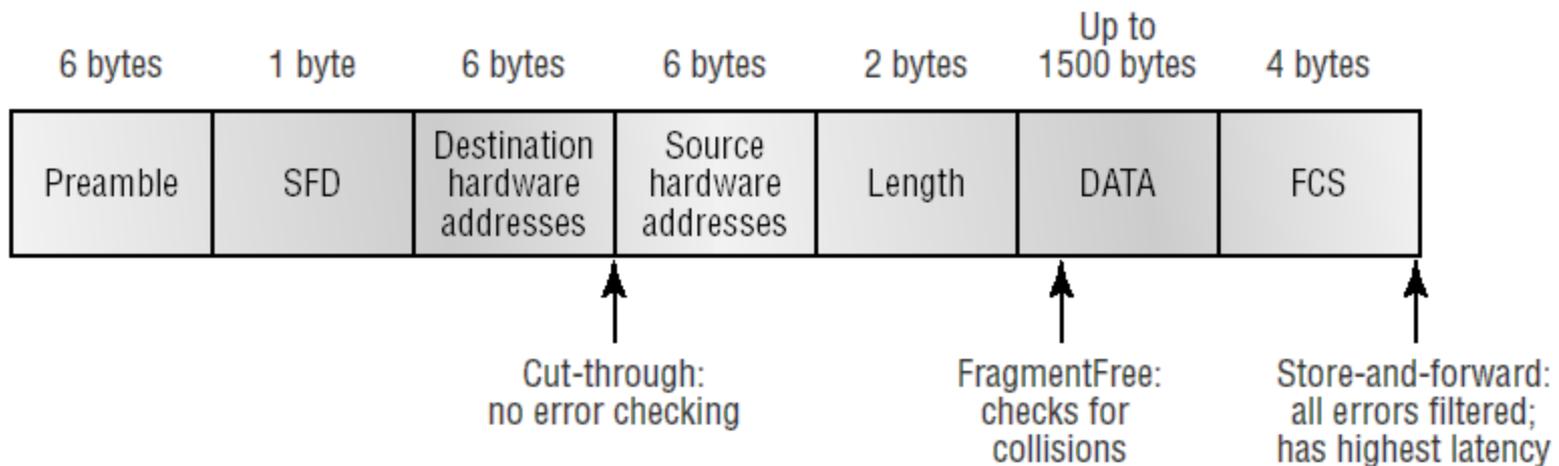


Коммутаторы с матрицей соединений называют cut-through

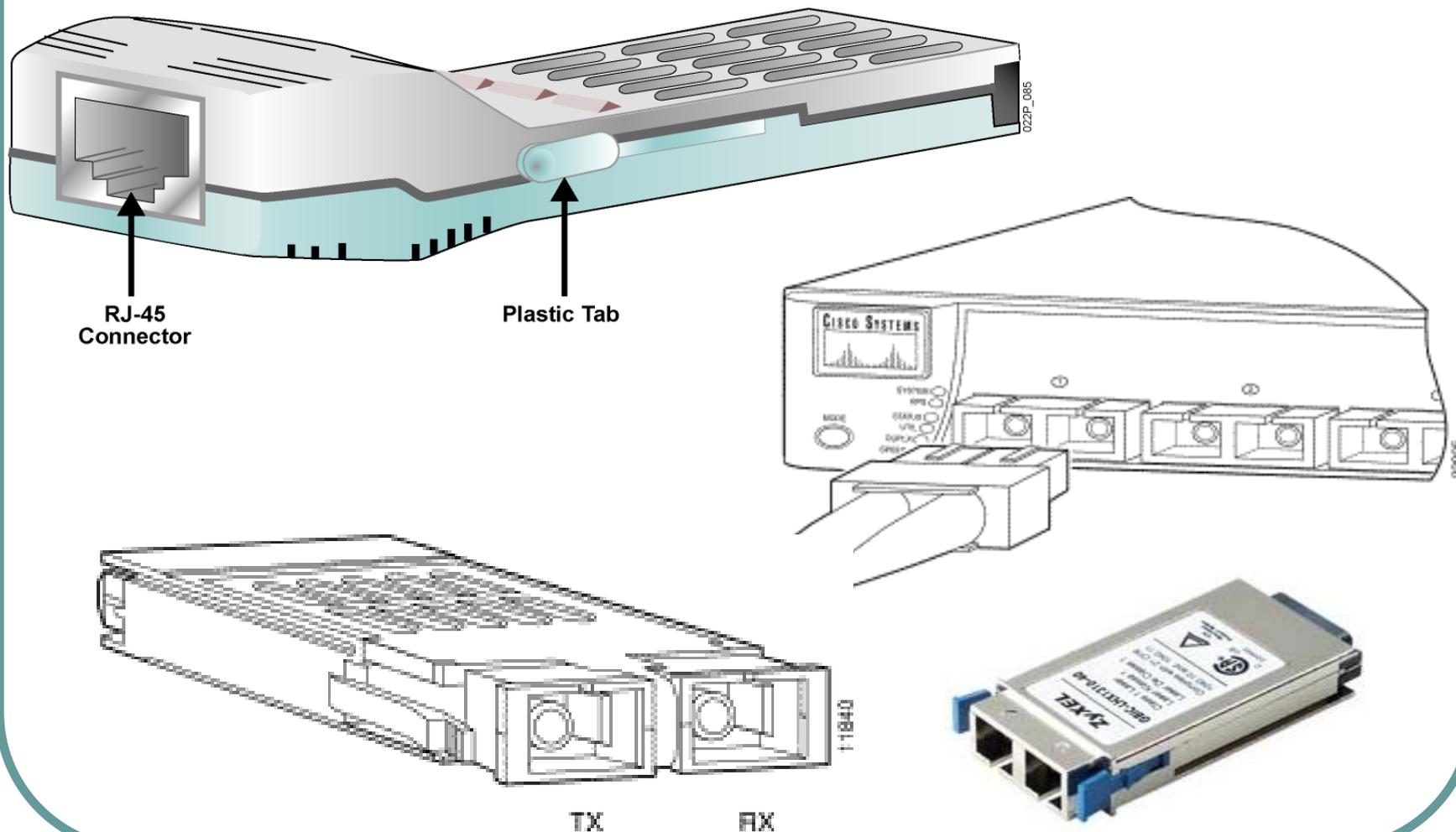
Коммутаторы с промежуточным хранением кадра – store and forward



Типы коммутаторов



Модули для сетевого оборудования, GBIC (Gigabit Interface Converter)



Small Form-factor Pluggables (SFP, Mini-GBIC)

- Развитие GBIC модулей – приемопередатчики SFP, XFP, SFP+
- Помимо оптических сред для сигналов разных длин волн, SFP поддерживает и витую пару - 1000BASE-T
- SFP+ - enhanced SFP, поддерживает до 10Гб/с, в отличие от 4Гб/с SFP
- XFP – еще один промышленный стандарт на 10Гб/с приемопередатчики
- Несмотря на поддержку 10Гб/с, SFP+ XFP модулей для 10GBASE-T пока не существует (проблемы P)
- Некоторые модули поддерживают мониторинг параметров сигналов DDM (Digital Diagnostic Monitoring)



SFP

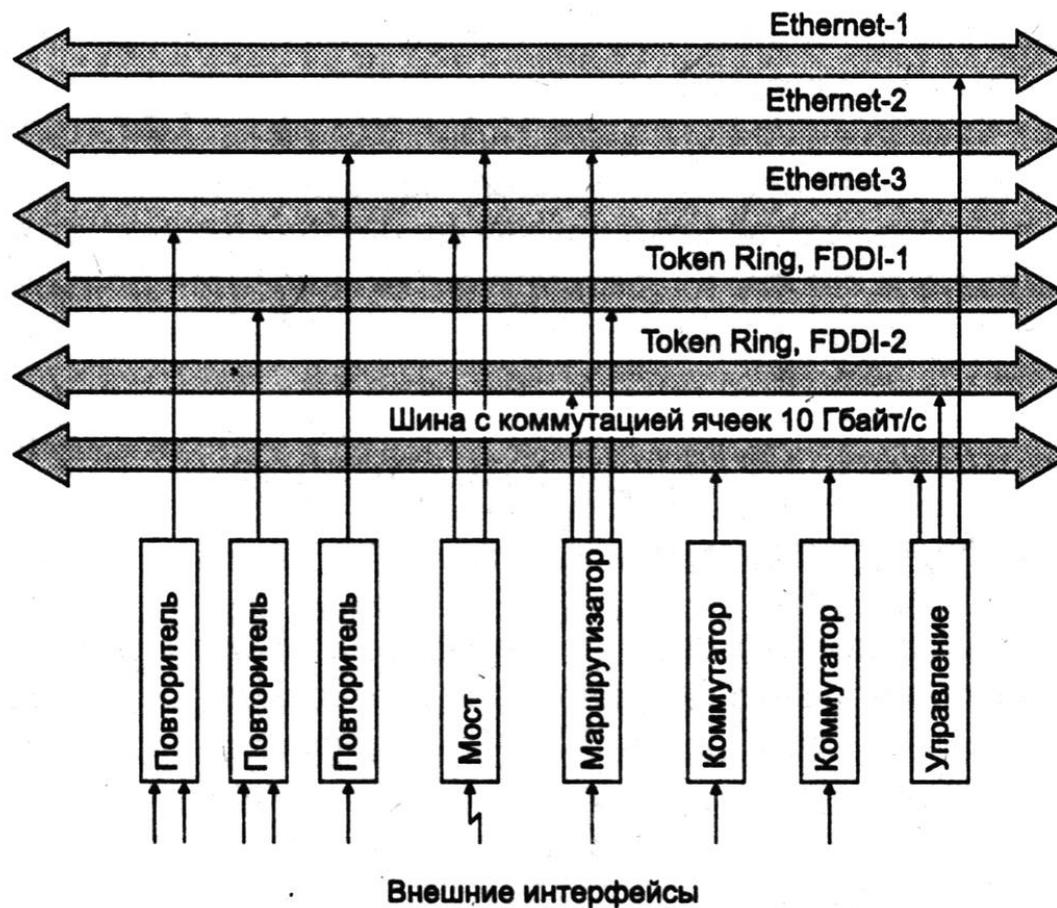


SFP 1000BASE-T

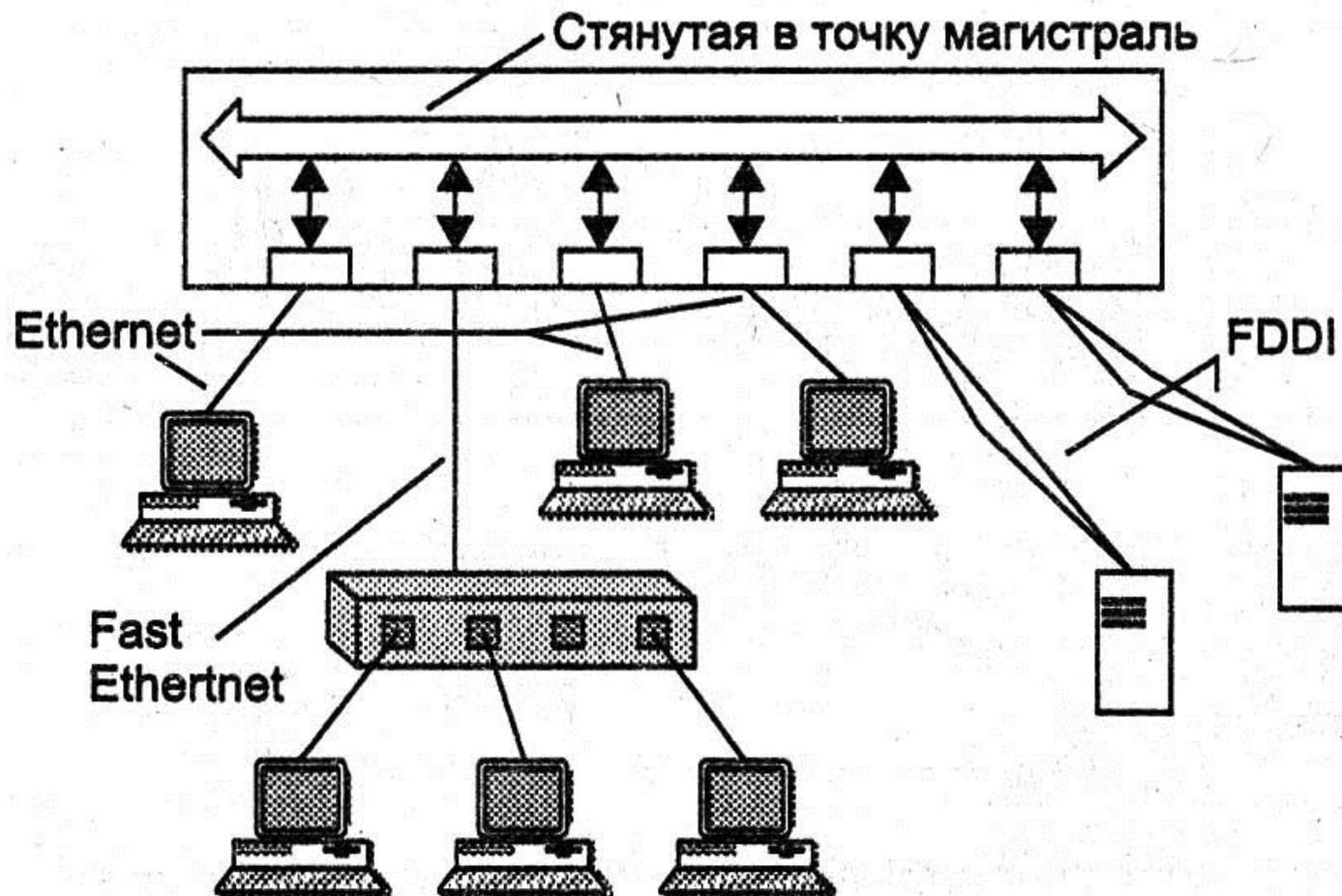


XFP

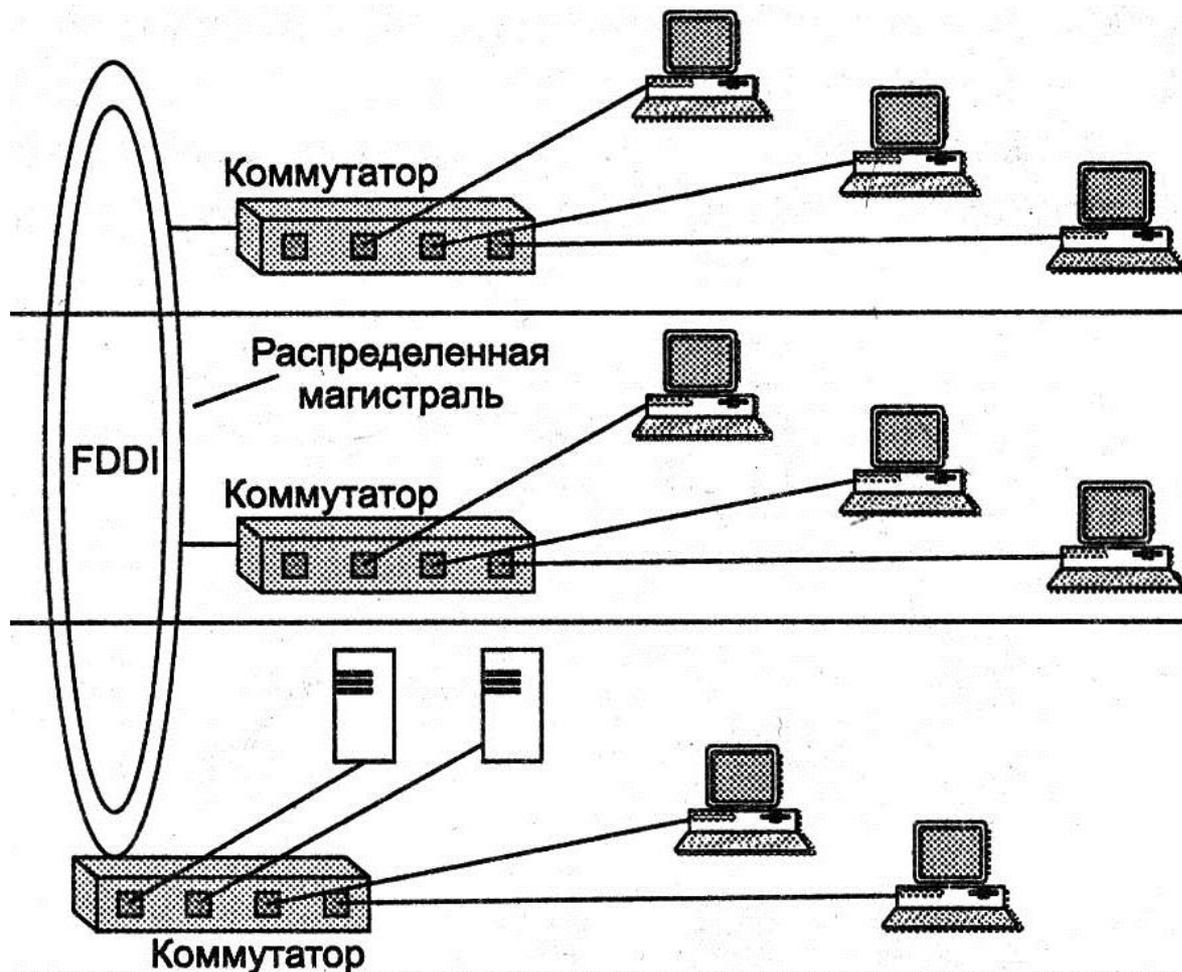
Коммутаторы корпоративных сетей



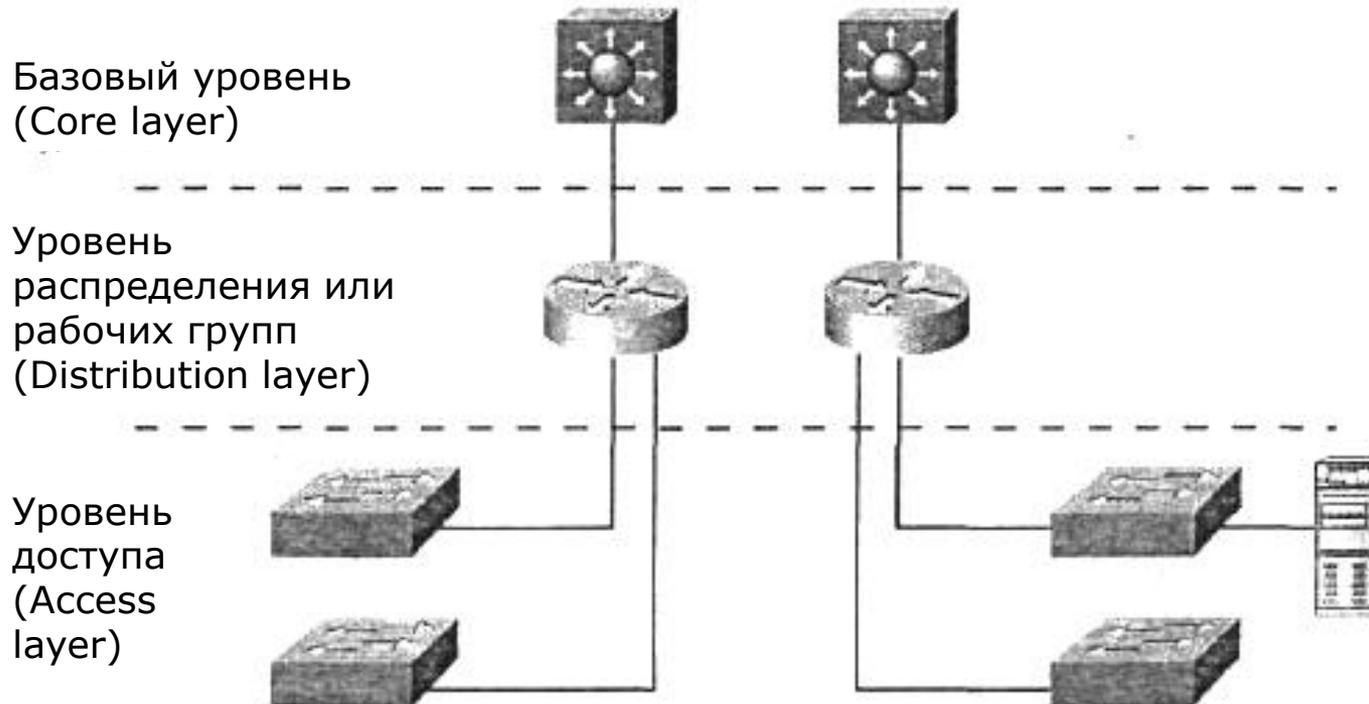
Типовая схема применения коммутаторов «магистраль в точке» (collapsed backbone)



Типовая схема применения коммутаторов «распределенная магистраль» (distributed backbone)



Иерархическая модель CISCO

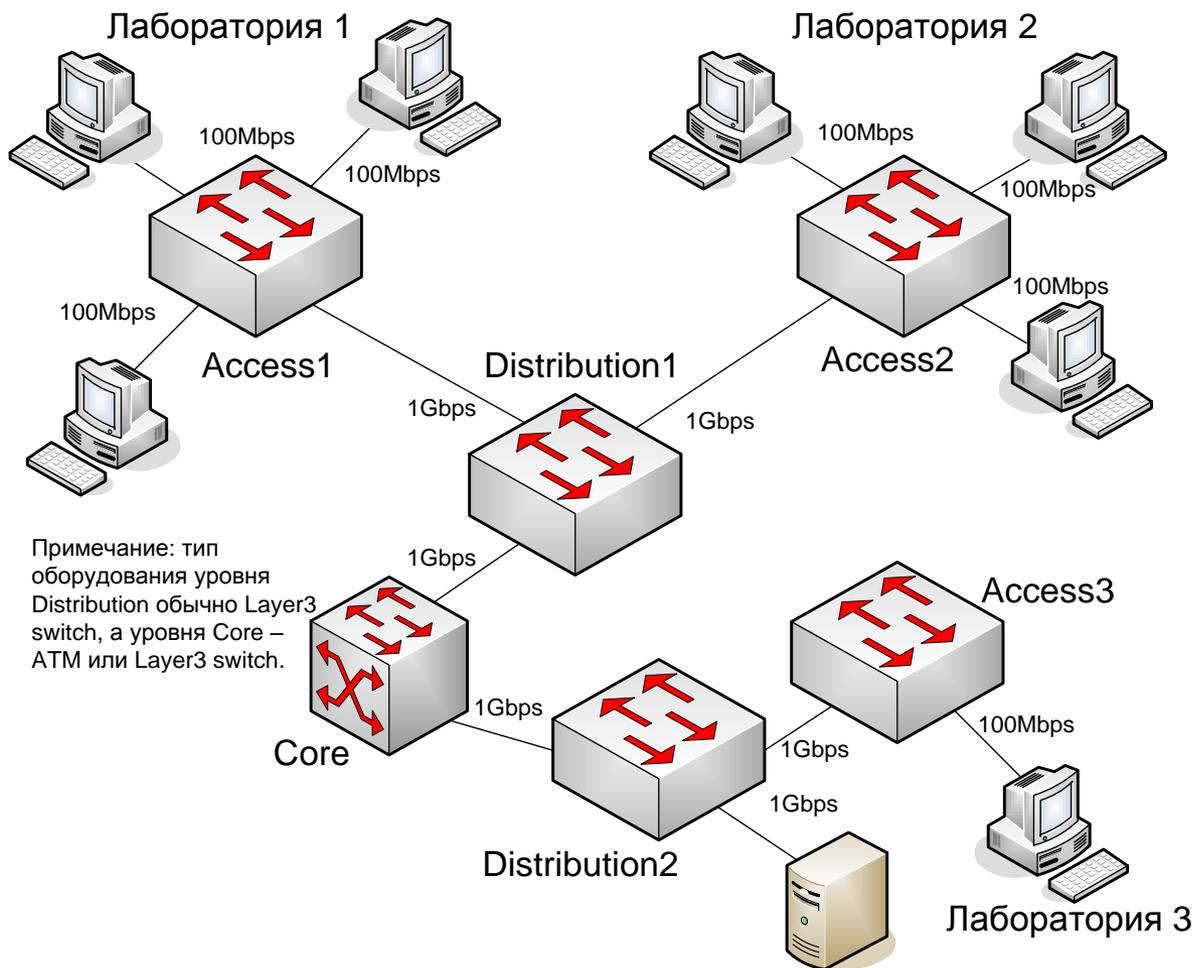


Здесь и далее использованы рисунки из: «Designing Cisco Network Service Architectures» Джона Тиса, Cisco Press.

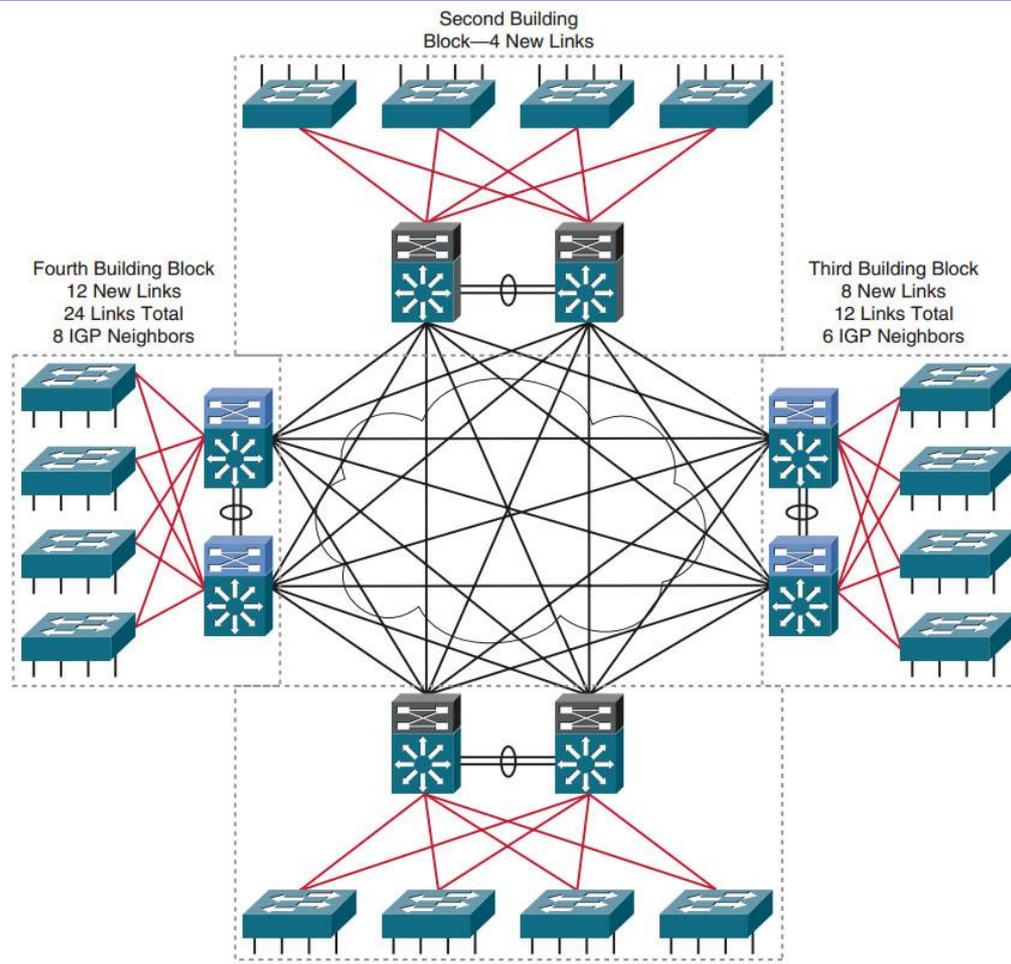
Функции уровней: базового, распределения, доступа

- Быстрая коммутация трафика
- Реализация инструментов, подобных спискам доступа, фильтрации пакетов или механизму запросов.
- Реализация системы безопасности и сетевых политик, включая трансляцию адресов и установку брандмауэров.
- Перераспределение между протоколами маршрутизации, включая использование статических путей.
- Маршрутизация между сетями VLAN и другие функции поддержки рабочих групп.
- Определение доменов широковещательных и многоадресных рассылок.
- Постоянный контроль (из уровня распределения) за доступом и политиками
- Формирование независимых доменов конфликтов/коллизий (сегментация)
- Соединение рабочих групп с уровнем распределения

Иерархическая модель CISCO

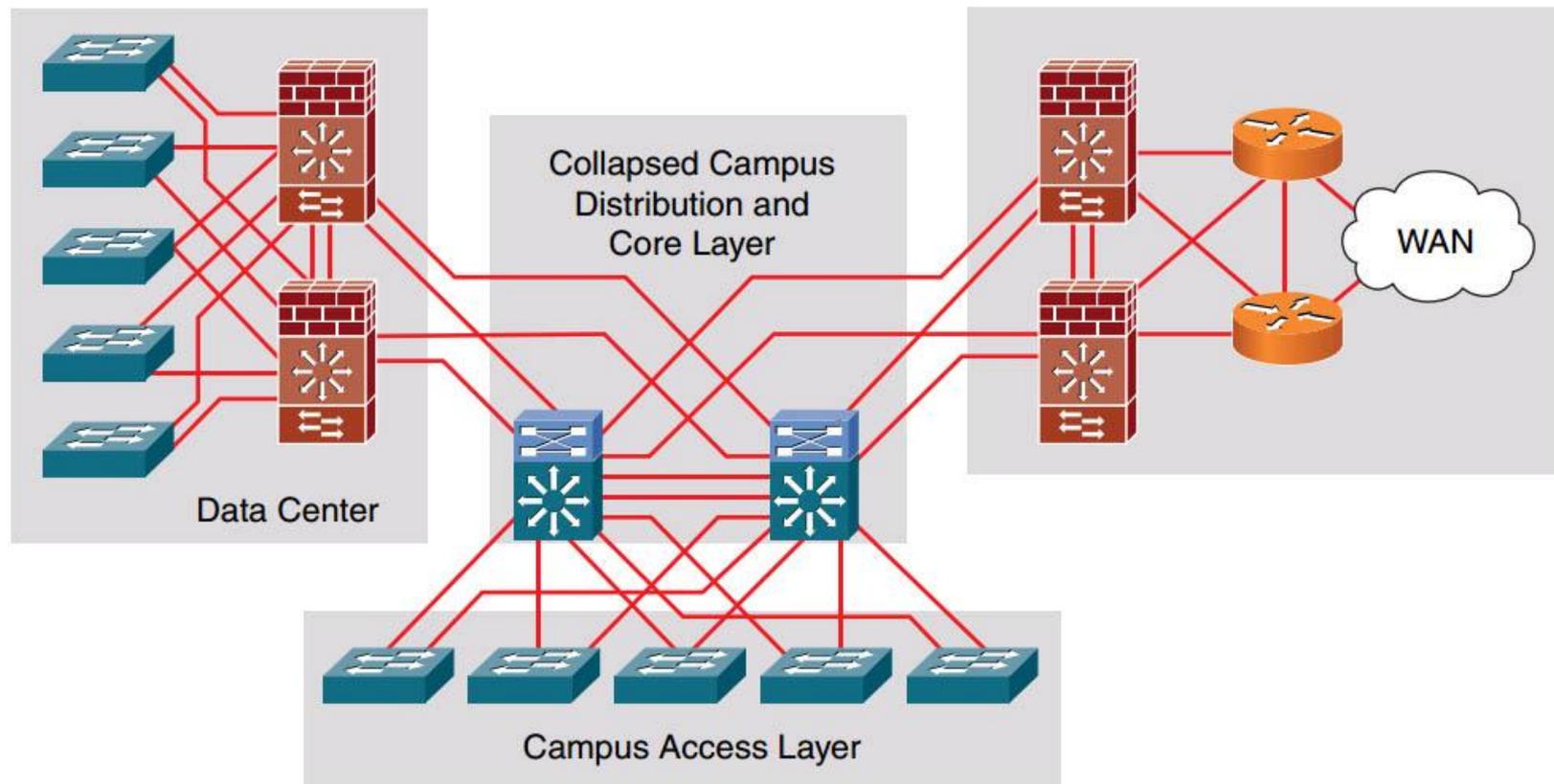


Сеть без уровня Core

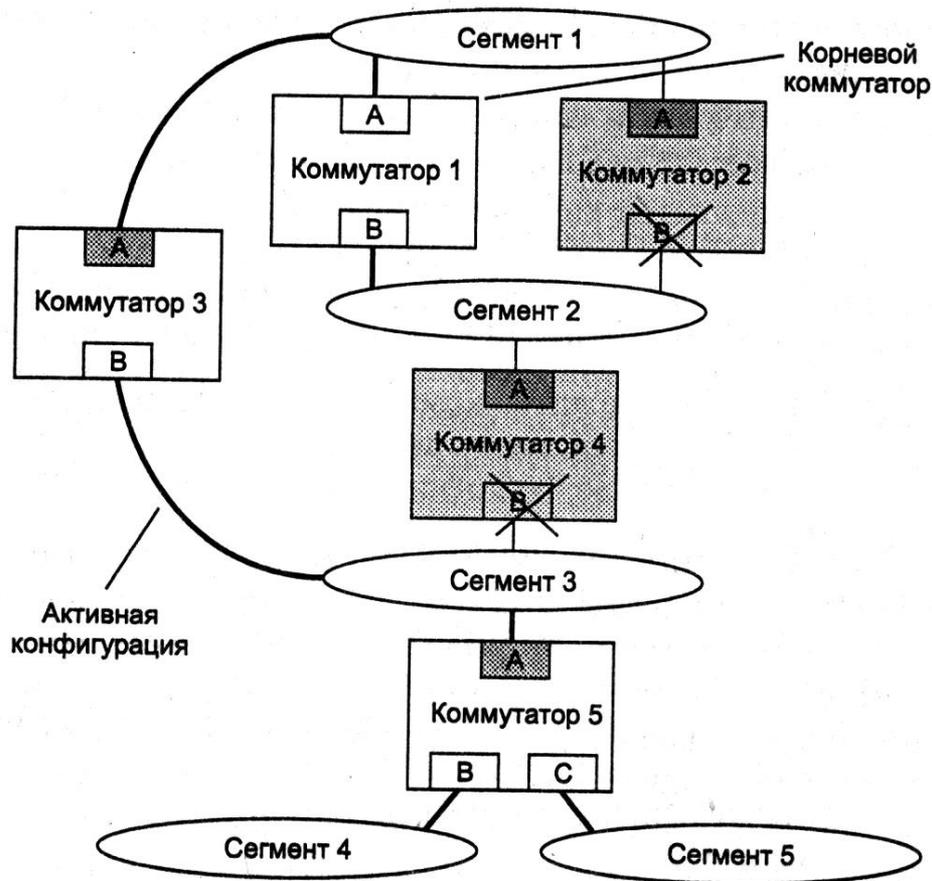


$$n(n-1)/2 = \text{Number of Unique Connections in a Full-Mesh Network}$$

Collapsed core



Spanning Tree Algorithm/Protocol, IEEE802.1D



Корневой коммутатор (в начальном момент каждый) передает BPDU (Bridge Protocol Data Unit) сообщения по которым происходит:

- определение корневого коммутатора «root switch» автоматически (мин. MAC-адрес) или администратором
- определение корневого порта «root port» для каждого коммутатора (мин. расстояние до root)
- определение назначенного порта для каждого сегмента «designated port» (мин. расстояние до root)