

Телекоммуникационные системы

- (2 часа лекций + 2 часа лаб.) в неделю
- около 80 акад. часов
- кафедра Информационных Систем
 - Коваль Андрей Сергеевич

Литература

Основная литература:

Таненбаум Э. Компьютерные сети. – 4-е изд. пер. с англ.– СПб.: Питер, 2003. – 991с.

Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – СПб: Питер, 2000. – 672с.

Семенов Ю.А. (ГНЦ ИТЭФ), <http://www.citforum.ru/nets/semenov/>

Методички:

Коваль А.С. Информационные сети : учебные материалы к лекционным занятиям: для студентов 3-го курса дневного отделения факультета компьютерных наук, 2006.

Коваль А.С. Информационные сети : учебные материалы к лабораторным занятиям: для студентов 3-го курса дневного отделения факультета компьютерных наук, 2006

Дополнительная литература:

Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети: Принципы, технологии, протоколы: Учебное пособие для студ. вузов. -2-е изд.-СПб. и др.: Питер, 2003.-863 с.

Минкомсвязи РФ, <http://minsvyaz.ru>

Информационно-аналитический портал об интернет-провайдинге <http://nag.ru/>

Определения

- Термин **сеть** обозначает множество взаимосвязанных узлов: часто автономных компьютеров и сетевого оборудования, частный случай «распределенных систем».
- Термин сеть настолько широк, что имеет **смысл с уточняющими определениями**: сеть ЭВМ, вычислительная, передачи данных, информационная, компьютерная, телекоммуникационная, первичная/вторичная и т.д.
- Определения уточняют назначение/цель созданной сети либо ее состав/реализацию

Эволюция сетей

- Эволюция, развитие всего, что связано с сетями происходит на разных планах:
 - изменяется **назначение** сетей от удаленного доступа к супер-ЭВМ, до универсальной среды информационного взаимодействия (поиск, систематизация, хранение информации, телефония, вещание, ВКС, IoT)
 - изменяются способы организации **бизнеса предоставления доступа** к сетям
 - изменяются способы **передачи данных**
 - эволюционирует поддержка сетей в **ОС компьютеров** и сами **компьютеры**

Важные этапы развития сетевых технологий

- Вычислительные сети, сети ЭВМ - мейнфреймов
- Межсетевое взаимодействие, ARPANET, DECNET, IP
- Локальные сети ПК и серверов
- Объединенные сети ПК и серверов, Internet
- Мобильные цифровые сети
- Беспроводные сети
- Сети хранения данных
- Сенсорные сети
- Конвергентные сети, NGN
- Internet of Things
- Body area networks
- Виртуальные свичи для виртуальных сред
- SDN сети

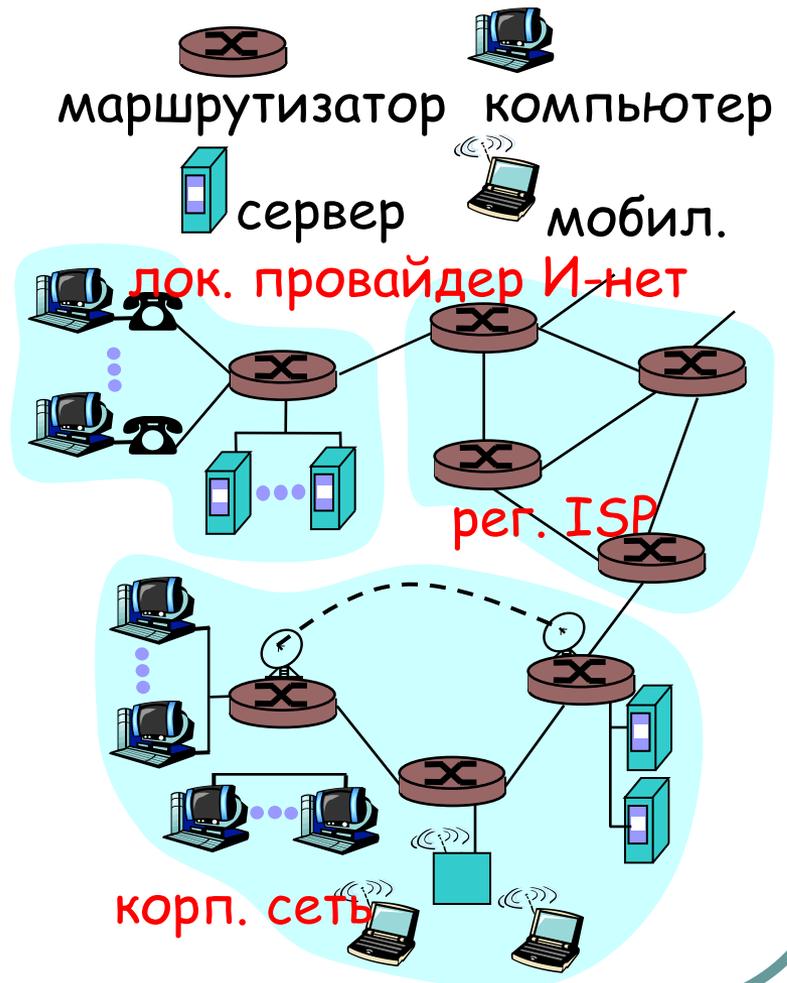
Проблемы и преимущества ИС

- Взаимодействие информационных систем в рамках информационной сети дает определенные преимущества перед изолированными системами, но и сопряжено с некоторыми проблемами.
- Преимущества:
 - возможность обеспечения высокой надежности за счет резервирования;
 - совместное использование дорогостоящих ресурсов;
 - возможность масштабирования ресурсов;
 - объединение людей в т.н. сетевые сообщества;
 - создание рабочих мест на месте проживания.
- Проблемы:
 - сложности в обеспечении защиты информации;
 - дополнительные расходы на сетевое оборудование, ПО и персонал сетевого администрирования.

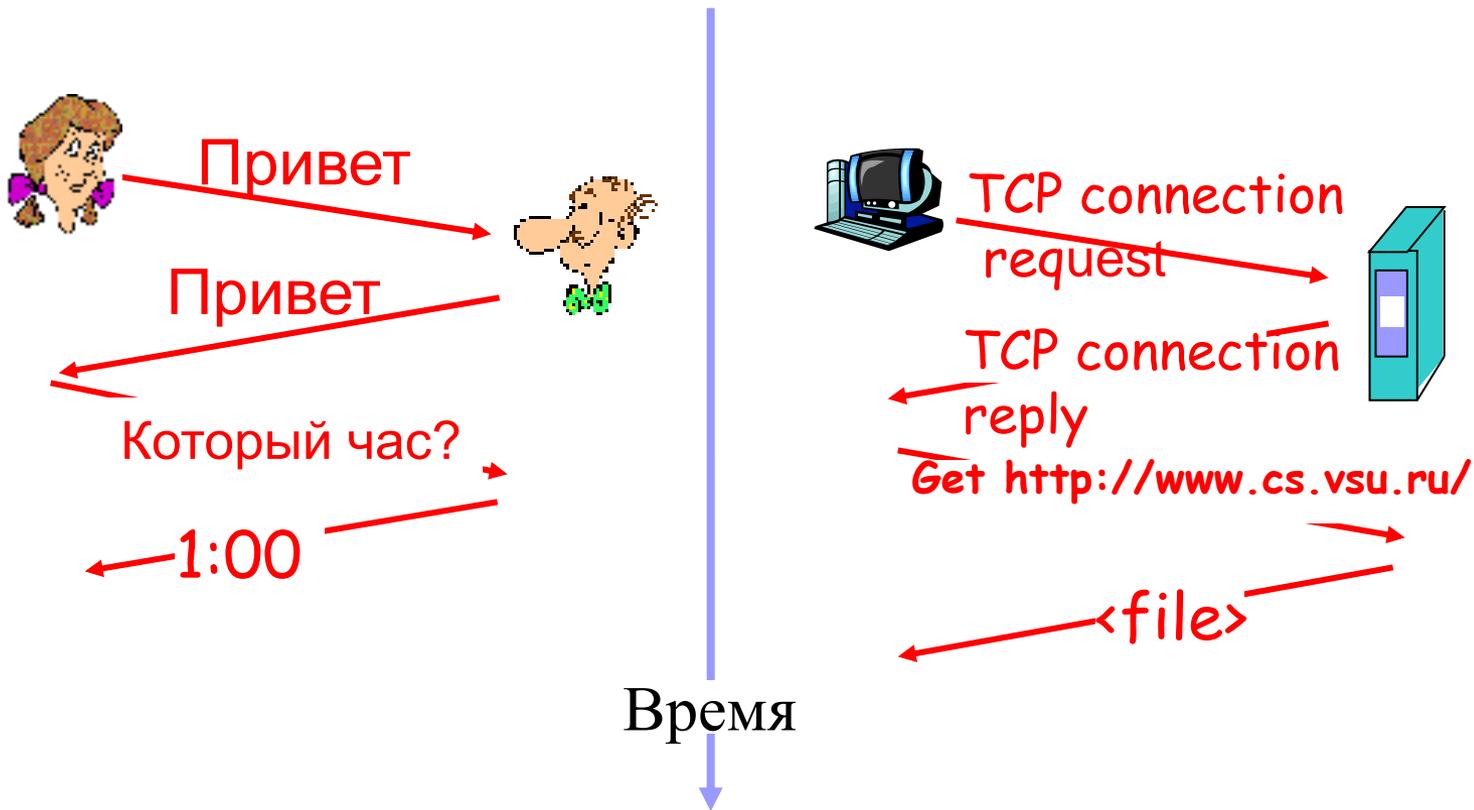
Протоколы в компьютерных сетях

- узлы (конечные системы)
- коммуникационные средства
- маршрутизаторы

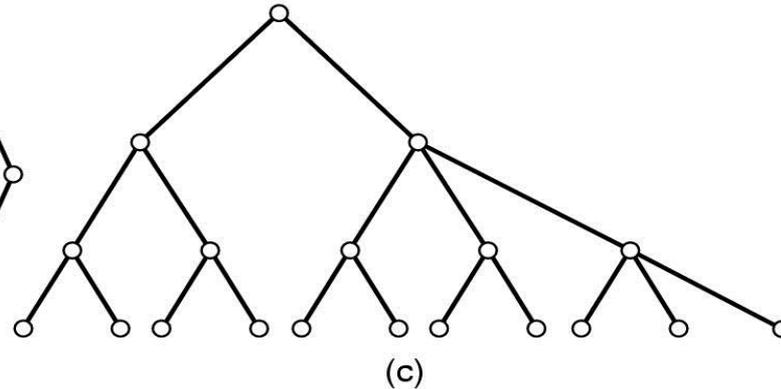
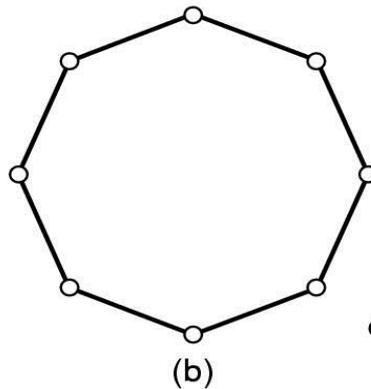
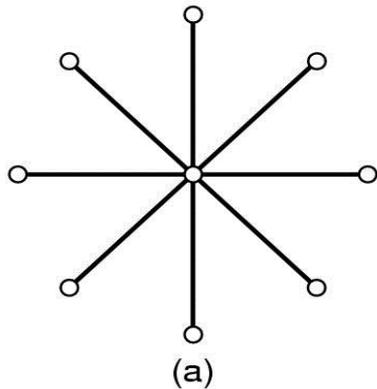
Протокол - правило, которое определяет формат, порядок передачи и приема сообщений элементами сети и действия выполняемые при приеме или передачи этих сообщений.



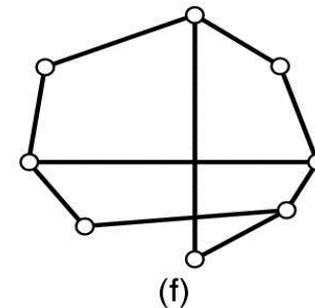
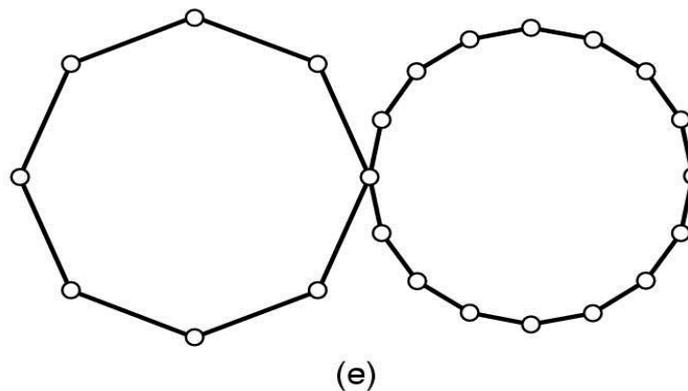
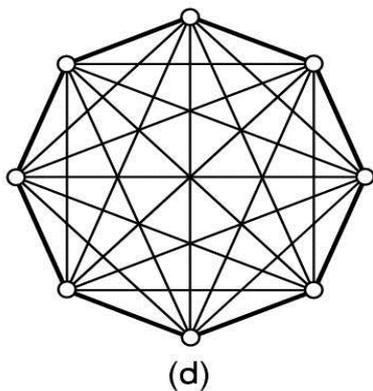
Пример протокола



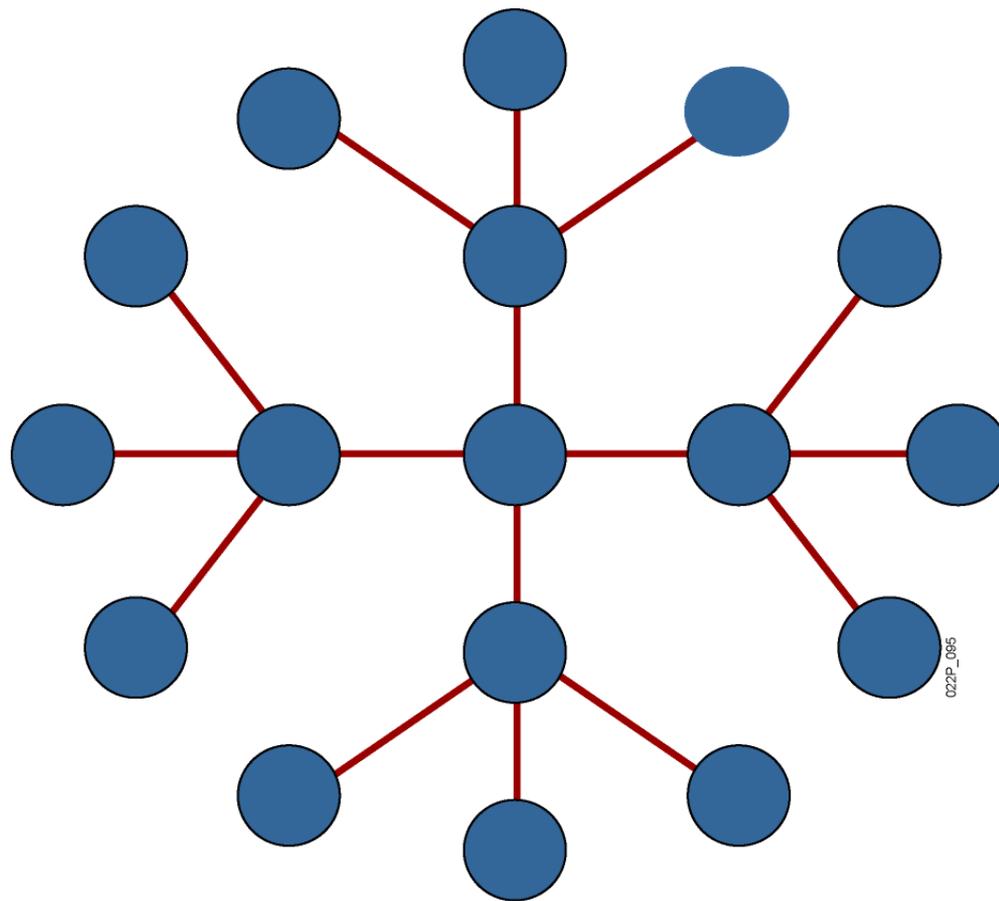
Классификация сетей по ТОПОЛОГИИ



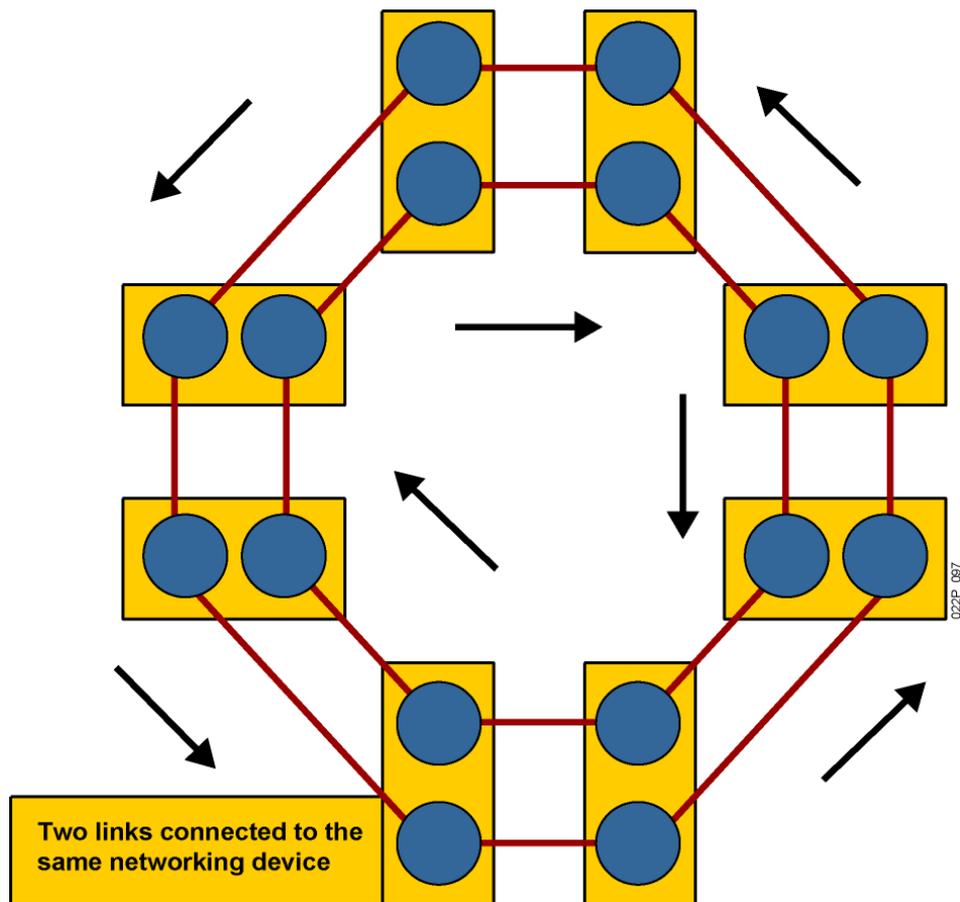
- Топологии – конфигурации взаимосвязей узлов сети (какой нет на рисунке ?)



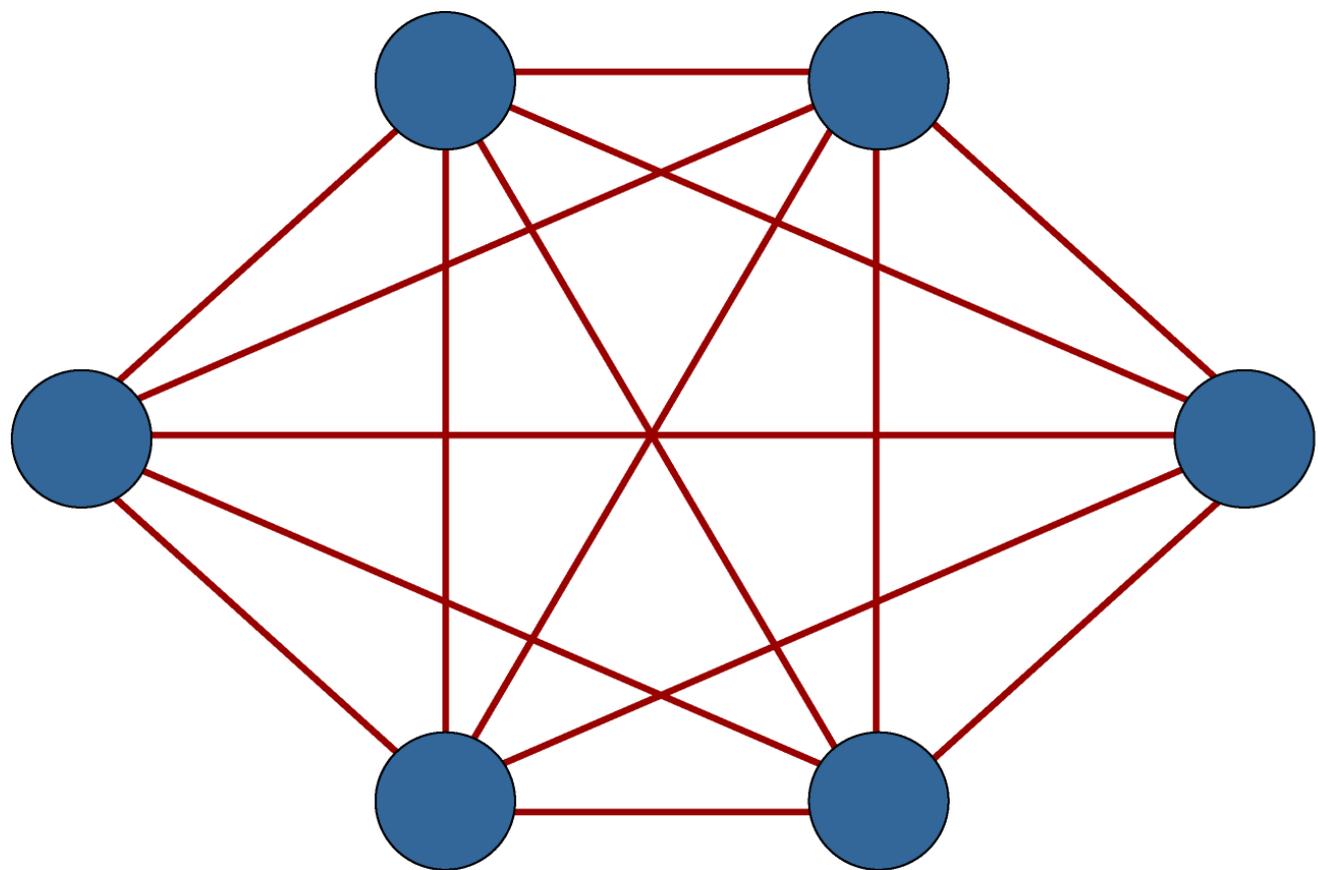
Топология «расширенная звезда» (снежинка)



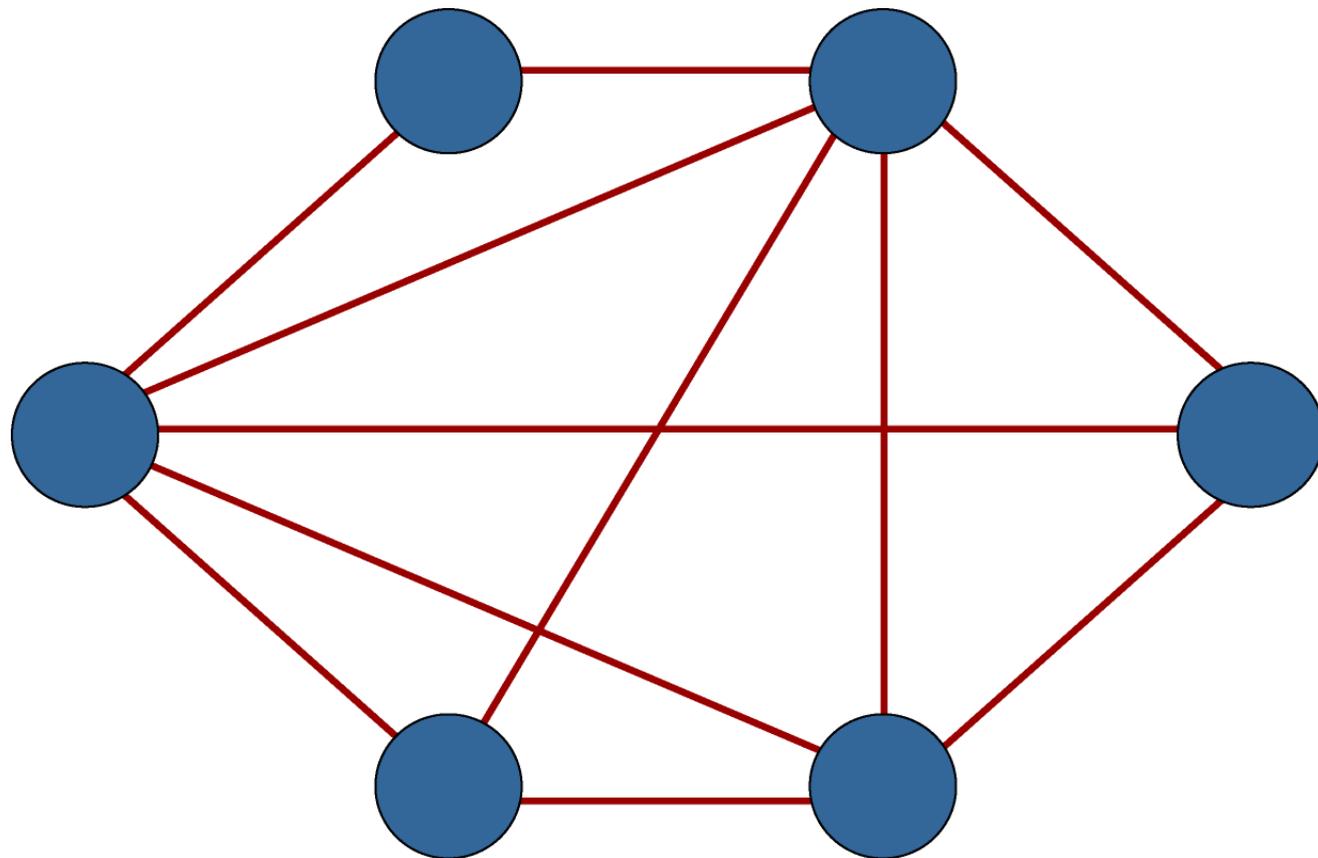
Топология «двойное кольцо»



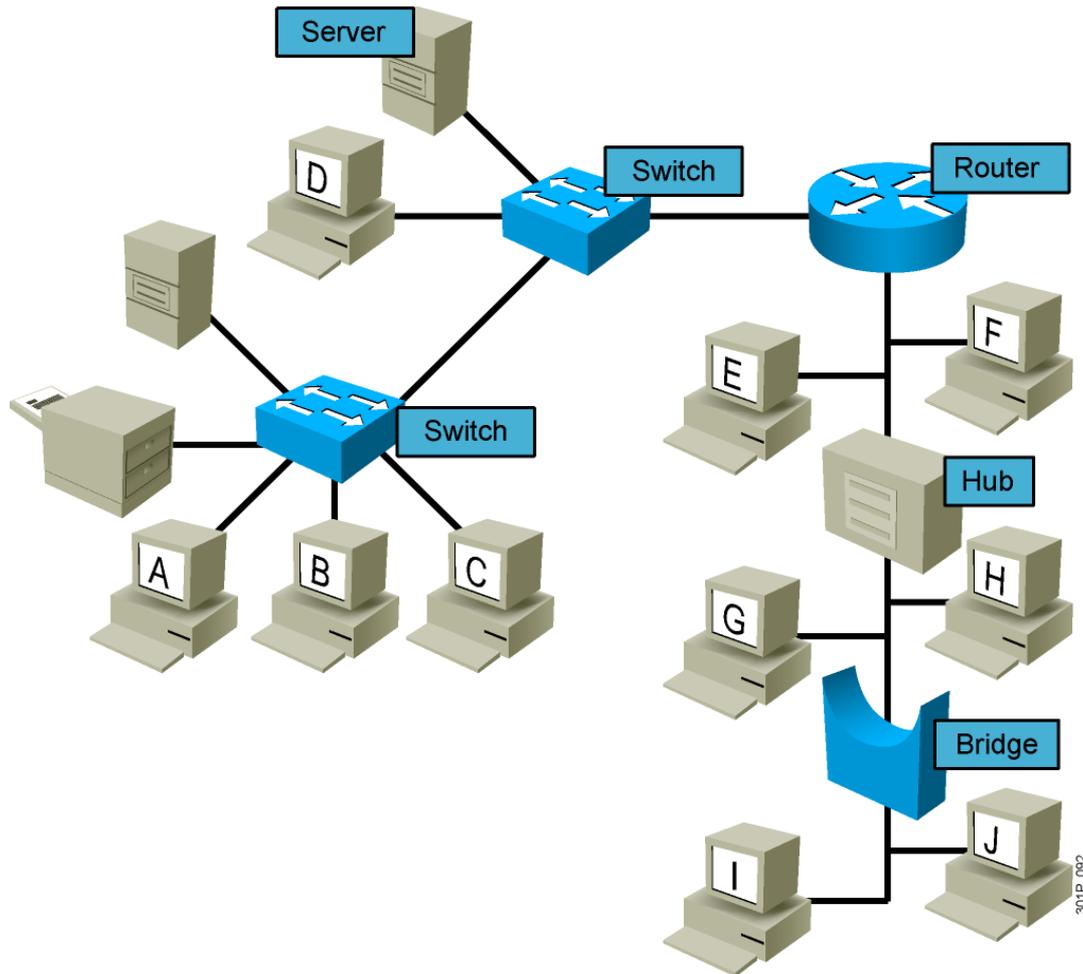
Полносвязная топология



Частично-связная топология



Логические топологии



Классификация сетей по масштабу: PAN, LAN, MAN, WAN

Название	BER, вероятность ошибки	Макс. расстояние между узлами, км	Обычная скорость передачи данных, Мбит/сек	Владение линиями связи
PAN	$10^{-7} - 10^{-9}$	0.1*	1-10	Частное
LAN	10^{-9}	1	10-100000**	Частное
MAN	10^{-6}	50	155-2488	Частное или муниципальное
WAN	$10^{-3} - 10^{-5}$	более 50	10-2488	Телекоммуникационные компании

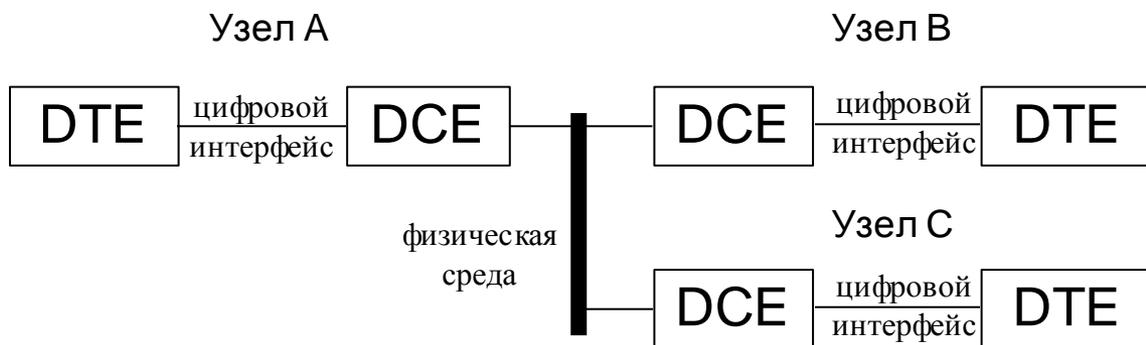
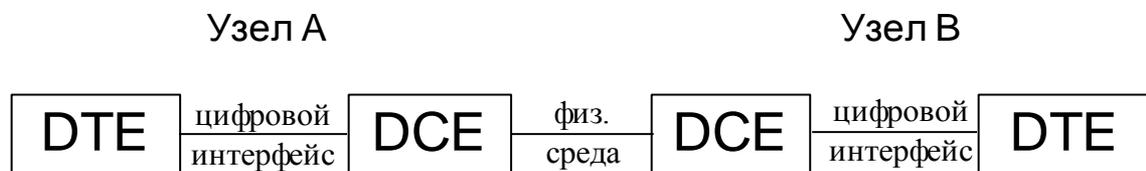
Примечания:

* IEEE 802.15.1, Bluetooth

** IEEE 802.3ba, 40Гб/с и 100Гб/с Ethernet

Элементы структуры сети и их конфигурации

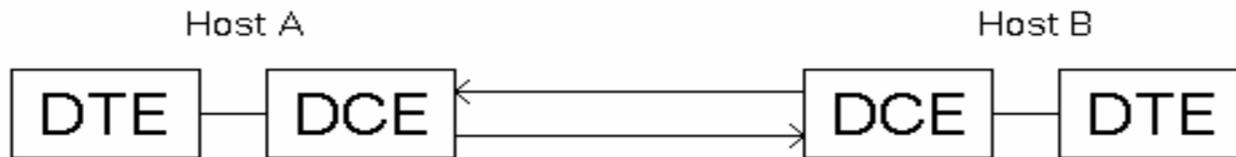
DTE – Data Terminating Equipment (Оконечное Оборудование Данных, ООД)
DCE - Data Circuit-terminating Equipment (Аппаратура Канала Данных, АКД)



Конфигурация точка-точка и многоточечная конфигурация

Потоки данных

- Дуплексный (полно-дуплексный)
- Полудуплексный
- Симплексный



Передача и прием данных происходят одновременно



Передача и прием данных производится не одновременно, а последовательно



Сеансы, сообщения и пакеты

- **Сообщения** – логически завершенные элементы данных, которыми обмениваются сетевые приложения
- Сообщения передаются в рамках **сеанса**, который должен быть установлен, поддерживаться в течение времени обмена сообщениями и, затем, завершен
- Обычно сообщение разбивается на более мелкие фрагменты данных, которые называются **пакетами**.

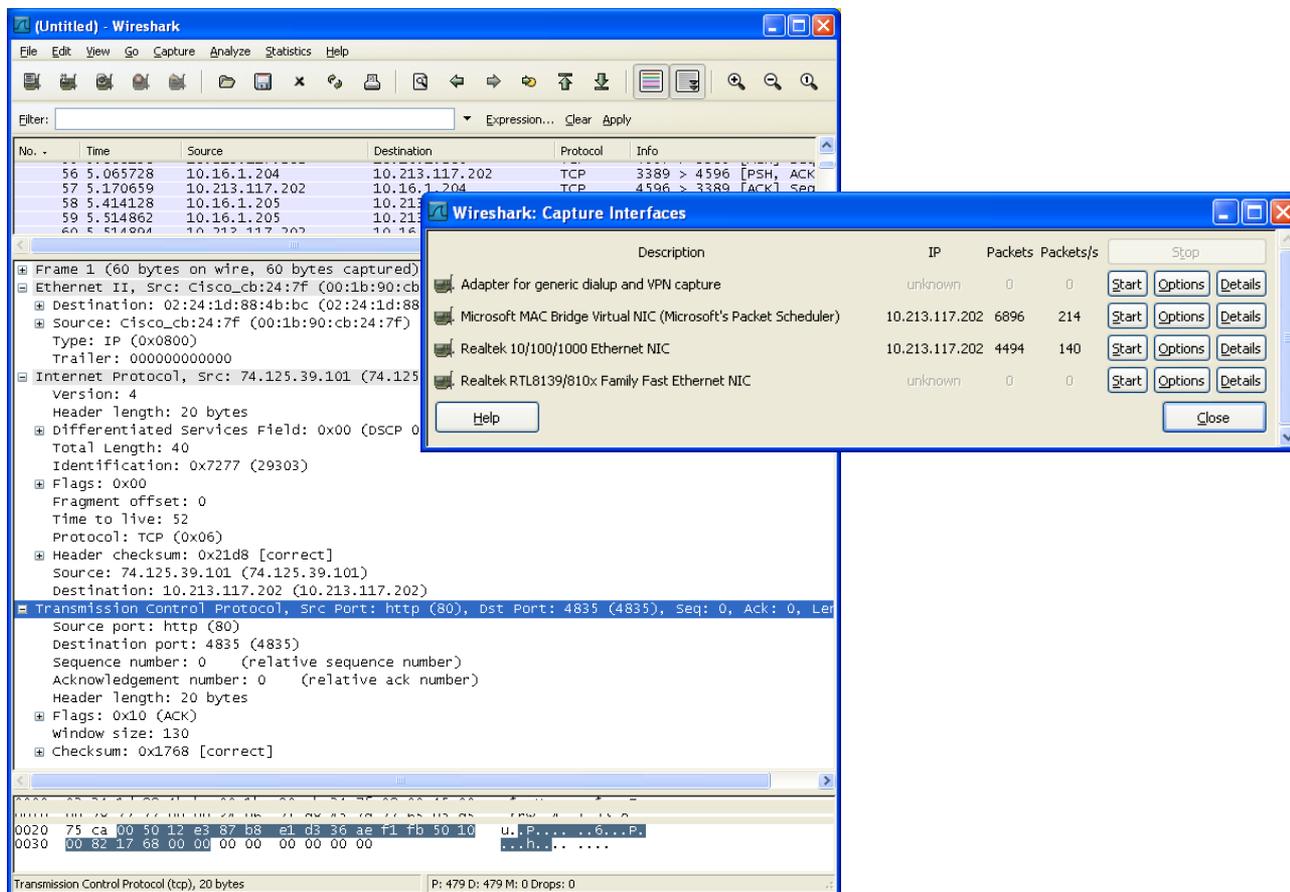
Сетевые мониторы, sniffеры, анализаторы трафика: пакетов, протоколов



Wireshark (Ethereal) + pcap

- Network Monitor
- Tcpdump
- WinDump
- NetCap
- skygrabber

Wireshark, Wireshark portable



Домашнее задание

- Установить сниффер (каждый делает задание на своем компьютере!)
- Захватить трафик
- Задokumentировать 5 «захваченных» пакетов
 - Нарисовать поля заголовков (до 4 уровня) пакета
 - Вписать в поля значения захваченного пакета
 - После рисунка с форматом и значениями пакета, описать назначения каждого поля пакета и письменно прокомментировать что означает конкретное значение поля в захваченном пакете.
 - Прокомментировать команды протоколов уровней выше транспортного (DNS, SMB, любых других, которые Вы захватили в числе Ваших 5 пакетов) - это необязательное задание.
- Перед документирование/описанием, прочитать описание полей заголовков Ethernet, IP, TCP, UDP пакетов, например, у Семенова (см. список материалов 1сл.)

Установка сниффера

- WireShark
 - wireshark.org

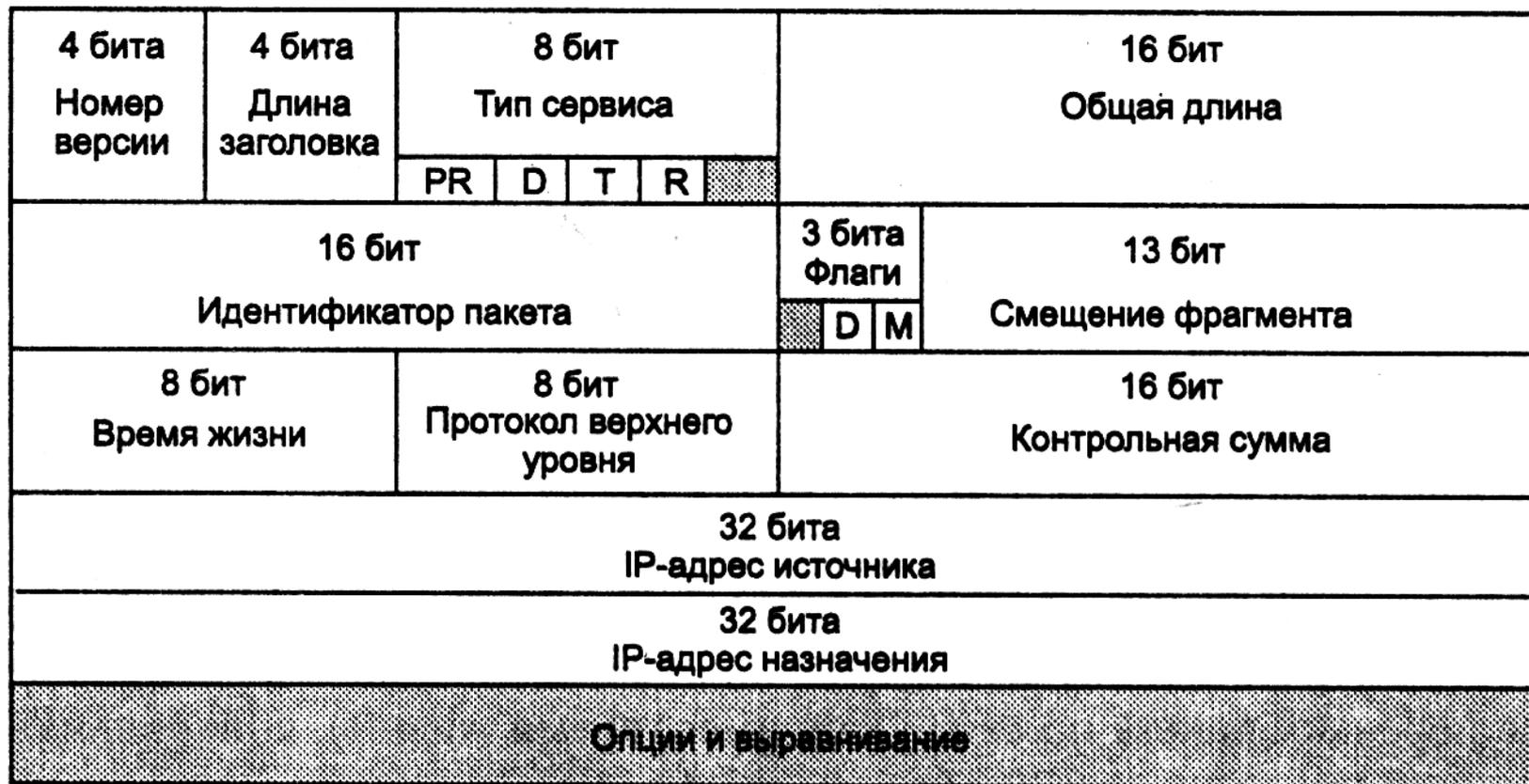
или

- Microsoft Network Monitor v.3.4
 - <http://www.microsoft.com/download/en/details.aspx?id=4865>

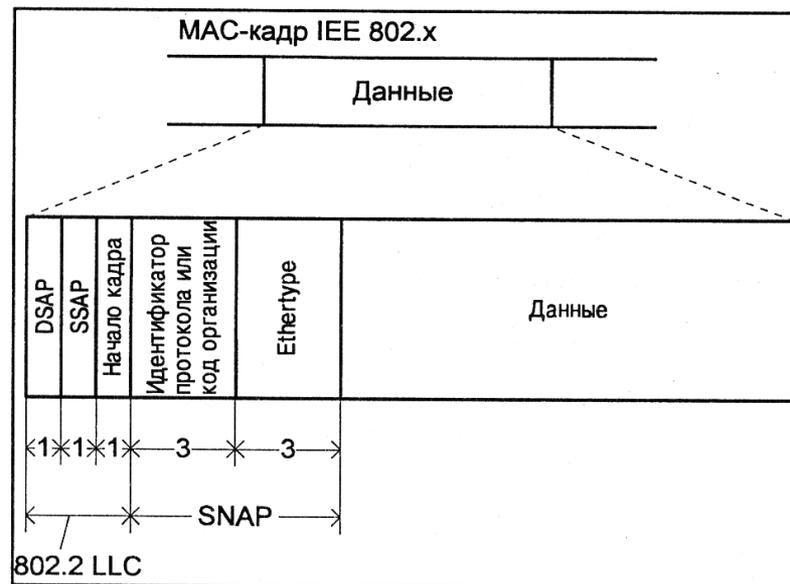
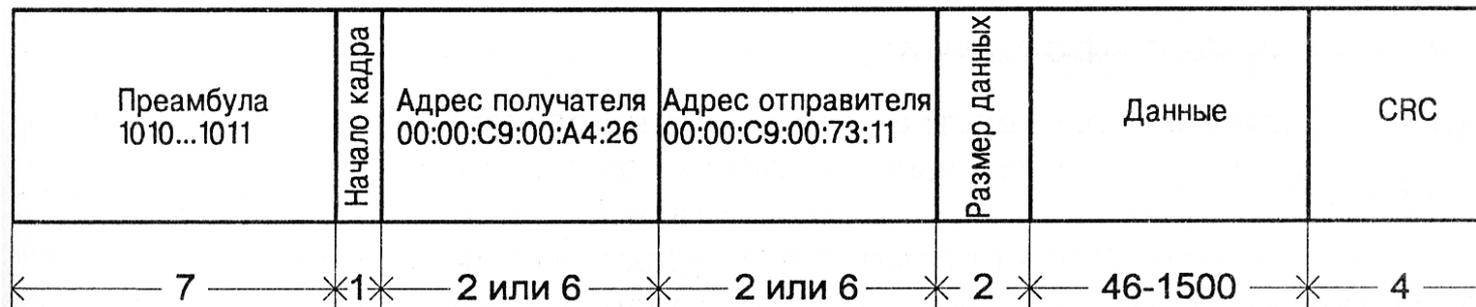
- Беспроводные интерфейсы

Использование беспроводных интерфейсов может не поддерживаться (зависит от реализации и от драйвера). Чаще захват пакетов все-таки возможен, но невозможен «promiscuous» режим, в этом случае его нужно отключить. В Wireshark это делается так: (capture => interfaces => options => capture packets in promiscuous mode). В MS Net Monitor не нужно выбирать закладку “P”.

Как выглядит «формат пакета/кадра»



Как выглядит «формат пакета/кадра»



Как выглядит «формат пакета/кадра»

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)

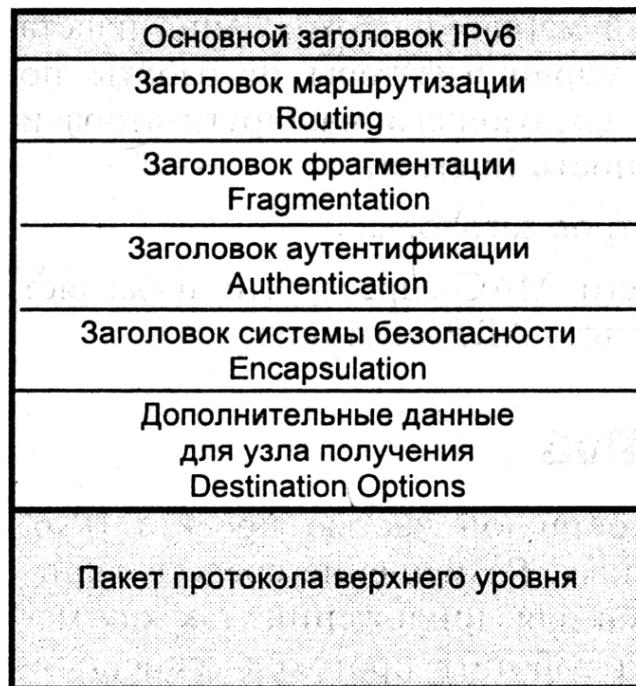
6	6	2	46–1500				4
DA	SA	T	Data				FCS

Кадр Ethernet SNAP

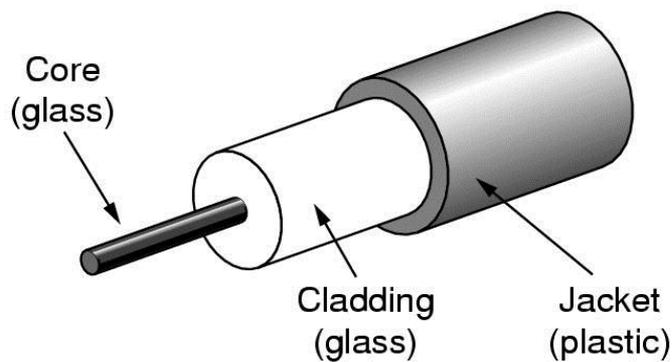
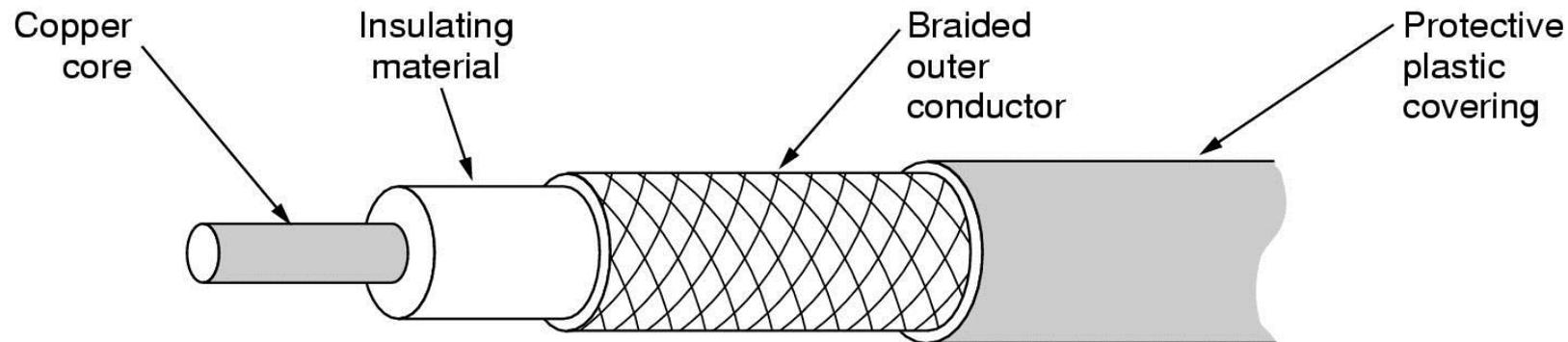
6	6	2	1	1	1	3	2	46–1492	4
DA	SA	L	DSAP	SSAP	Control	OUI	T	Data	FCS
			AA	AA	03	000000			
Заголовок LLC						Заголовок SNAP			

Как выглядит «формат пакета/кадра»

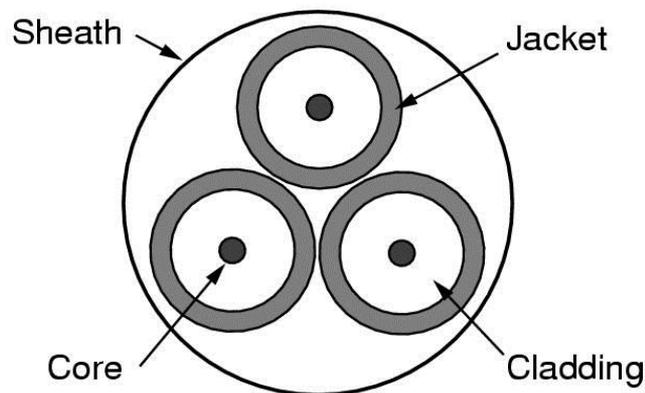
4	8	16	24	31
Версия	Приоритет	Метка потока		
Размер поля данных		Следующий заголовок	Максим. количество хопов	
Адрес источника (128 бит)				
Адрес назначения (128 бит)				



Распространенные кабельные среды передачи: RG-58, TP, FO

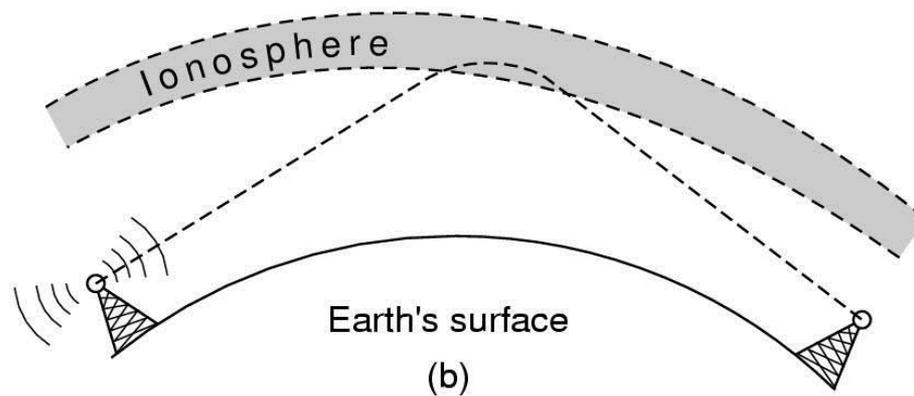
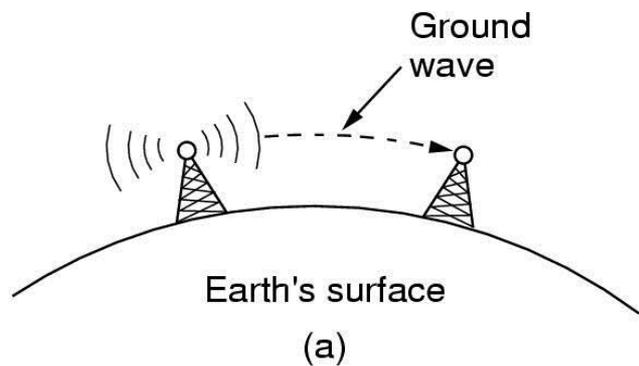


(a)

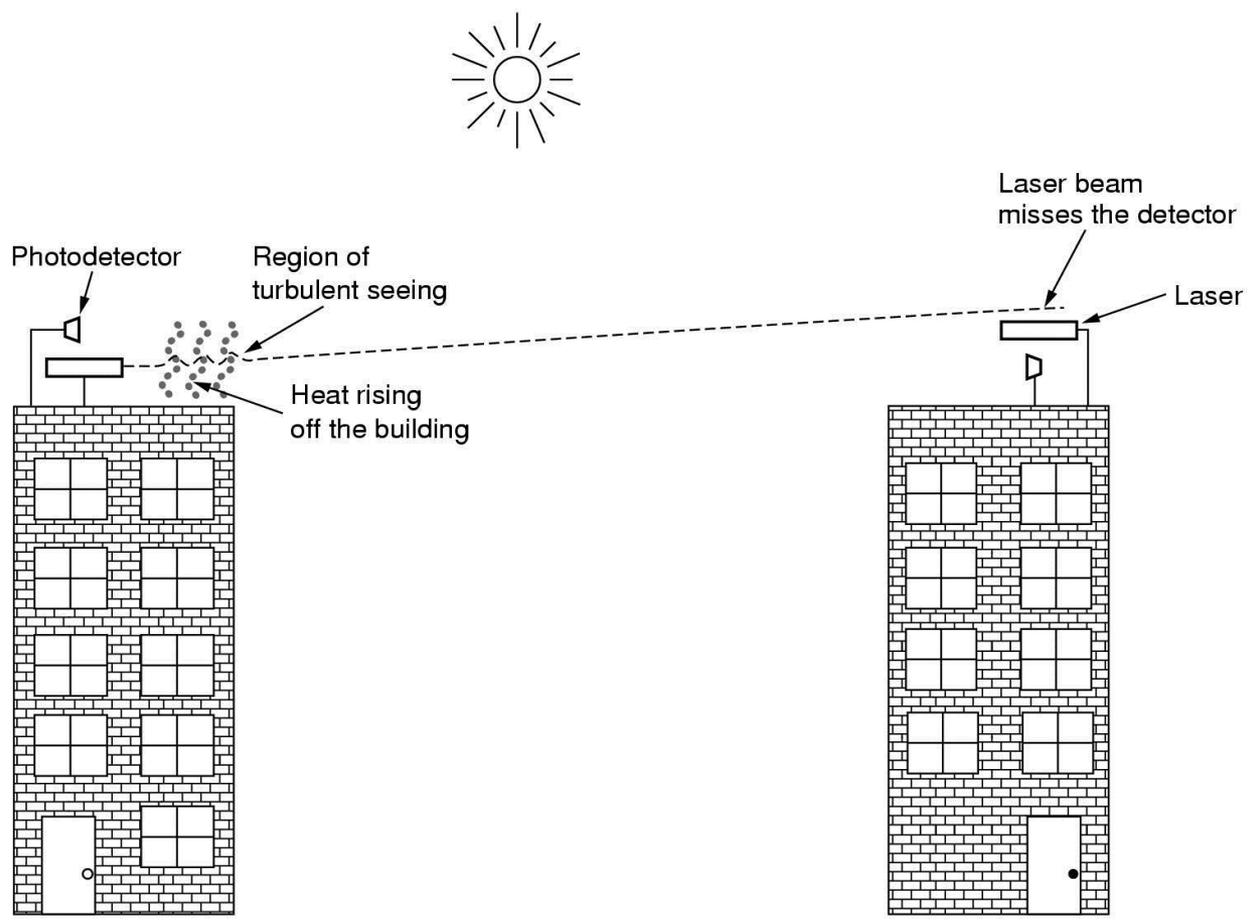


(b)

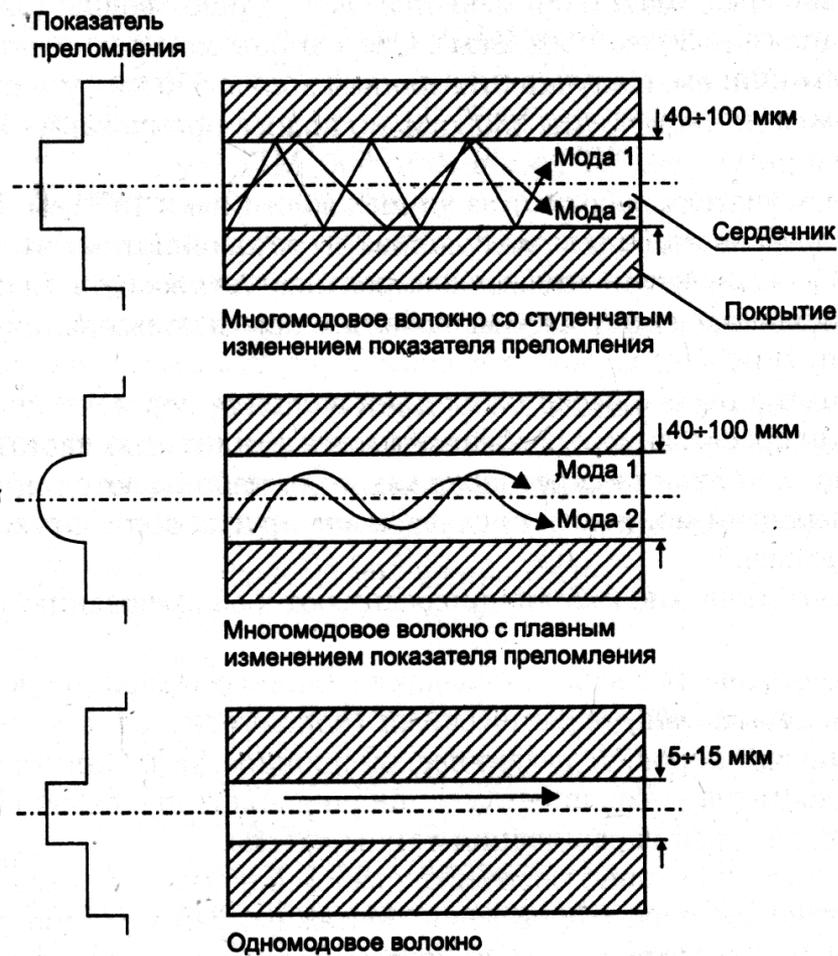
Некабельные среды передачи



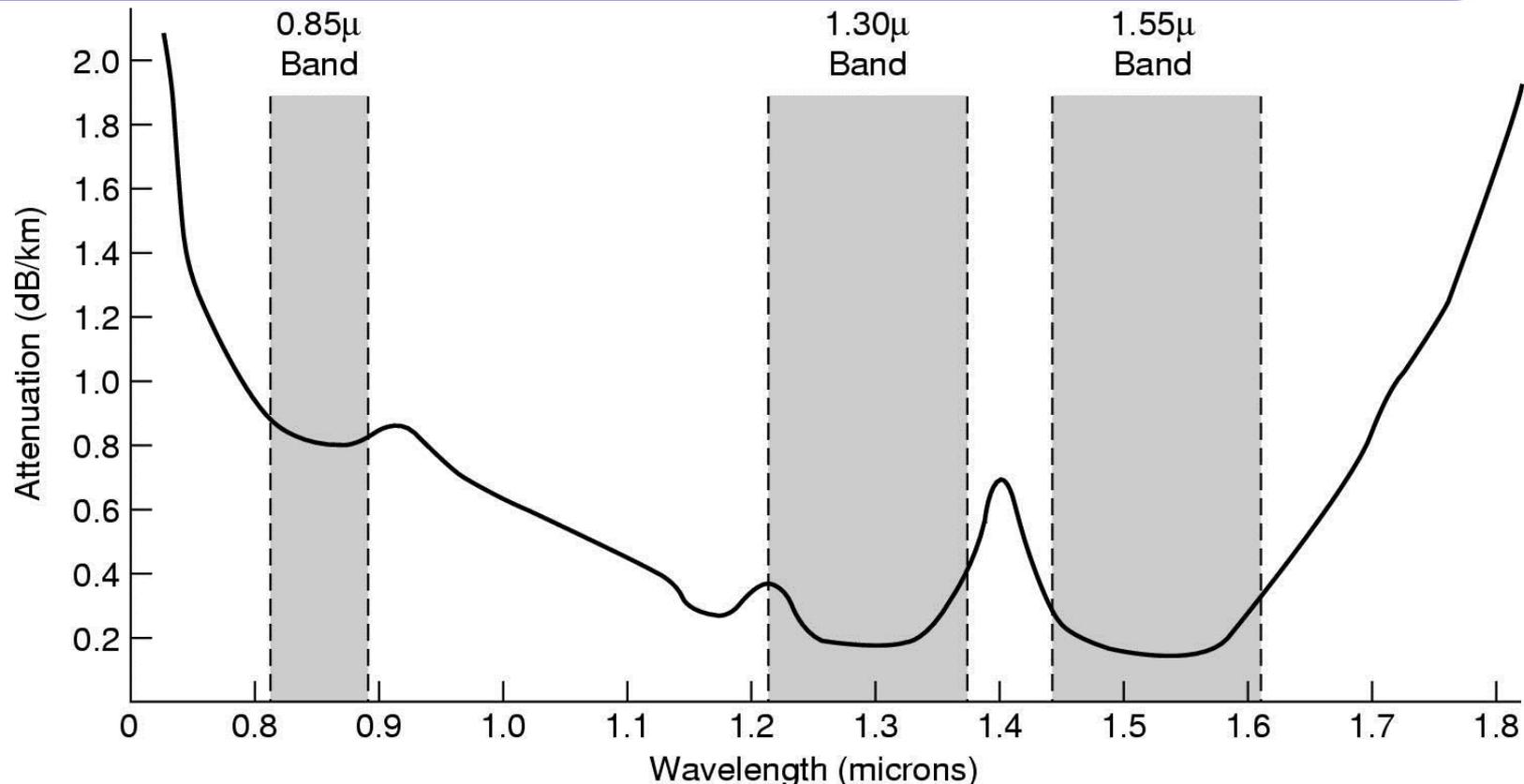
Инфракрасные лазерные линии СВЯЗИ



Оптические кабели MMF, SMF



Используемые оптические диапазоны – “окна прозрачности”



В ходе эксплуатации, «водяной пик» может существенно увеличиться. В настоящее время производят и т.н. AllWave оптоволокно, с отсутствием «водяного пика» связанного с поглощением ОН-ионами на 1385 нм

Диапазоны SMF оптоволокна

Диапазон	Название	Диапазон
O	Original	1260-1360 нм
E	Extended	1360-1460 нм
S	Short	1460-1530 нм
C	Conventional	1530-1565 нм
L	Long	1565-1625 нм
U	Ultra-long	1625-1675 нм

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

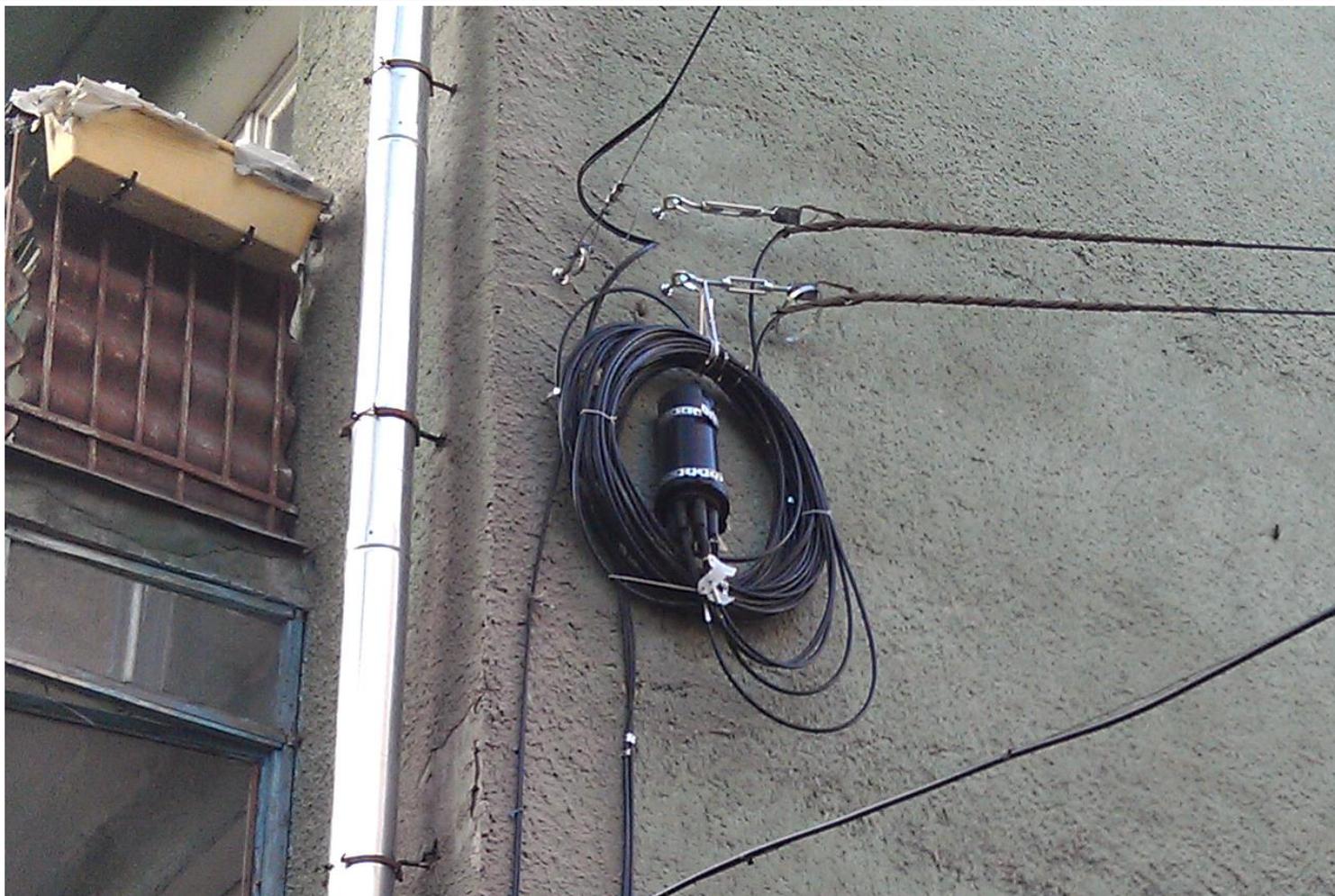
CS-дуплекс

Оптический разъем состоит из оболочки, внутри которой расположен керамический наконечник - **ферул** с прецизионным продольным каналом. Распространенные внешние диаметры – 2.5 и 1.25 мм

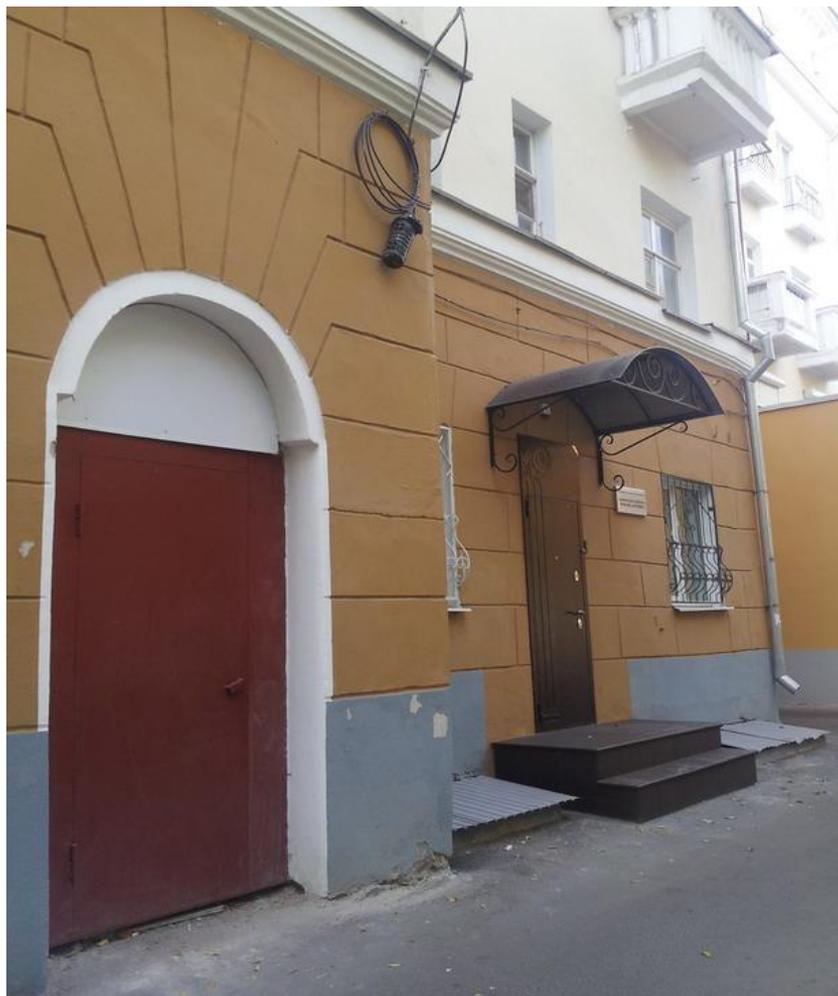
Plastic Optical Fiber (POF) 980/1000	Hard Polymer Clad Fiber (HPCF) 200/230	Multimode GOF 100/140
Multimode GOF 62.5/125	Multimode GOF 50/125	Singlemode GOF 9/125

GOF=Glass Optical Fiber

Муфты...



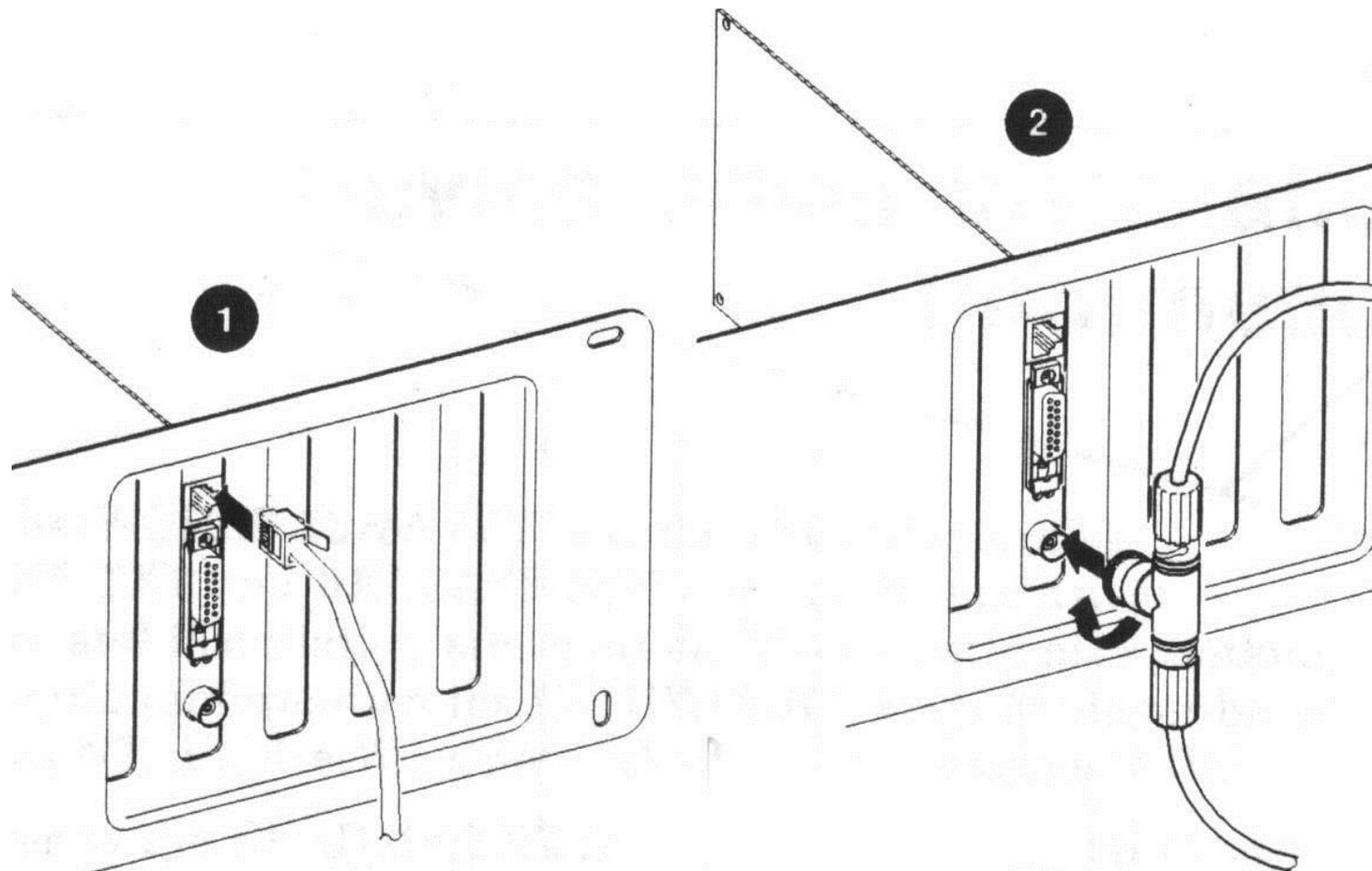
Муфты...



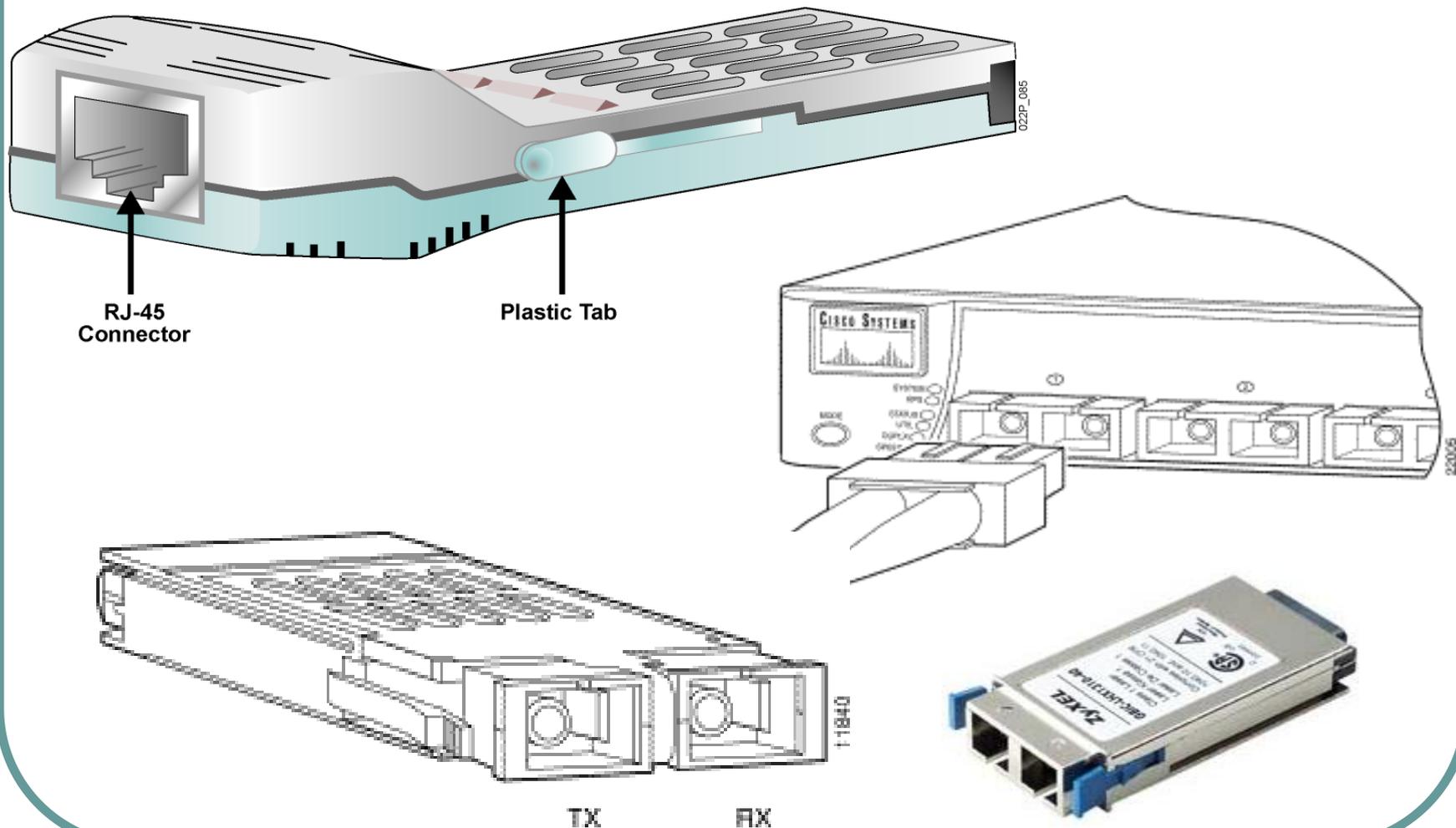
WDM-технология ITU G.694.1,2

- 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).

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



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

Телекоммуникационное оборудование

- **Телекоммуникационное (сетевое) оборудование** – один из трех компонентов сетей, помимо линий связи и конечных систем.
- Можно выделить три вида: **активное** (питание от сети, преобразования сигналов/данных), **пассивное** (нет питания, нет преобразования), **виртуальное** (программное, реализовано в составе ОС и/или средств виртуализации)

Активное оборудование сетей

- Сетевые контроллеры (адаптеры)
- Концентраторы (хабы, англ. Hub)
- Повторители (репитеры, англ. Repeater)
- Медиа-конвертеры
- Сетевые трансиверы
- Коммутаторы (свичи, англ. Switch)
- Маршрутизаторы (роутеры/раутеры, англ. Router)
- Шлюзы (серверы): видео, почтовые, печати,

Пассивное оборудование сетей

- Элементы Структурированных Кабельных Систем: розетки, коробка (кабель-каналы), кабельные лотки, кабельные органайзеры, кабельные разветвители и переходники, патч-панели, патч-корды, коннекторы, шкафы, стойки.