

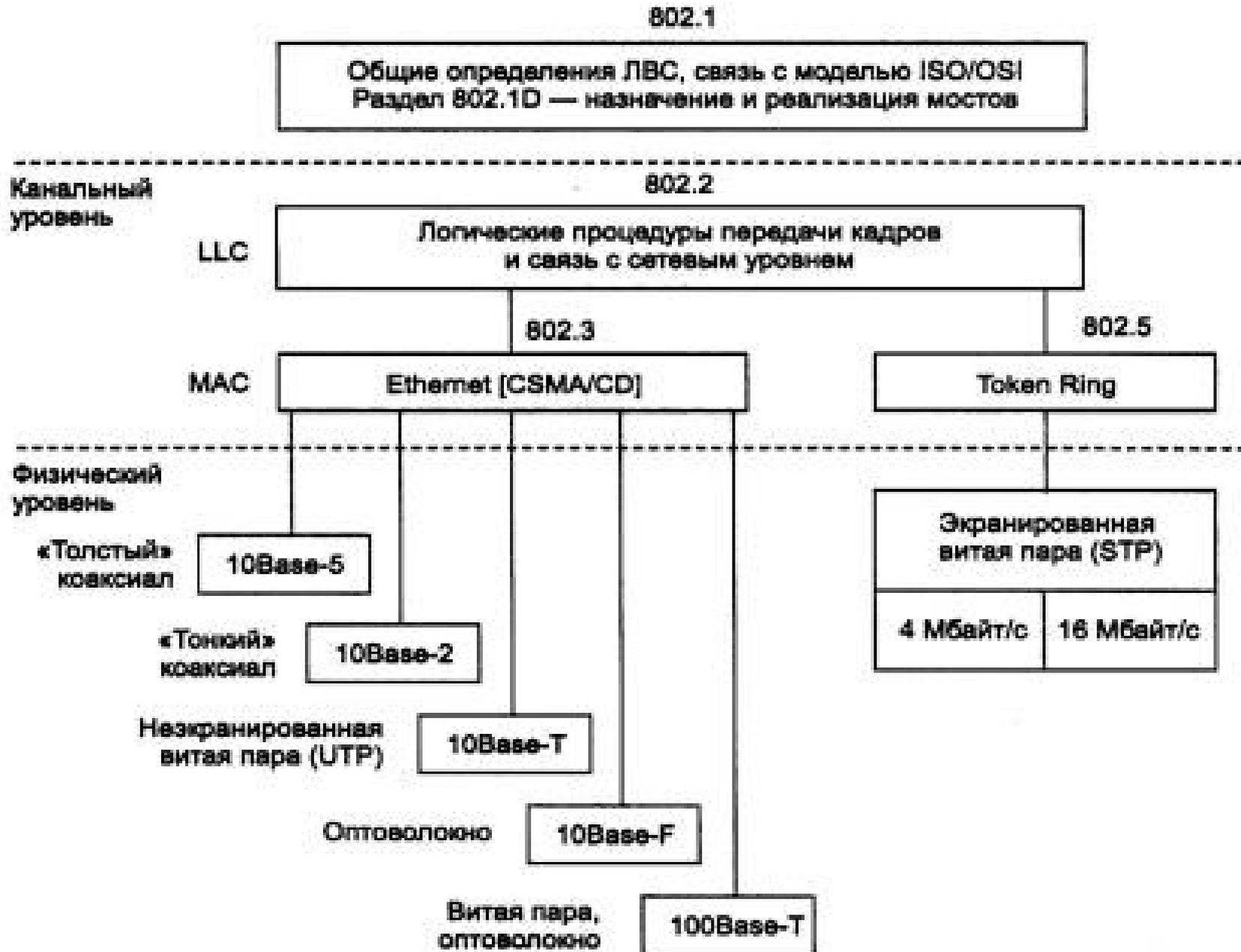
Лекция 4

Стандарты
физического уровня
и
канального уровня

Ethernet

Ethernet был разработан Исследовательским центром в Пало Альто (PARC) корпорации Xerox в 1970-м году. Ethernet стал основой для спецификации IEEE 802.3, которая появилась в 1980-м году. После недолгих споров компании Digital Equipment Corporation, Intel Corporation и Xerox Corporation совместно разработали и приняли спецификацию (Version 2.0), которая была частично совместима с 802.3. На сегодняшний день Ethernet и IEEE 802.3 являются наиболее распространенными протоколами локальных вычислительных сетей (ЛВС). Сегодня термин Ethernet чаще всего используется для описания всех ЛВС работающих по принципу множественный доступ с обнаружением коллизий (carrier sense multiple access/collision detection (CSMA/CD)), которые соответствуют Ethernet, включая IEEE 802.3.

802.3-802.5



802.*

- 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 - локальные сети с методом доступа по требованию с приоритетами.

802.3

Характеристика	10Base5	10Base2	10BaseT	10BaseFL
Скорость (Мбит/с)	10	10	10	10
Метод кодирования	Манчестер	Манчестер	Манчестер	Манчестер
Тип среды	Толстый коаксиал	Тонкий коаксиал	Витая пара	Волоконный-оптический кабель
Топология сети	ОШ	ОШ	Звезда	ТТ
Максимальная длина (м)	500	185	100	2000
Количество узлов на сегмент	100	30	ТТ	ТТ

Ethernet

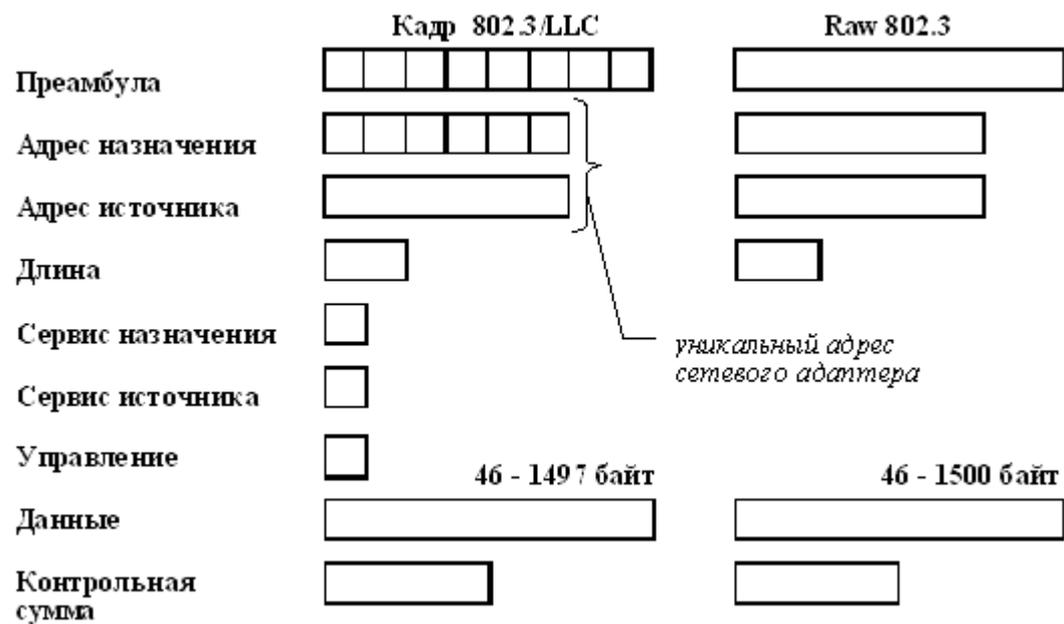
Стандарт на технологию Ethernet, описанный в документе 802.3, дает описание единственного формата кадра MAC-уровня. Так как в кадр MAC-уровня должен вкладываться кадр уровня LLC, описанный в документе 802.2, то по стандартам IEEE в сети Ethernet может использоваться только единственный вариант кадра канального уровня, образованный комбинацией заголовков MAC и LLC подуровней. Тем не менее, на практике в сетях Ethernet на канальном уровне используются заголовки 4-х типов. Это связано с длительной историей развития технологии Ethernet до принятия стандартов IEEE 802, когда подуровень LLC не выделялся из общего протокола и, соответственно, заголовок LLC не применялся.

Ethernet

Тип кадра	Сетевые протоколы
Ethernet II	IPX, IP, AppleTalk Phase I
Ethernet 802.3	IPX
Ethernet 802.2	IPX, FTAM
Ethernet_SNA P	IPX, IP, AppleTalk Phase II

Различия в форматах кадров могли иногда приводить к несовместимости аппаратуры, рассчитанной на работу только с одним стандартом, хотя большинство сетевых адаптеров, мостов и маршрутизаторов умеет работать со всеми используемыми на практике форматами кадров технологии Ethernet.

Ethernet



Ethernet

Поле преамбулы состоит из семи байтов синхронизирующих данных. Каждый байт содержит одну и ту же последовательность битов - 10101010. При манчестерском кодировании эта комбинация представляется в физической среде периодическим волновым сигналом. Преамбула используется для того, чтобы дать время и возможность схемам приемопередатчиков (transceiver) прийти в устойчивый синхронизм с принимаемыми тактовыми сигналами.

Начальный ограничитель кадра состоит из одного байта с набором битов 10101011. Появление этой комбинации является указанием на предстоящий прием кадра.

Ethernet

Адрес получателя - может быть длиной 2 или 6 байтов (MAC-адрес получателя). Первый бит адреса получателя - это признак того, является адрес индивидуальным или групповым: если 0, то адрес указывает на определенную станцию, если 1, то это групповой адрес нескольких (возможно всех) станций сети. При широковещательной адресации все биты поля адреса устанавливаются в 1. Общепринятым является использование 6-байтовых адресов.

Адрес отправителя - 2-х или 6-ти байтовое поле, содержащее адрес станции отправителя. Первый бит - всегда имеет значение 0.

Ethernet

Двухбайтовое поле длины определяет длину поля данных в кадре.

Поле данных может содержать от 0 до 1500 байт. Но если длина поля меньше 46 байт, то используется следующее поле - поле заполнения, чтобы дополнить кадр до минимально допустимой длины.

Поле заполнения состоит из такого количества байтов заполнителей, которое обеспечивает определенную минимальную длину поля данных (46 байт). Это обеспечивает корректную работу механизма обнаружения коллизий. Если длина поля данных достаточна, то поле заполнения в кадре не появляется

Ethernet

Поле контрольной суммы - 4 байта, содержащие значение, которое вычисляется по определенному алгоритму (полиному CRC-32). После получения кадра рабочая станция выполняет собственное вычисление контрольной суммы для этого кадра, сравнивает полученное значение со значением поля контрольной суммы и, таким образом, определяет, не искажен ли полученный кадр.

Ethernet

В результате стандартизации сетей Ethernet подкомитетом IEEE 802.3 появился кадр Ethernet 802.2. Этот кадр является базовым для операционных систем Novell NetWare версий 3.12 и 4.x. В данном типе кадра сразу за адресом отправителя следует поле длины, имеющее такое же назначение. Кроме того, этот тип кадра содержит несколько дополнительных полей, рекомендованных подкомитетом IEEE 802.3.

Ethernet

Эти поля располагаются за полем "Длина/тип" и имеют следующее назначение :

- **Поле "DSAP"** указывает на используемый получателем протокол сетевого уровня. Размер поля составляет 1 байт (один бит в нём зарезервирован). Для протокола IPX значение поля равно E0, для протоколов IP - 06, для NetBIOS - F0.
- **Поле "SSAP"** указывает на используемый отправителем протокол сетевого уровня. Размер данного поля составляет 1 байт (один бит зарезервирован). Обычно значение данного поля совпадает со значением поля DSAP.
- **Поле "Контроль"** указывает на тип сервиса, требуемый для сетевого протокола. Размер данного поля составляет 1 байт. Сетевая операционная система Novell NetWare устанавливает значение данного поля в 03.

Ethernet

Формат кадра Ethernet 802.2 имеет некоторые недостатки, в частности, он содержит нечётное число байтов служебной информации. Это не совсем удобно для работы большинства сетевых устройств. Кроме того, для идентификации протокола сетевого уровня отводится 7 бит, что позволяет поддерживать "всего" 128 различных протоколов.

Ethernet

Кадр Ethernet SNAP, являющийся дальнейшим развитием Ethernet 802.2, содержит следующие дополнительные поля:

Поле "Код организации" имеет длину 3 байта и указывает на код конкретной организации (фирмы), которая присвоила значение поля "Идентификатор протокола". Если значение поля равно 000000 (а это так практически всегда, за исключением сетей Apple Talk), то поле "Идентификатор протокола" содержит значение, которое обычно помещается в поле "Длина/тип", то есть идентификатор протокола верхнего уровня.

Поле "Идентификатор протокола" имеет длину два байта и идентифицирует протокол верхнего уровня, инкапсулированный в поле "Данные" кадра. При использовании протокола IPX это поле содержит значение 8137.

Ethernet SNAP

Адрес получателя (48 бит)	
Адрес отправителя (48 бит)	
Длина (16 бит)	
DSAP (AA, 8 бит)	SSAP (AA, 8 бит)
Контрольная сумма (32 бита)	
Контроль (8 бит)	Код организации (000000, 24 бита)
Идентификатор протокола (8137, 16 бит)	
Данные (переменная длина)	
Контрольная сумма (32 бита)	

Ethernet

Автоматическое распознавание типов кадров Ethernet выполняется достаточно несложно. Для кодирования типа протокола в поле EtherType указываются значения, превышающие значение максимальной длины поля данных, равное 1500, поэтому кадры Ethernet II легко отличить от других типов кадров по значению поля L/T. Дальнейшее распознавание типа кадра проводится по наличию или отсутствию полей LLC. Поля LLC могут отсутствовать только в том случае, если за полем длины идет начало пакета IPX, а именно 2-байтовое поле контрольной суммы пакета, которое всегда заполняется единицами, что дает значение в 255 байт. Ситуация, когда поля DSAP и SSAP одновременно содержат такие значения, возникнуть не может, поэтому наличие двух байт 255 говорит о том, что это кадр Raw 802.3. В остальных случаях дальнейший анализ проводится в зависимости от значений полей DSAP и SSAP. Если они равны 0*AA, то это кадр Ethernet SNAP, а если нет, то 802.3/LLC.

Ethernet

Алгоритм приема кадра

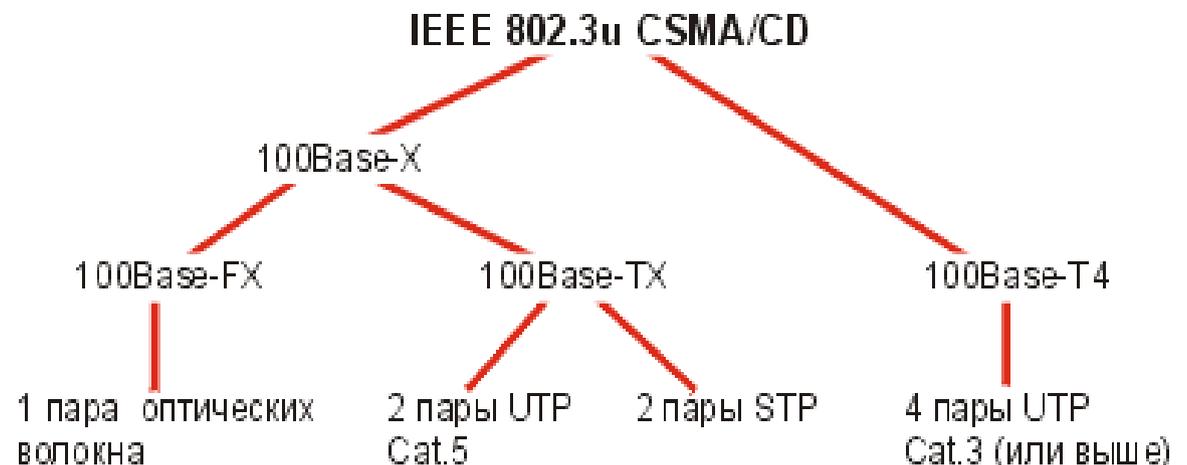
Возможные коллизии и ошибки канального уровня

Ошибка/коллизия	Условия проявления	Возможные причины
-----------------	--------------------	-------------------

FastEthernet

Главные особенности эволюционного развития от сетей Ethernet к сетям Fast Ethernet, стандарт IEEE 802.3u:

- десятикратное увеличение пропускной способности сегментов сети;
- сохранение метода случайного доступа CSMA/CD, принятого в Ethernet;
- сохранение формата кадра, принятого в Ethernet;
- поддержка традиционных сред передачи данных - витой пары и волоконно-оптического кабеля.

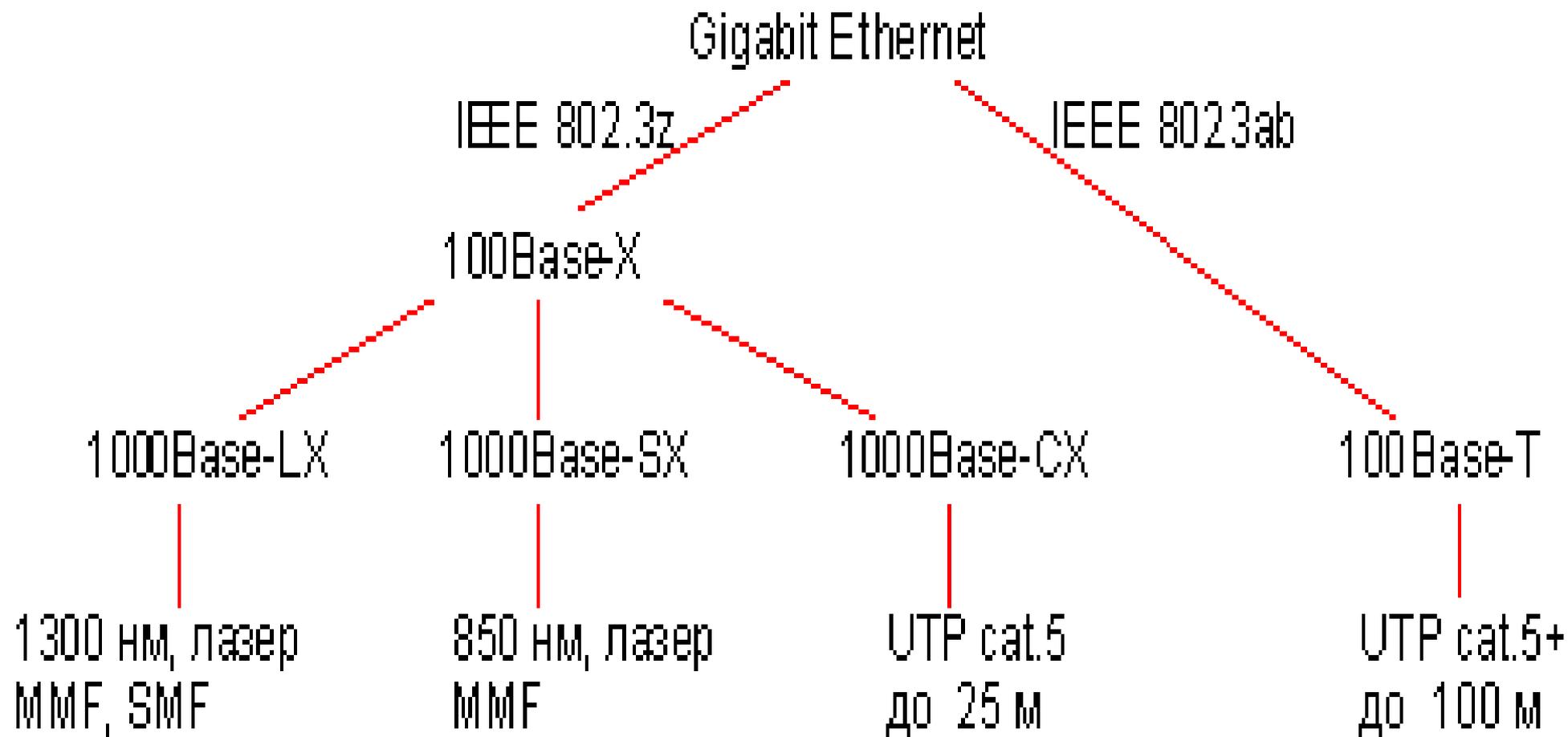


FastEthernet

Физический интерфейс	100Base-FX	100Base-TX	100Base-T4
Порт устройства	Duplex SC	RJ-45	RJ-45
Среда передачи	Оптическое волокно	Витая пара UTP Cat. 5	Витая пара UTP Cat. 3,4,5
Сигнальная схема	4В/5В	4В/5В	8В/6Т
Битовое Кодирование	NRZI	MLT-3	NRZI
Число витых пар/ волокон	2 волокна	2 витых пары	4 витых пары
Протяженность сегмента	до 412 м (mm) до 2 км (mm)* до 100 км (km)*	до 100 м	до 100 м

Gigabit Ethernet

В марте 1996 года комитет IEEE 802.3 одобряет проект стандартизации Gigabit Ethernet 802.3z. К началу 1998 года Альянс насчитывает уже более 100 компаний. Через Альянс обеспечивается обратная связь между техническим комитетом по стандартизации IEEE 802.3 и промышленными производителями сетевого оборудования. Альянс увеличивает эффективность работы комитета и способствует более быстрому одобрению спецификаций стандартов Gigabit Ethernet IEEE 802.3z и IEEE 802.3ab. Наибольшие трудности вызывает физический уровень, а именно адаптация многомодового волокна и витой пары. Соответствующие спецификации регламентируют использование одномодового, многомодового волокна, а также витой пары UTP cat.5 на короткие расстояния (до 25 м).



Gigabit Ethernet



SFD : Start of frame Delimiter - ограничитель начала кадра

DA : Destination Address - адрес назначения

SA : Source Address - адрес источника

L : длина поля данных (для кадра 802.3)

T : тип поля данных (для кадра Ethernet_II)

FCS : Frame Check Sequence - контрольная последовательность кадра

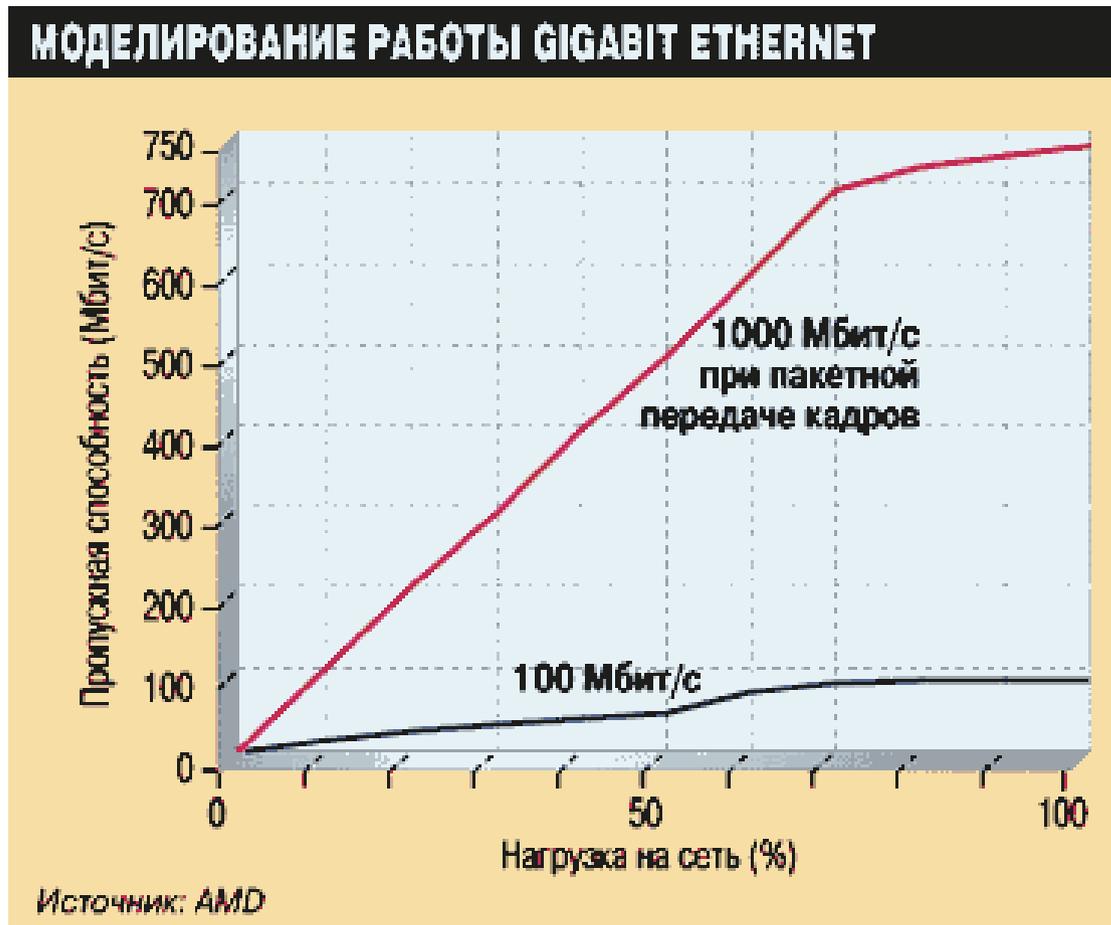
Пакетная перегруженность (Packet Bursting)

Расширение носителя - это наиболее естественное решение, которое позволило сохранить совместимость со стандартом Fast Ethernet, и такой же диаметр коллизийного домена. Но оно привело к излишней трате полосы пропускания. До 448 байт (512-64) может расходоваться вхолостую при передаче короткого кадра. На стадии разработки стандарта Gigabit Ethernet компанией NBase Communications было внесено предложение по модернизации стандарта. Эта модернизация, получившая название пакетная перегруженность, позволяет эффективней использовать поле расширения. Если у станции/коммутатора имеется несколько небольших кадров для отправки, то первый кадр дополняется полем расширения носителя до 512 байт, и отправляется.

Пакетная перегруженность (Packet Bursting)

Остальные кадры отправляются вслед с минимальным межкадровым интервалом в 96 бит, с одним важным исключением - межкадровый интервал заполняется символами расширения. Таким образом среда не замолкает между посылками коротких оригинальных кадров, и ни какое другое устройство сети не может вклиниться в передачу. Такое пристраивание кадров может происходить до тех пор, пока полное число переданных байт не превысит 1518. Пакетная перегруженность уменьшает вероятность образования коллизий, поскольку перегруженный кадр может испытать коллизию только на этапе передачи первого своего оригинального кадра, включая расширение носителя, что безусловно увеличивает производительность сети, особенно при больших нагрузках.

Пакетная перегруженность (Packet Bursting)



Token Ring

В сетях с маркерным методом доступа право на доступ к среде передается циклически от станции к станции по логическому кольцу. Кольцо образуется отрезками кабеля, соединяющими соседние станции. Таким образом, каждая станция связана со своей предшествующей и последующей станцией и может непосредственно обмениваться данными только с ними. Для обеспечения доступа станций к физической среде по кольцу циркулирует кадр специального формата и назначения - маркер (токен).

Token Ring

Получив маркер, станция анализирует его, при необходимости модифицирует и при отсутствии у нее данных для передачи обеспечивает его продвижение к следующей станции. Станция, которая имеет данные для передачи, при получении маркера изымает его из кольца, что дает ей право доступа к физической среде и передачи своих данных. Затем эта станция выдает в кольцо кадр данных установленного формата последовательно по битам. Переданные данные проходят по кольцу всегда в одном направлении от одной станции к другой.

При поступлении кадра данных к одной или нескольким станциям, эти станции копируют для себя этот кадр и вставляют в этот кадр подтверждение приема. Станция, выдавшая кадр данных в кольцо, при обратном его получении с подтверждением приема изымает этот кадр из кольца и выдает новый маркер для обеспечения возможности другим станциям сети передавать данные.

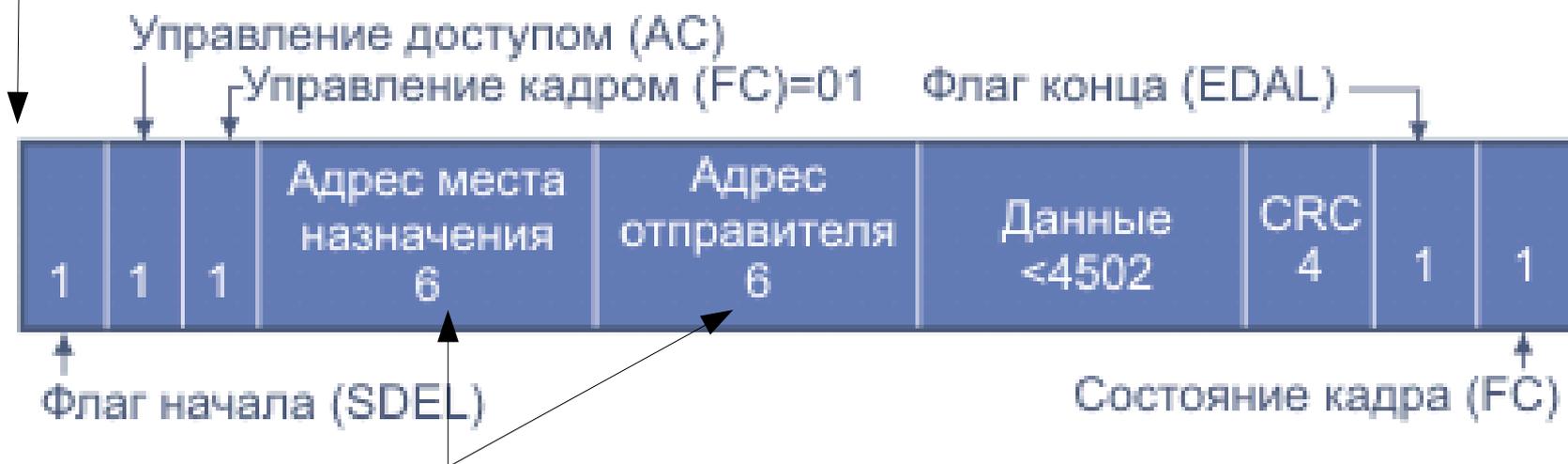
Token Ring

В сетях Token Ring 16 Мб/с используется также несколько другой алгоритм доступа к кольцу, называемый алгоритмом раннего освобождения маркера (Early Token Release). В соответствии с ним станция передает маркер доступа следующей станции сразу же после окончания передачи последнего бита кадра, не дожидаясь возвращения по кольцу этого кадра с битом подтверждения приема. В этом случае пропускная способность кольца используется более эффективно и приближается к 80 % от номинальной.

Token Ring

В Token Ring существует три различных формата кадров:

- маркер;
- кадр данных;
- прерывающая последовательность.

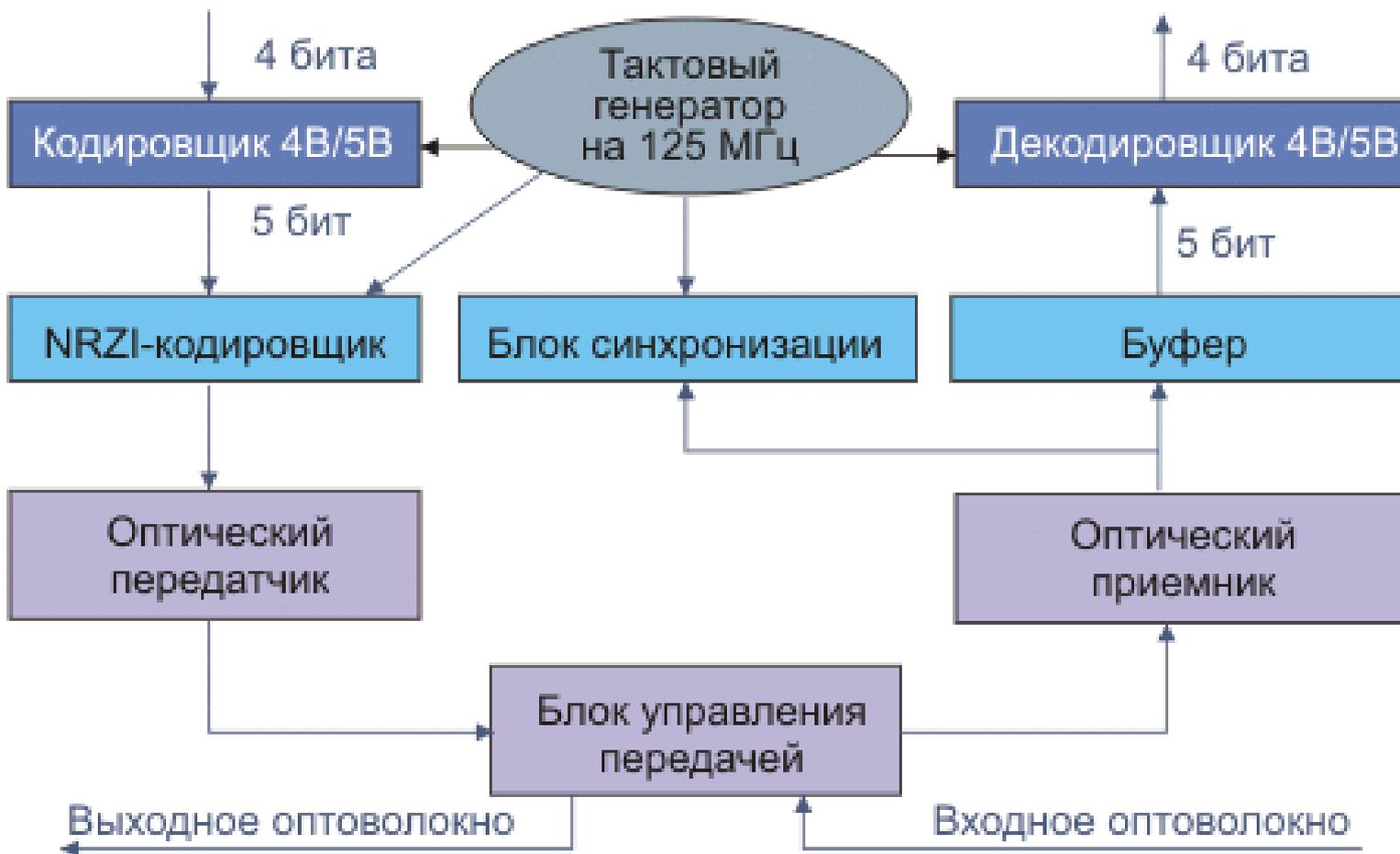


FDDI

FDDI (Fiber Distributed Data Interface) – это стандарт, или, вернее, набор сетевых стандартов, ориентированных, прежде всего, на передачу данных по волоконно-оптическому каналу со скоростью 100 Мбит/с. Подавляющая часть спецификаций стандарта FDDI была разработана проблемной группой X3T9.5 (ANSI) во второй половине 80-х годов.

Скорость передачи	100 Мбит/с
Тип доступа к среде	маркерный
Максимальный размер кадра данных	4500 байт
Максимальное число станций	500
Максимальное расстояние между станциями	2 км (многомодовое волокно) 20 км* (одномодовое волокно) 100 м (неэкранированная витая пара UTP Cat.5) 100 м (экранированная витая пара IBM Type 1)
Максимальная длина пути обхода маркера	200 км
Максимальная протяженность сети при кольцевой топологии (периметр)	100 км** (двойное кольцо FDDI)
Среда	Оптическое волокно (многомодовое, одномодовое), витая пара (UTP Cat.5, IBM Type 1)

FDDI



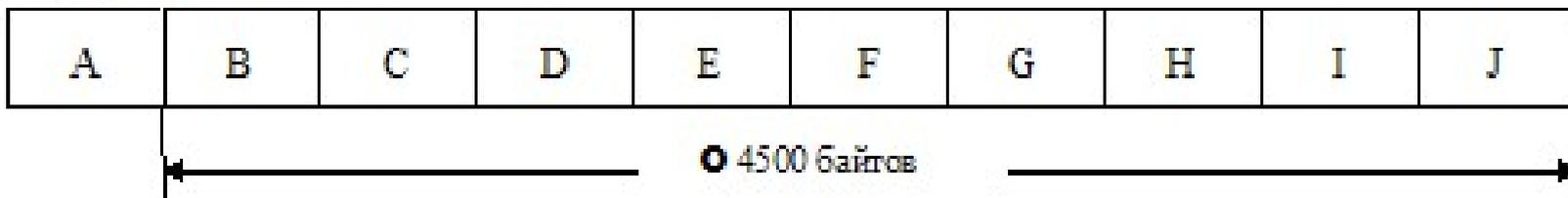
FDDI

Форматы кадров FDDI

Кадр маркер



Кадр Данные/Команда



A=Презамбула (16 и более символов)

B=Разделитель старта (2 символа)

C=Управление (2 символа)

D=Концевой разделитель (2 символа)

E=Адрес назначения (14 или 12 символов)

F=Адрес назначения (14 или 12 символов)

G=Информация (0 и более символов)

H=Контрольная последовательность (8 символов)

I=Концевой разделитель (1 символ)

J=Состояние кадра (3 и более символов)

FDDI

Преамбула и разделитель старта

Если передатчик не занят выдачей в кольцо каких-либо кадров, то он постоянно передает IDLE-символ, содержащий все единицы. По-крайней мере 16 таких пятибитовых символов должны передаваться между кадрами. С помощью преамбулы осуществляется синхронизация соответствующих схем, ответственных за приём кадров. Два символа стартового разделителя указывают приёмнику на начало кадра.

Поле управления

В поле управления указывается следующее:

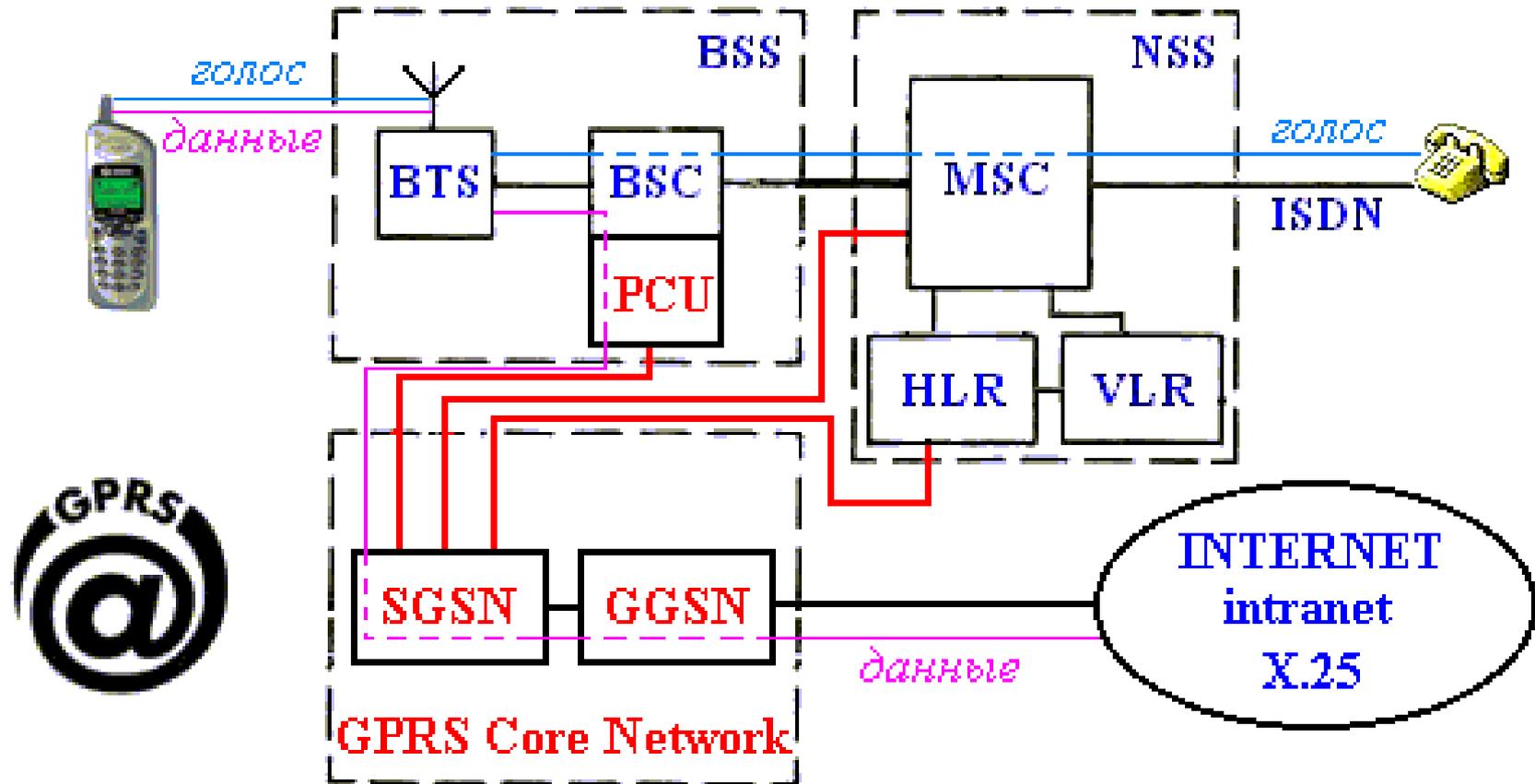
- кадр является синхронным или асинхронным;
- используются 16-битовые или 48-битовые поля адресов;
- кадр является данными или командой;
- тип команды (для кадров-команд).

GPRS

Одним из существенных недостатков сетей сотовой связи стандарта GSM на сегодняшний день является низкая скорость передачи данных (максимум 9.6 кбит/с). Да и сама организация этого процесса далека от совершенства - для передачи данных абоненту выделяется один голосовой канал.

Для высокоскоростной передачи данных посредством существующих GSM-сетей и была разработана GPRS (General Packet Radio Service - услуга пакетной передачи данных по радиоканалу). Необходимо отметить, что кроме повышения скорости (максимум составляет 171.2 кбит/с, но об этом чуть ниже), новая система предполагала иную схему оплаты услуги передачи данных - при использовании GPRS расчеты производятся пропорционально объему переданной информации.

GPRS



GPRS

В GPRS существует несколько классов QoS, подразделяющихся по следующим признакам:

- необходимому приоритету (существует высокий, средний и низкий приоритет данных);
- надежности (разделение на три класса по количеству возможных ошибок разного рода, потерянных пакетов и т.п.);
- задержкам (задержки информации вне GPRS-сети в расчет не принимаются);
- количественным характеристикам (пиковое и среднее значение скорости);

Класс QoS выбирается индивидуально для каждой новой сессии передачи данных.

GPRS

Пакетная передача данных предусматривает два режима "соединений":

- РТР (Point-To-Point - точка-точка);
- РТМ (Point-To-Multipoint - точка-многоточие).

Широковещательный режим РТМ в свою очередь подразделяется на два класса:

- РТМ-М (РТМ-Multicast) - передача необходимой информации всем пользователям, находящимся в определенной географической зоне;
- РТМ-Г (РТМ-Group Call) - данные направляются определенной группе пользователей.

GPRS

Следует заметить, что максимальная скорость передачи данных определяется, в первую очередь, количеством каналов, с которыми одновременно может работать абонентский терминал. Один канал обеспечивает передачу данных со скоростью до 13.4 кбит/с.

Соответственно, в зависимости от количества поддерживаемых временных слотов, выделяют 12 классов GPRS-оборудования.

GPRS

Абоненту, подключенному к GPRS, предоставляется виртуальный канал, который на время передачи пакета становится реальным, а в остальное время используется для передачи пакетов других пользователей. Поскольку один канал могут использовать несколько абонентов, возможно возникновение очереди на передачу пакетов, и, как следствие, задержка связи. Например, современная версия программного обеспечения контроллеров базовых станций допускает одновременное использование одного таймслота шестнадцатью абонентами в разное время и до 5 (из 8) таймслотов на частоте, итого - до 80 абонентов, пользующихся GPRS на одном канале связи (средняя максимальная скорость при этом $21,4 * 5 / 80 = 1,3$ кбит/с на абонента).

GPRS

Class 2

Передача (в временных слотах): один

Прием: два

Итого: 8-12 Кб/с передача, 16-24 Кб/с прием

Следует помнить, что телефоны с поддержкой Class 2 больше не производятся.

Модели, поддерживающие этот класс:

Motorola Accompli A008

Trium Mondo, Sirius

Class 12

Динамический.

Передача (в временных слотах): один (два, три, четыре)

Прием: четыре (три, два, один)

Итого: 8-12Кб/с передача - 32-48Кб/с прием

или 16-24Кб/с передача - 24-36Кб/с прием

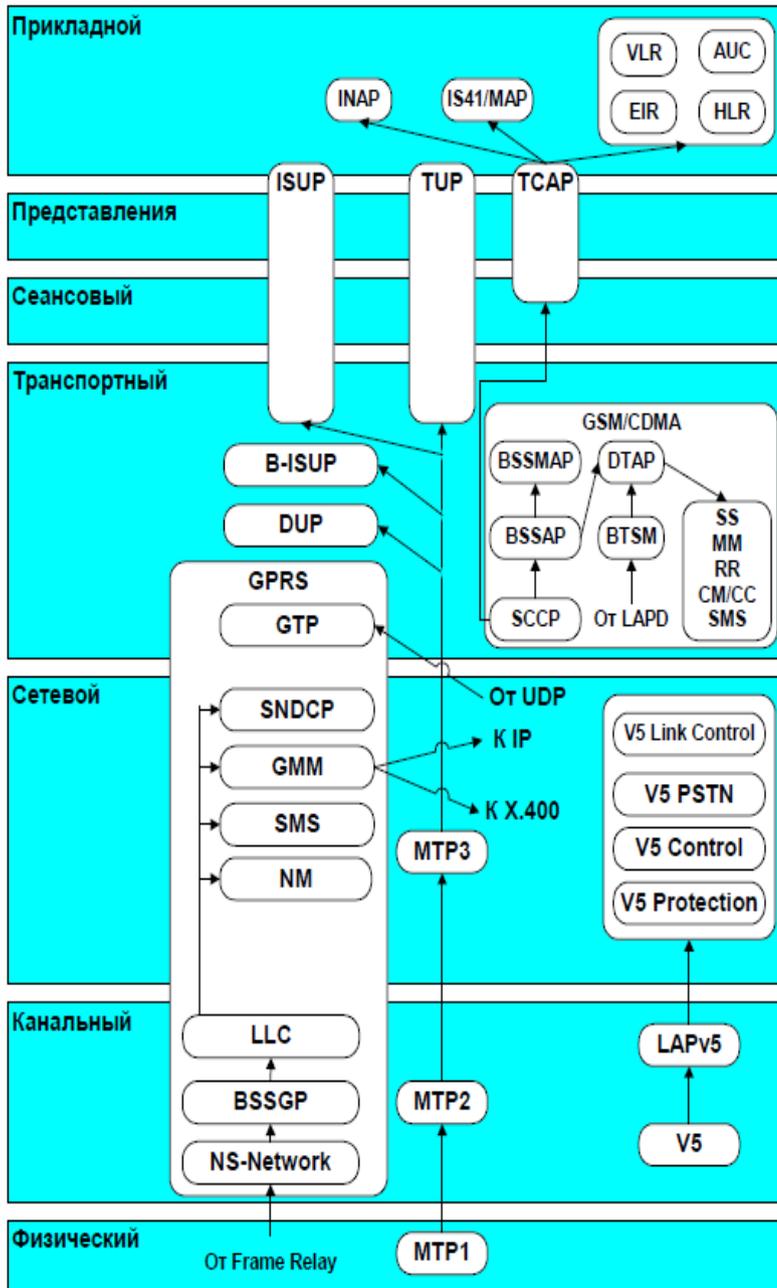
или 24-36Кб/с передача - 16-24Кб/с прием

или 32-48Кб/с передача - 8-12Кб/с прием

GPRS

Технология GPRS использует GMSK-модуляцию. В зависимости от качества радиосигнала, данные, пересылаемые по радиоэффиру, кодируются по одной из 4-х кодовых схем (CS1—CS4). Каждая кодовая схема характеризуется избыточностью кодирования и помехоустойчивостью, и выбирается автоматически в зависимости от качества радиосигнала. По той же схеме и используя то же самое оборудование, работает и технология EDGE. Но внутри таймслота EDGE используется другая, более плотная, упаковка информации (модуляция 8PSK).

GPRS



Положение стека протоколов GPRS в эталонной модели OSI

GPRS

Основные характеристики схем кодирования в GPRS

Параметр	Обозначение	Схема кодирования			
		CS1	CS2	CS3	CS4
Статусный флаг в линии «вверх»	f	3	6	6	12
Число информационных битов	j	181	268	312	428
Биты проверки на четность	p	40	16	16	16
Конечные биты	t	4	4	4	0
Скорость кодирования	i	1/2	1/2	1/2	1
Число вырезаемых битов	b	0	132	220	0
Общее число битов в кадре	m	456	456	456	456
Скорость передачи в канале, кбит/с	R	22,8	22,8	22,8	22,8
Скорость передачи информации, кбит/с	R_i	9,05	13,4	15,6	21,4

Wi-Fi

Wi-Fi — торговая марка Wi-Fi Alliance для беспроводных сетей на базе стандарта IEEE 802.11. Под аббревиатурой Wi-Fi (от английского словосочетания Wireless Fidelity, которое можно дословно перевести как «высокая точность беспроводной передачи данных») в настоящее время развивается целое семейство стандартов передачи цифровых потоков данных по радиоканалам.

Wi-Fi

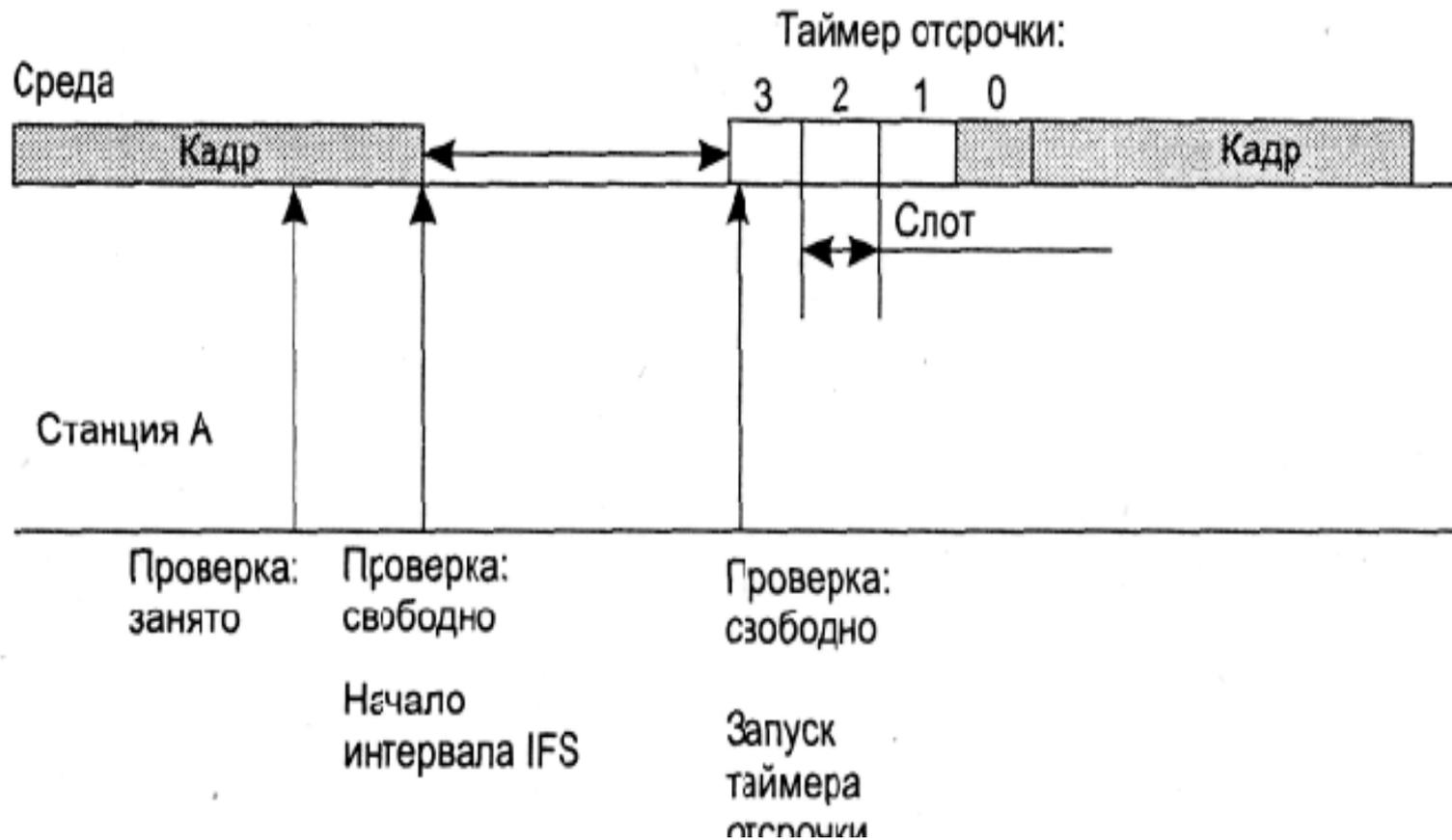
Обычно схема Wi-Fi сети содержит не менее одной точки доступа и не менее одного клиента. Также возможно подключение двух клиентов в режиме точка-точка (Ad-hoc), когда точка доступа не используется, а клиенты соединяются посредством сетевых адаптеров «напрямую». Точка доступа передаёт свой идентификатор сети (SSID (англ.)) с помощью специальных сигнальных пакетов на скорости 0,1 Мбит/с каждые 100 мс. Поэтому 0,1 Мбит/с — наименьшая скорость передачи данных для Wi-Fi. Зная SSID сети, клиент может выяснить, возможно ли подключение к данной точке доступа. При попадании в зону действия двух точек доступа с идентичными SSID приёмник может выбирать между ними на основании данных об уровне сигнала. Стандарт Wi-Fi даёт клиенту полную свободу при выборе критериев для соединения.

Wi-Fi

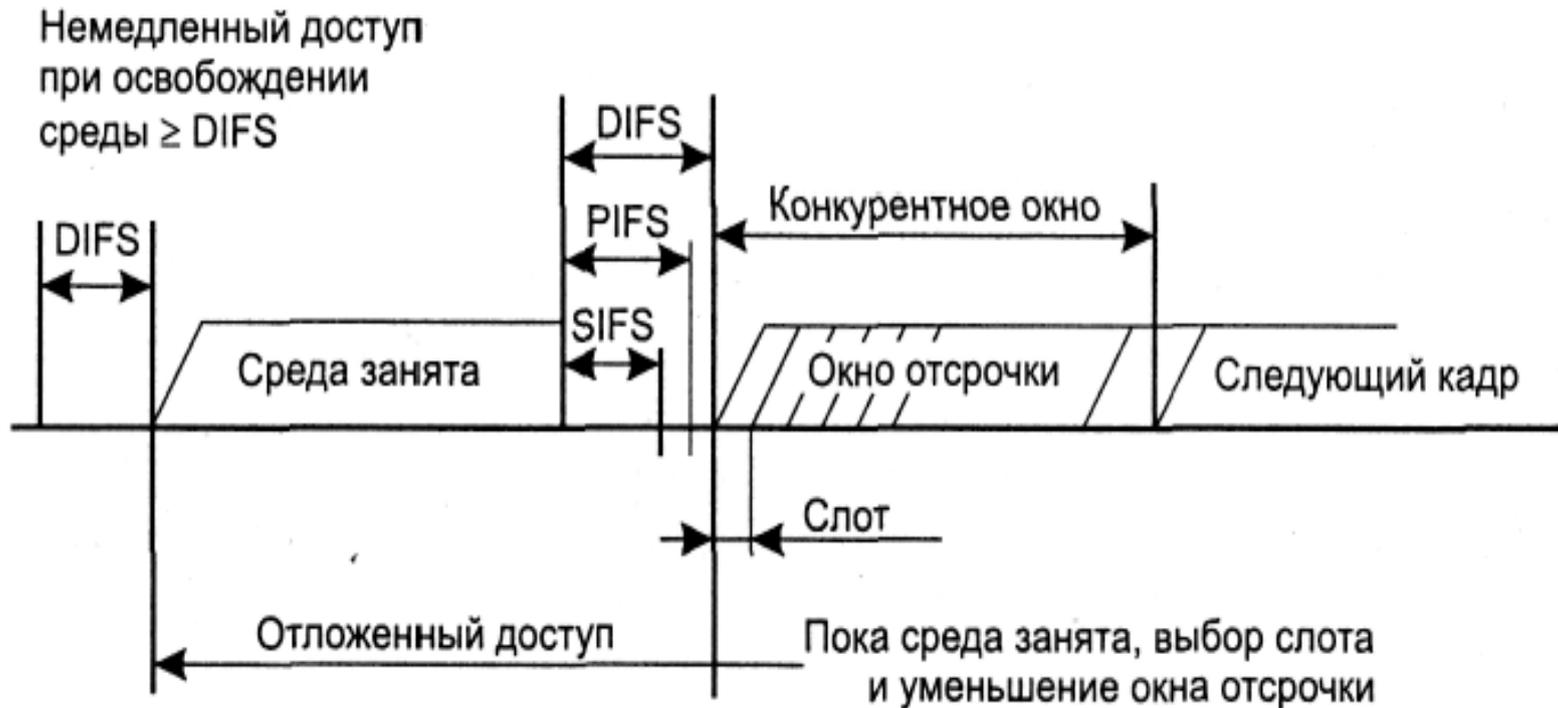
В сетях 802.11 уровень MAC обеспечивает два режима доступа к разделяемой среде:

- распределенный режим DCF (Distributed Coordination Function);
- централизованный режим PCF (Point Coordination Function).

Wi-Fi (DCF)

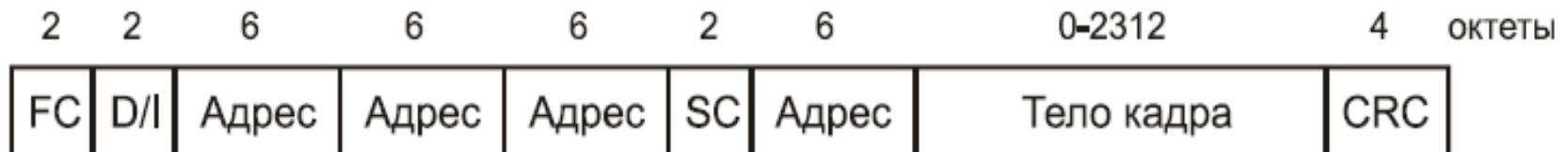


Wi-Fi (PCF)



Сосуществование режимов PCF и DCF

Wi-Fi



FC — управление кадром

D/I — идентификатор длительности/соединения

SC — управление очередностью



Wi-Fi

- Управление кадром. Указывается тип кадра и предоставляется управляющая информация.
- Идентификатор длительности/соединения. Если используется поле длительности, указывается время (в микросекундах), на которое требуется выделить канал для успешной передачи кадра MAC. В некоторых кадрах управления в этом поле указывается идентификатор ассоциации, или соединения.
- Адреса. Число и значение полей адреса зависит от контекста. Возможны следующие типы адреса: источника, назначения, передающей станции, принимающей станции.
- Управление очередностью. Содержит 4-битовое подполе номера фрагмента, используемое для фрагментации и повторной сборки, и 12-битовый порядковый номер, используемый для нумерации кадров, передаваемых между данными приемником и передатчиком.