

Технологии локальных сетей

Стандартная топология и разделяемая среда

- Основная цель, которую ставили перед собой разработчики первых локальных сетей во второй половине 70-х годов, заключалась в нахождении простого и дешевого решения для **объединения в вычислительную сеть нескольких десятков компьютеров, находящихся в пределах одного здания.**
- Для упрощения и, соответственно, удешевления аппаратных и программных решений разработчики первых локальных сетей остановились на совместном использовании **общей среды передачи данных.**

Первая сеть с общей средой передачи данных **ALOHA**

- Этот метод связи компьютеров впервые был опробован при создании радиосети **ALOHA** Гавайского университета в начале 70-х под руководством Нормана Абрамсона (Norman Abramson). Радиоканал определенного диапазона частот естественным образом является общей средой для всех передатчиков, использующих частоты этого диапазона для кодирования данных. Сеть **ALOHA** работала по методу случайного доступа, когда каждый узел мог начать передачу пакета в любой момент времени. Если после этого он не дожидаясь подтверждения приема в течение определенного тайм-аута, он посылал этот пакет снова.
- Общим был радиоканал с несущей частотой 400 МГц и полосой 40 кГц, что обеспечивало передачу данных со скоростью 9600 бит/с.
- Локальные сети являются сетями с мультиплексированием по времени.

- В технологии **Ethernet** в качестве алгоритма разделения среды применяется *метод случайного доступа*. И хотя его трудно назвать совершенным — при росте нагрузки полезная пропускная способность сети резко падает — он благодаря своей простоте стал основой успеха технологии **Ethernet**.
- Технологии **Token Ring** и **FDDI** используют *метод маркерного доступа*, основанный на передаче от узла к узлу особого кадра — **маркера (токена)** доступа. При этом только узел, владеющий маркером доступа, имеет право доступа к разделяемому кольцу. Более детерминированный характер доступа технологий **Token Ring** и **FDDI** predetermined более эффективное использование разделяемой среды, чем у технологии **Ethernet**, но одновременно и усложнил оборудование.

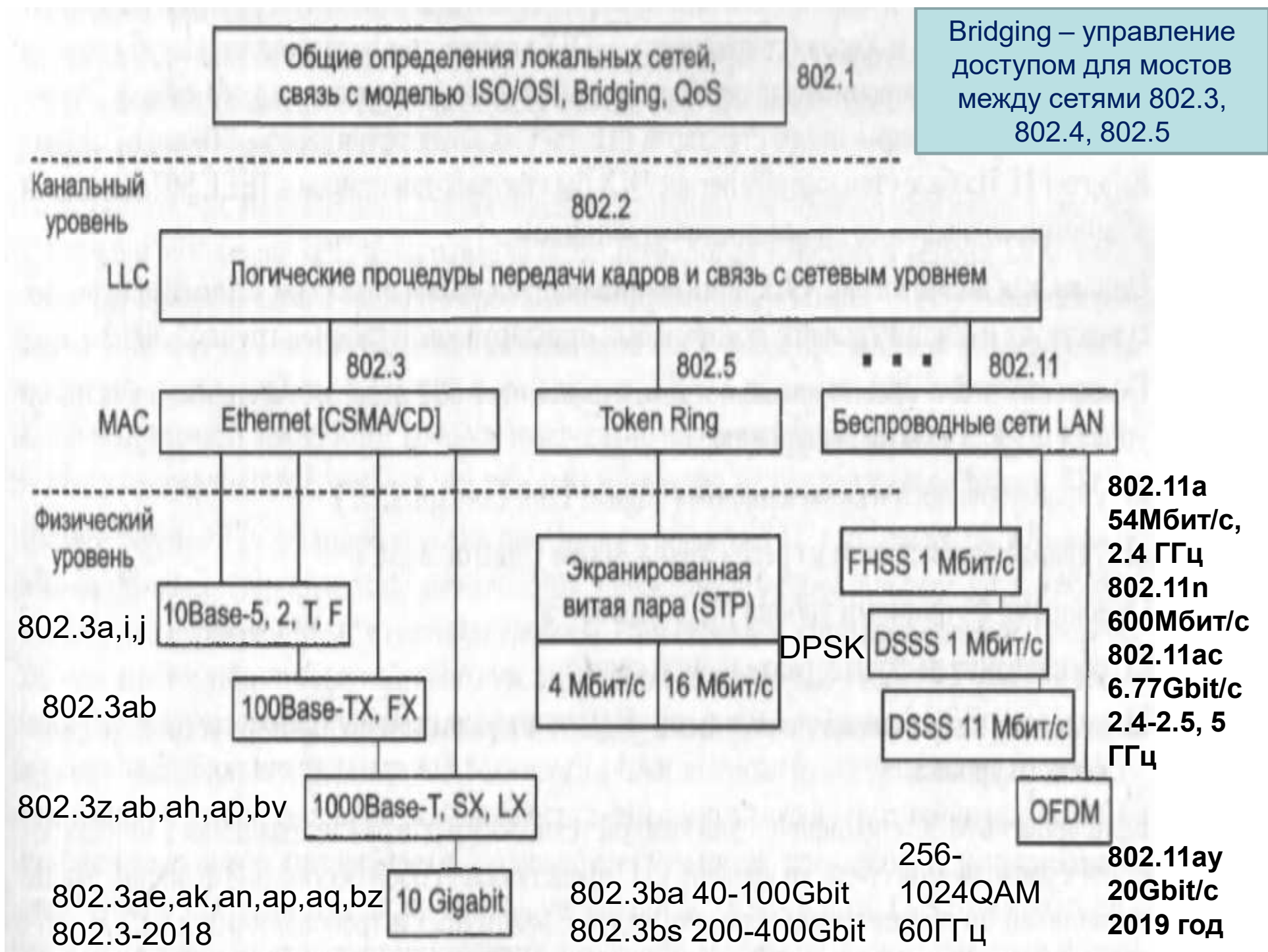
Появление технологий с **арбитром** **доступа** (централизованный, бесконфликтный доступ)

- Появление мультимедийных приложений с чувствительным к задержкам трафиком привело к методам доступа, **приоритезирующего** некоторым образом такой трафик и обеспечивающего для него необходимые характеристики QoS. Результатом этих попыток стало создание технологии **100VG-AnyLAN**, для которой был характерен достаточно сложный метод доступа к разделяемой среде. Эта технология была создана слишком поздно — в середине 90-х годов, когда преимущества и доступность коммутируемых локальных сетей «отменили» сам принцип деления среды (в проводных сетях).

Технологии создавались фирмами

- Каждая из технологий локальных сетей первоначально появлялась как фирменная технология; так, например, технология **Ethernet** «появилась на свет» в компании **Xerox**, а за технологией **Token Ring** стояла компания **IBM**. Первые стандарты технологий локальных сетей также были фирменными, что было, естественно, не очень удобно как для пользователей, так и для компаний-производителей сетевого оборудования.
- Для исправления ситуации в 1980 году в институте IEEE был организован комитет 802 по стандартизации технологий LAN. Результатом работы комитета IEEE 802 стало принятие семейства стандартов IEEE 802.x, содержащих рекомендации по проектированию нижних уровней локальных сетей.

Bridging – управление доступом для мостов между сетями 802.3, 802.4, 802.5



- Комитет 802 разделил функции канального уровня модели OSI на два уровня:
- 1. управление логическим каналом (**Logical Link Control, LLC**);
- 2. управление доступом к среде (**Media Access Control, MAC**).
- Основными функциями уровня MAC являются:
- 1. обеспечение доступа к разделяемой среде;
- 2. передача кадров между конечными узлами посредством функций и устройств физического уровня.
- Логика образования общего для всех технологий уровня LLC заключается в следующем:
- после того как узел сети получил доступ к среде в соответствии с алгоритмом, специфическим для конкретной технологии, дальнейшие действия узла или узлов по обеспечению надежной передачи кадров от технологии не зависят.

- От требований приложения может понадобиться разная степень надежности и рабочая группа 802.2 определила три типа услуг:
- **Услуга LLC1** — это услуга *без установления соединения и без подтверждения получения данных*. LLC1 дает пользователю средства для передачи данных с *минимумом издержек*.
- В этом случае LLC поддерживает *дейтаграммный режим работы*, как и MAC, так что и технология LAN в целом работает в дейтаграммном режиме. Обычно эта процедура используется, когда такие функции, как восстановление данных после ошибок и упорядочивание данных, выполняются протоколами вышележащих уровней, поэтому нет нужды дублировать их на уровне LLC.

- **Услуга LLC2** дает пользователю возможность установить *логическое соединение* перед началом передачи любого блока данных и, если это требуется, выполнить *процедуры восстановления* после ошибок и упорядочивание потока блоков в рамках установленного соединения.
- **Услуга LLC3** — это услуга *без установления соединения, но с подтверждением получения данных*. В некоторых случаях (например, при использовании сетей в системах реального времени, управляющих промышленными объектами), с одной стороны, временные издержки установления логического соединения перед отправкой данных неприемлемы, а с другой стороны, подтверждение о корректности приема переданных данных необходимо. Для такого рода ситуаций и предусмотрена дополнительная услуга LLC3, которая является *компромиссом между LLC1 и LLC2*, так как она не предусматривает установление логического соединения, но обеспечивает подтверждение получения данных.

- Какой из трех режимов работы уровня **LLC** будет использован, зависит от требований протокола верхнего уровня. Информация о требуемой от **LLC** транспортной услуге передается через межуровневый интерфейс уровню **LLC** вместе с аппаратным адресом и пакетом с пользовательскими данными.
- Например, когда поверх **LLC** работает протокол **IP**, он всегда запрашивает режим **LLC1**, поскольку в стеке TCP/IP задачу обеспечения надежной доставки решает протокол **TCP**.

- На практике идея обобщения функций обеспечения надежной передачи кадров в общем уровне LLC не оправдала себя. Технология **Ethernet** в версии DIX изначально функционировала в наиболее простом дейтаграммном режиме — в результате оборудование Ethernet и после опубликования стандарта **IEEE 802.2** продолжало поддерживать только этот режим работы, который формально является режимом **LLC1**. В то же время оборудование сетей **Token Ring**, которое изначально поддерживало режимы **LLC2** и **LLC3**, также продолжало поддерживать эти режимы и никогда не поддерживало режим LLC1.

Основные сетевые технологии

Протоколы локальных проводных сетей:

- Ethernet/Fast Ethernet/Gigabit Ethernet/10Gbit/40-100Gbit
- 100VG-AnyLAN
- Token Ring
- FDDI
- ArcNet

Протоколы беспроводных сетей:

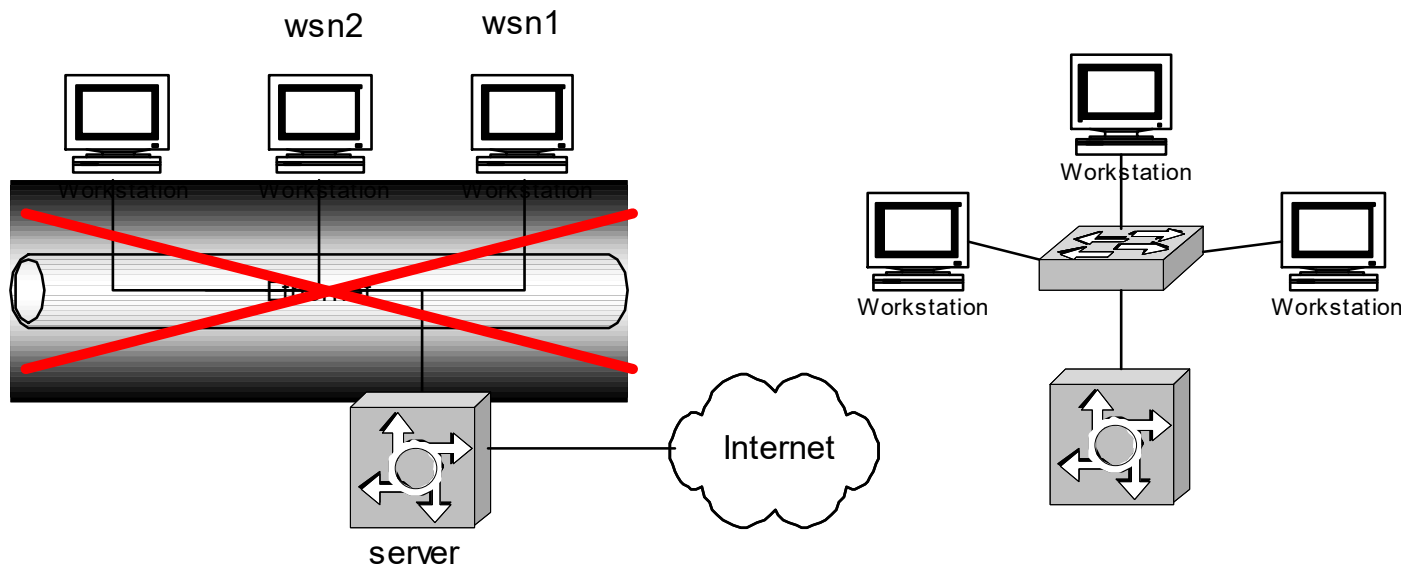
- Bluetooth
- Wi-Fi
- Wi-Max

Протоколы глобальных сетей:

- X.25
- frame relay
- ATM
- SLIP
- PPP

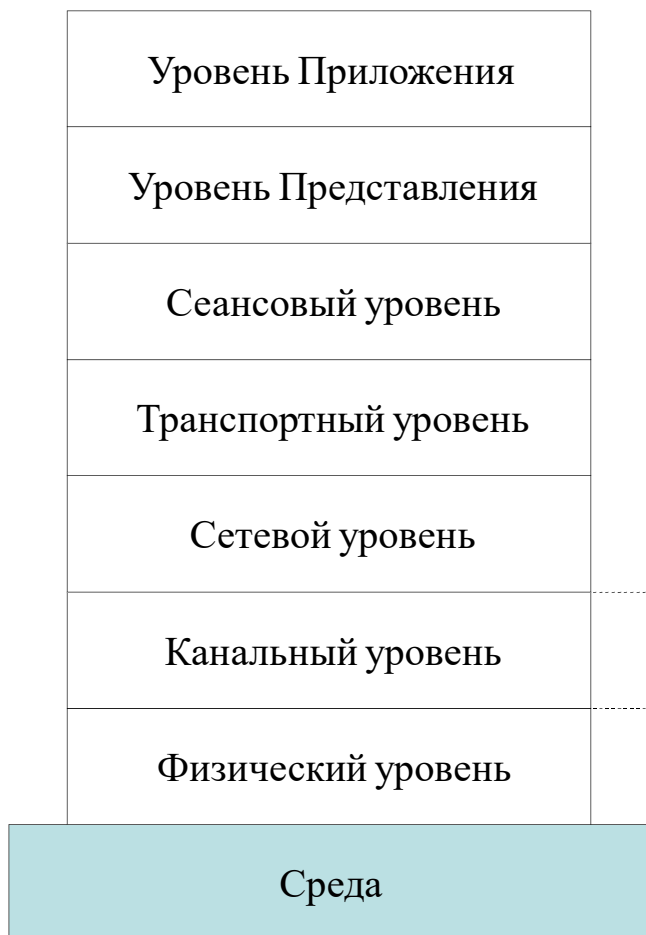
Топологические решения

- Шина (10base-2, 10base-5).
- Псевдо звезда (10base-T, Fast Ethernet). Базируется на использовании хаба (hub), в котором реализована шина. Сохраняет все недостатки метода доступа CSMA/CD.
- Звезда (Fast Ethernet, Gigabit Ethernet и выше). Базируется на использовании коммутатора (switch)

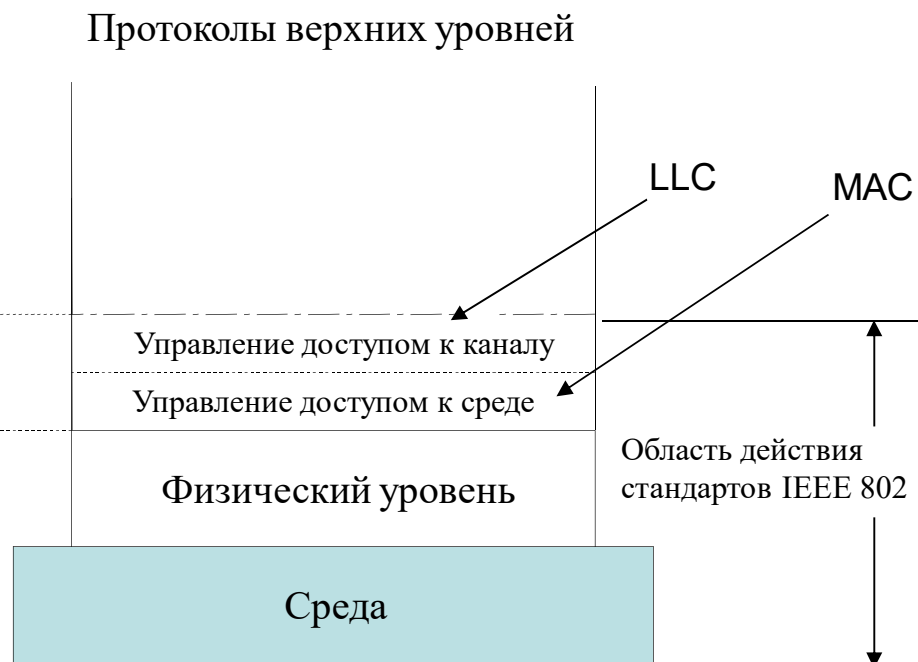


Сопоставление моделей OSI и IEEE 802

Эталонная модель OSI



Эталонная модель IEEE 802

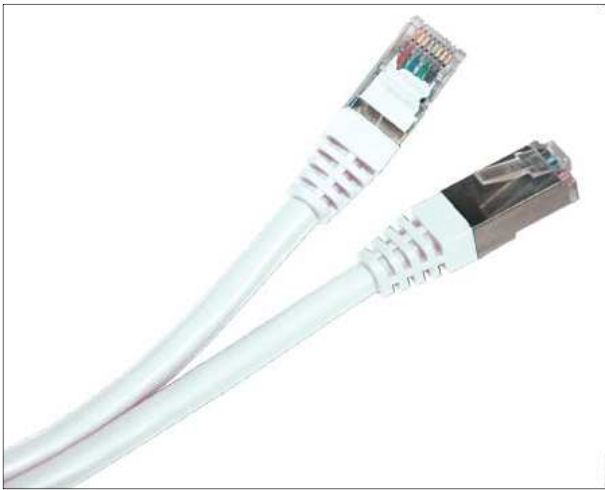


Витая пара, оптика и RJ-45

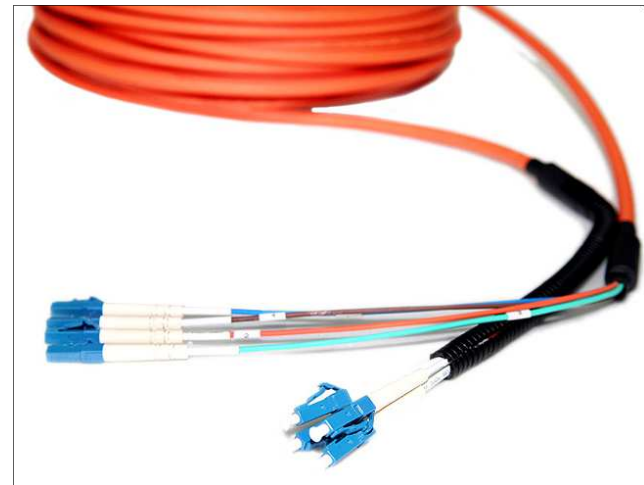


- Многопарные кабели имеют под одной внешней защитной оболочкой более 4-ех витых пар.
- Витая пара – две изолированные медные жилы, скрученные между собой. Категория кабеля зависит от диаметра жилы, шага скрутки и типа изоляции. Бывает 3, 4, 5, 6, 7.

- Витая пара бывает экранированной (FTP), т.е. с наличием защитного экрана из фольги, и неэкранированной (UTP).
- Для обеспечения надежного сообщения кабеля и сетевого устройства используется разъем RJ-45
- Многомодовое оптоволокно – по одному волокну передается несколько мод (независимых световых путей), обозначается MM (MultiMode).
Задается диаметром сердцевины (50 или 62.5 мкм). Важной характеристикой является окно прозрачности – длина световой волны, на которой обеспечиваются наилучшие характеристики по затуханию.
- Для оптоволоконна используются специальные разъемы, например LC



Витая пара UPT 5
с разъемами RJ-45



Многомодовый четырехволоконный
кабель с LC-разъемами

Структура стандартов IEEE 802.X

В 1980 году в институте IEEE был организован комитет 802 по стандартизации локальных сетей.

Сегодня комитет 802 включает следующий ряд подкомитетов:

- 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;

Структура стандартов IEEE 802.X (продолжение)

- 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 локальные сети;
- 802.12 - [Demand Priority Access LAN, 100VG-AnyLAN](#) - локальные сети с методом доступа по требованию с приоритетами;
- 802.15 - Персональные сети;
- 802.16 - Широкополосные беспроводные локальные сети;
- и другие.

Технология Ethernet (IEEE 802.3)

Ethernet - это самый распространенный на сегодняшний день стандарт локальных сетей (под словом **Ethernet** обычно понимают любой из вариантов этой технологии).

Особенности:

- способен работать с коаксиальным кабелем, витой парой, оптическими кабелями;
- физическое кодирование - манчестерский код (10Мбит), **mlt-3** (100Мбит), **pam-5** (Гбит);
- метод коллективного доступа с опознаванием несущей и обнаружением коллизий (**carrier sense multiply access with collision detection, CSMA/CD**).
- алгоритм двоичного экспоненциального отката
- Соотношение минимального размера кадра и диаметра сети

История Ethernet

- 1975 - фирма Xerox разработала и реализовала Ethernet Network;
- 1980 - фирмы DEC, Intel и Xerox совместно разработали и опубликовали стандарт Ethernet версии II или Ethernet DIX;
- 1980 - на основе стандарта Ethernet DIX был разработан стандарт IEEE 802.3.
- В зависимости от типа физической среды стандарт IEEE 802.3 имеет различные модификации - 10Base-5, 10Base-2, 10Base-T, 10Base-FL, 10Base-FB;

Развитие Ethernet

- 1995 - принят стандарт Fast Ethernet - IEEE 802.3u;
- 1998 - принят стандарт Gigabit Ethernet на оптическом кабеле - 802.3z;
- 1999 - принят стандарт Gigabit Ethernet на витой паре 5-й категории - 802.3ab;
- 2002 - стандарт поддерживающий 10Gbit/s. 802.3ae
- 2015 - 40/100Gbit 802.3bm (оптический кабель)
- 2017 - 200/400Gbit 802.3bs (использование мультиполосовых 25/50G) PAM-4

- 6 апреля 2020 года Консорциум 25 Gigabit Ethernet был переименован в Консорциум технологий Ethernet и объявляет о спецификации 800 Gigabit Ethernet (GbE).
- 4 июня 2020 года IEEE одобрил IEEE 802.3ca, который позволяет симметричную или асимметричную работу со скоростью нисходящего потока 25 или 50 Гбит / с и скоростью восходящего потока 10 Гбит / с, 25 Гбит / с или 50 Гбит / с по пассивным оптическим сетям (PON). То есть сетей PON для конечных пользователей.

- По состоянию на июнь 2016 года на рынке доступно оборудование 25 Gigabit Ethernet с форм-факторами приемопередатчиков SFP28 и QSFP28 . Медные кабели прямого подключения SFP28-SFP28 длиной 1, 2, 3 и 5 метров доступны от нескольких производителей, а производители оптических трансиверов объявили об оптике 1310 нм «LR», предназначенной для дальности действия от 2 до 10 км. по двум жилам стандартного одномодового волокна, аналогичного существующей оптике 10GBASE-LR , а также по оптике 850 нм «SR», предназначенной для коротких расстояний до 100 м по двум жилам многомодового волокна OM4 , аналогично существующей оптике 10GBASE-SR .

Физический уровень Ethernet, 10 Мбит/с

- **10BASE5**, IEEE 802.3 (называемый также «Толстый Ethernet») — первоначальная разработка технологии со скоростью передачи данных 10 Мбит/с. Следуя раннему стандарту IEEE использует коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 50 Ом (RG-8), с максимальной длиной сегмента 500 метров.
- **10BASE2**, IEEE 802.3a (называемый «Тонкий Ethernet») — используется кабель RG-58, с максимальной длиной сегмента 200 метров, компьютеры присоединялись один к другому, для подключения кабеля к сетевой карте нужен T-коннектор, а на кабеле должен быть BNC-коннектор. Требуется наличие терминаторов на каждом конце. Многие годы этот стандарт был основным для технологии Ethernet.
- **10BASE-T**, IEEE 802.3i — для передачи данных используется 4 провода кабеля витой пары (две скрученные пары) категории-3 или категории-5. Максимальная длина сегмента 100 метров.
- **10BASE-F**, IEEE 802.3j — Основной термин для обозначения семейства 10 Мбит/с ethernet-стандартов, использующих оптоволоконный кабель на расстоянии до 2 километров: 10BASE-FL, 10BASE-FB и 10BASE-FP. Из перечисленного только 10BASE-FL получил широкое распространение.

Fast Ethernet, 100 Мбит/с

- **100BASE-T** — общий термин для обозначения стандартов, использующих в качестве среды передачи данных витую пару. Длина сегмента до 100 метров. Включает в себя стандарты 100BASE-TX, 100BASE-T4 и 100BASE-T2.
- **100BASE-TX**, IEEE 802.3u — развитие стандарта 10BASE-T для использования в сетях топологии «звезда». Задействована витая пара категории 5, фактически используются только две неэкранированные пары проводников, поддерживается дуплексная передача данных, расстояние до 100 м.
- **100BASE-T4** — стандарт, использующий витую пару категории 3. Задействованы все четыре пары проводников, передача данных идёт в полудуплексе. Максимальная длина сегмента 100 метров. Практически не используется.
- **100BASE-T2** — стандарт, использующий витую пару категории 3. Задействованы только две пары проводников. Поддерживается полный дуплекс, когда сигналы распространяются в противоположных направлениях по каждой паре. Скорость передачи в одном направлении — 50 Мбит/с. Практически не используется.
- **100BASE-SX** — стандарт, использующий многомодовое оптоволокно (2 жилы). Максимальная длина сегмента 400 метров в полудуплексе (для гарантированного обнаружения коллизий) или 2000 метров в полном дуплексе.
- **100BASE-FX** — стандарт, использующий одномодовое оптоволокно (2 жилы). Полный дуплекс, максимальная длина сегмента 2000 метров.

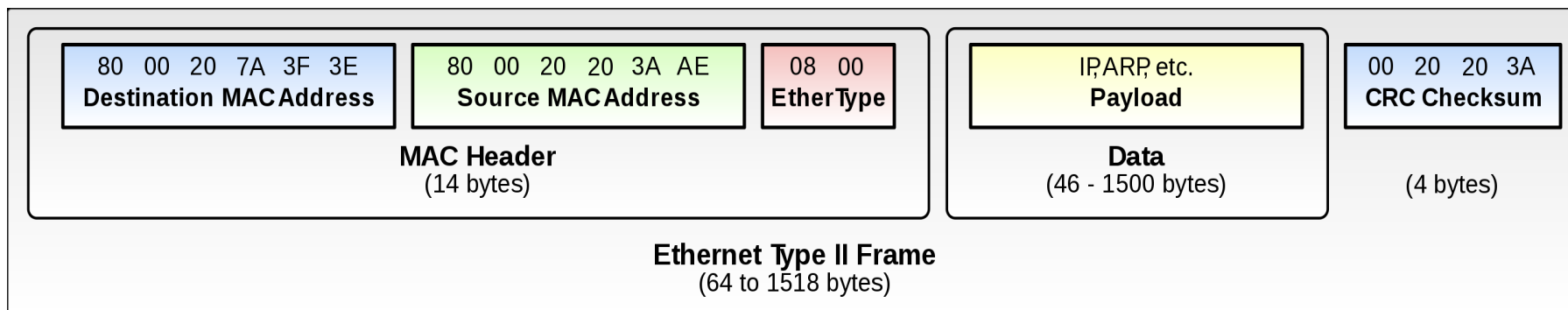
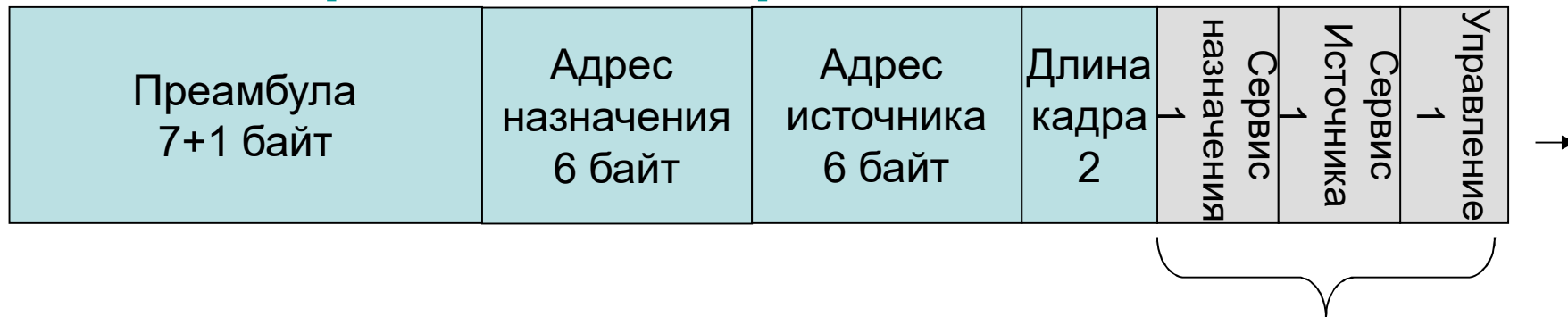
Gigabit Ethernet, 1 Гбит/с

- **1000BASE-T**, IEEE 802.3ab —использует витую пару категорий 5е. В передаче данных участвуют все 4 пары со скоростью 250 Мбит/с по одной паре. Используется метод кодирования PAM5, частота основной гармоники 62,5 МГц.
- **1000BASE-TX**, использует отдельную приёмо-передачу (2 пары на передачу, 2 пары на приём, по каждой паре данные передаются со скоростью 500 Мбит/с), кабеля 6 категории. На основе данного стандарта практически не было создано продуктов, хотя 1000BASE-TX использует более простой протокол, чем стандарт 1000BASE-T
- **1000BASE-SX**, IEEE 802.3z — стандарт, использующий многомодовое оптоволокно. Длина сегмента до 550 метров.
- **1000BASE-LX**, IEEE 802.3z — стандарт, использующий одномодовое или многомодовое оптоволокно. Длина сегмента до 5000 метров.
- **1000BASE-CX** — стандарт для коротких расстояний (до 25 метров), использующий твинаксиальный кабель с волновым сопротивлением 150 Ом. Заменён стандартом 1000BASE-T и сейчас не используется.
- **1000BASE-LH** (Long Haul) — стандарт, использующий одномодовое оптоволокно. Дальность прохождения сигнала без повторителя до 100 километров.

```
graph TD
    Start([Передать кадр]) --> Init[1) Сборка пакета из кадра  
2) Установить счетчик попыток в 0]
    Init --> Transmit{Передает ли другой узел?}
    Transmit -- Да --> Delay[Откладывание]
    Delay --> Transmit
    Transmit -- Нет --> IPG{1) Прошло ли время IPG после предыдущей передачи?}
    IPG -- Нет --> Delay
    IPG -- Да --> SendBit[2) Передать первый бит пакета]
    SendBit --> Collision{Обнаружена ли коллизия?}
    Collision -- Да --> Delay
    Collision -- Нет --> EndTransmit{4) Окончена ли передача?}
    EndTransmit -- Нет --> SendNextBit[Передать следующий бит пакета]
    SendNextBit --> Collision
    EndTransmit -- Да --> Success([Передан успешно])
    Delay --> Jam[Послать 32 бита данных (ПРОБКА)]
    Jam --> Retries[3) Увеличить счетчик попыток]
    Retries --> RetriesLimit{Количество попыток > 16?}
    RetriesLimit -- Да --> Failure([Передан не удалось. Слишком много коллизий])
    RetriesLimit -- Нет --> Delay
```

Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection — множественный доступ с контролем несущей и обнаружением коллизий

Формат кадров Ethernet



- **Преамбула** – служит для синхронизации сети. Представляет собой комбинацию 10101010.... (Манчестерский код представляет собой меандр 10 МГц, 6.4 мкс). Последний байт считается ограничителем кадра (SF) для совместимости технологий семейства Ethernet.
- Адреса: 6 байт (см. слайд8). Широковещательный адрес (используется, например, для заполнения ARP-таблицы) FF:FF:FF:FF:FF:FF.
- Поле данных ограничено **MTU=1500 байт** (Maximum Transfer Unit) с учетом длины заголовка.
- **Контрольная сумма** – рассчитывается на основе циклического кода (CRC)

Особенности семейства Ethernet

(история связи)

Метод доступа к разделяемой среде: **CSMA/CD** – доступ с прослушиванием несущей и обнаружением коллизий.

Основные параметры:

- Частота несущей 10 Гц.
- Пауза между кадрами 9,6 мкс. Позволяет исключить монопольный захват среды.
- При обнаружении коллизии посылается jam-последовательность (32 бита).
- Количество попыток повторной передачи 16.
- Величина задержки при следующей попытке – случайная величина.

Метод доступа CSMA/CD

- **Идея:** все станции в сети прослушивают среду на предмет обнаружения несущей. При отсутствии несущей отправитель передает кадр Ethernet в сеть. В случае обнаружении несущей отправитель ждет 9,6 мкс.
- **Домен коллизий** — домен, все машины которого используют общую разделяемую среду. Увеличение количества машин в такой сети приводит к резкому ухудшению производительности за счет неэффективного использования ресурсов.
- Следствие: наложение ограничения на размер сети: количество рабочих станций и длину сегмента.
$$t_{\text{оборота}} < t_{\text{передачи кадра}}$$

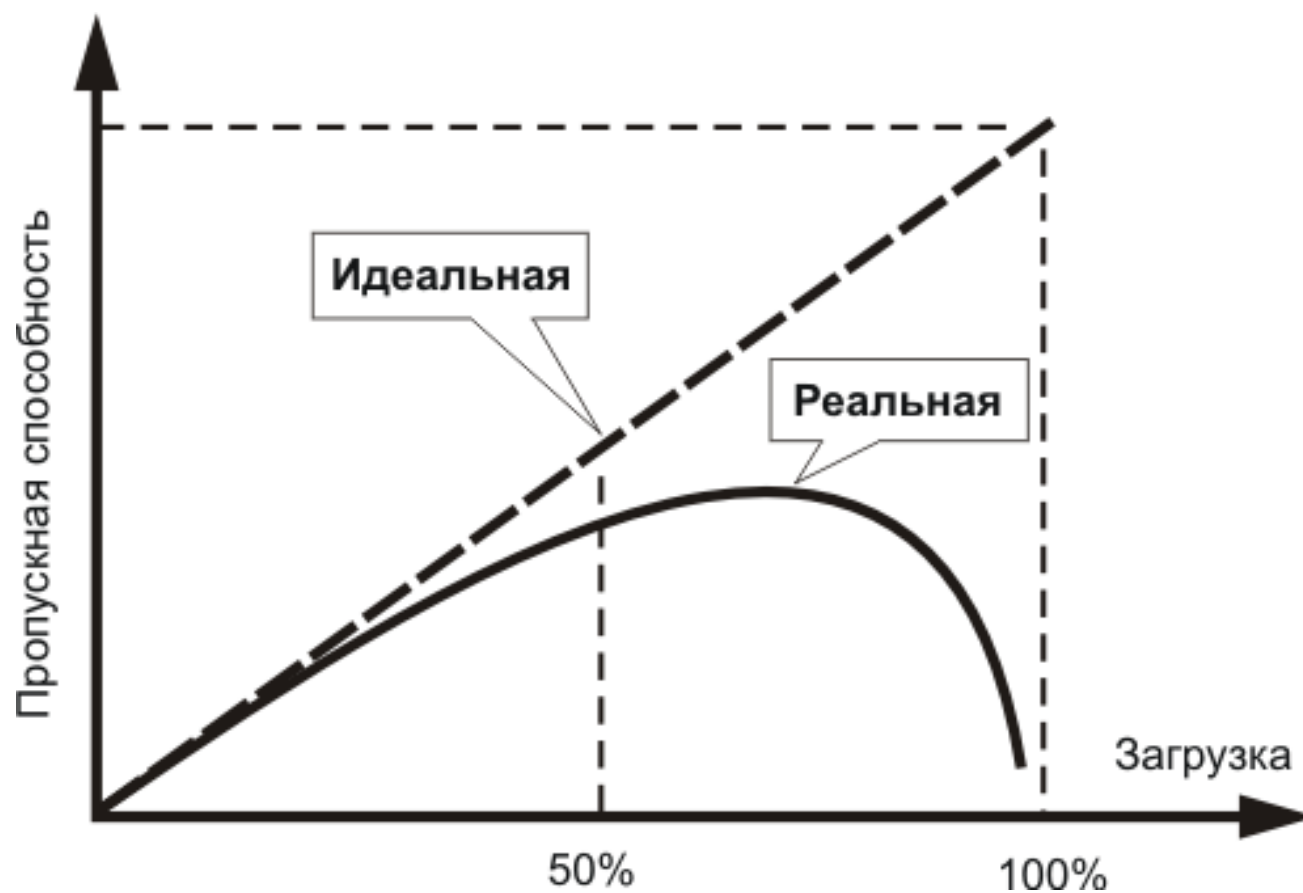
(57,6 мкс для 10Мбит/с)
- В настоящее время коллизий не бывает, т.к. произошел полный переход сетей Ethernet от разделяемой среды (хаб) к коммутируемой.

Обнаружение коллизий

(история связи)

- Причины возникновения коллизий – одновременная передача данных удаленными машинами. В результате возникают перекрестные помехи, приводящие к искажению сигнала и называемые **КОЛЛИЗИЯМИ**.
- При обнаружении коллизии ближайшая станция посылает в сеть jam-последовательность для усиления сигнала. Это позволяет обнаружить коллизию всем станциям.
- При обнаружении коллизии отправитель начинает передачу данных через случайный интервал времени. В случае второй и последующих неудачных попыток передачи данных интервал увеличивается в 2^{n-1} раза, где n – номер попытки.

Пропускная способность Ethernet



Форматы кадров технологии Ethernet

- кадр 802.3/LLC (кадр 802.3/802.2 или кадр Novell 802.2);
- кадр Raw 802.3 (или кадр Novell 802.3);
- кадр Ethernet DIX (или кадр Ethernet II);
- кадр Ethernet SNAP.

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			

Logical Link Control (IEEE 802.2)

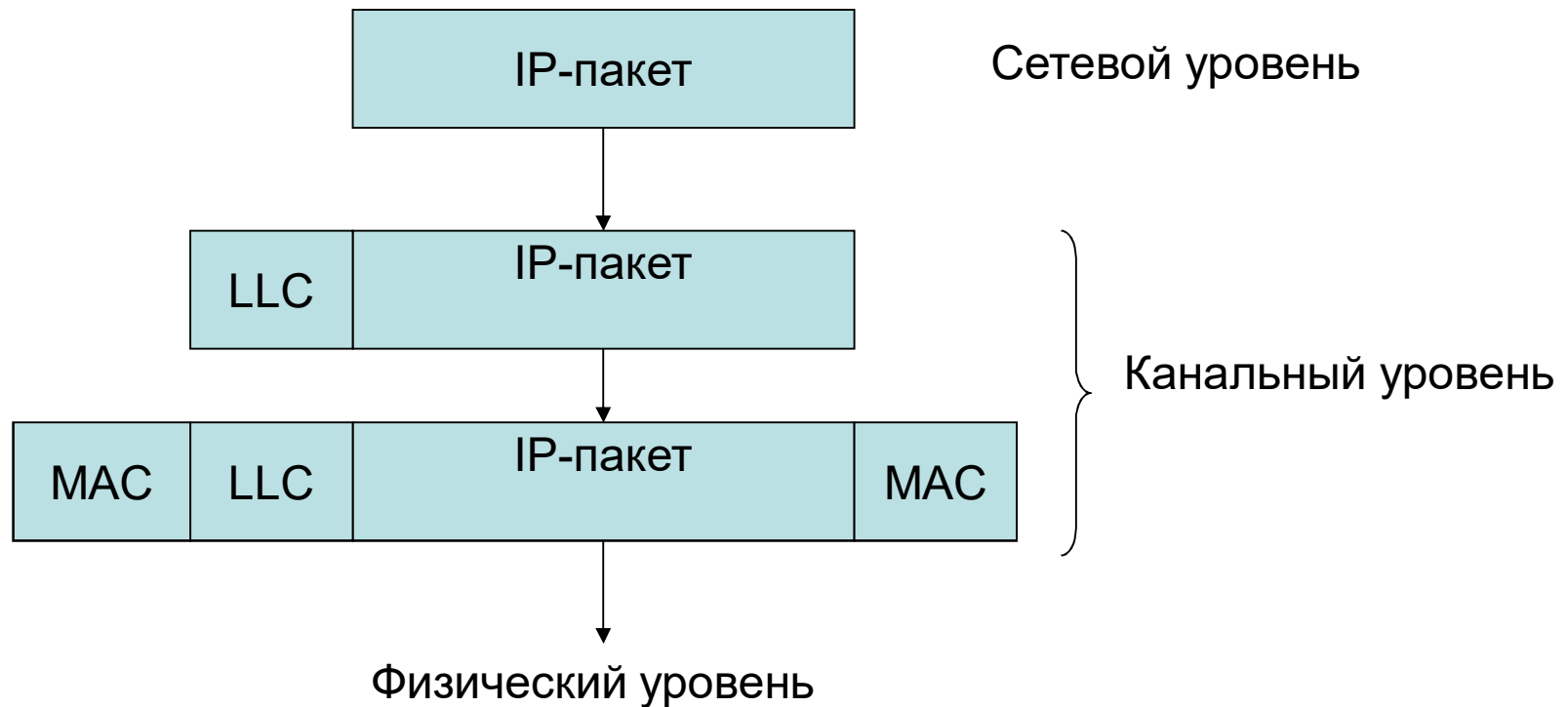
Logical Link Control (LLC) — подуровень управления логической связью — по стандарту IEEE 802 — верхний подуровень канального уровня модели OSI, осуществляет:

- управление передачей данных;
- обеспечивает проверку и правильность передачи информации по соединению.

Все типы кадров уровня LLC имеют единый формат. Они содержат четыре поля:

- адрес точки входа сервиса назначения (Destination Service Access Point, DSAP);
- адрес точки входа сервиса источника (Source Service Access Point, SSAP);
- управляющее поле (Control);
- поле данных (Data).

Инкапсуляция в кадр Ethernet



MAC-уровень.

Структура MAC-адреса



I/G: 1-индивидуальный; 0 – групповой

U/L: 1- присвоен локально; 0 –присвоен IEEE

Пример MAC-адреса: **00:0A:21:F0:54:2B**

- Взаимосвязь между IP и MAC адресами устанавливается при помощи протокола **ARP** (Address Resolution Protocol) – преобразует IP-адреса в MAC. В его основе лежит таблица адресов (ARP-таблица).

- Определение MAC-адреса по IP-адресу:
 - Ищется IP-адрес в ARP-таблице
 - Если адрес отсутствует, то посылается широковещательный запрос.
 - Прослушивается ответ устройства с этим адресом
 - Обновление ARP-таблицы
- Информация хранится в таблице в течение 20 мин.

	Номер порта	MAC-адрес	IP-адрес	Тип адресного соответствия
Устройство1				
Устройство2				
...				

- Значения поля «Тип адресного соответствия»:
 - 2 – строка не действительна
 - 3 – динамическая привязка
 - 4 – статическая привязка

Структура ARP-запроса

16

Тип оборудования	
Тип протокола	
Длина MAC-адреса	Длина адреса протокола (IP)
Код операции (запрос или ответ)	
MAC-адрес отправителя	
IP-адрес отправителя	
MAC-адрес получателя	
IP-адрес получателя	

Протоколы начальной загрузки

- RARP – протокол определения IP-адреса при начальной загрузке. Основан на физическом адресе.
- BOOTP – протокол начальной загрузки. Реализуется как приложение, а не часть операционной системы. Позволяет назначать IP-адреса в сети на основе протоколов транспортного и сетевого уровней.
- DHCP – протокол динамического назначения IP-адресов. Используется для модемного доступа или WiFi. Является автоматически конфигурируемым.

Fast Ethernet

- 100base-TX – неэкранированная витая пара категории 5, двухпарный кабель, до 100м.
- 100base-T4 – витая пара категории 3, 4, 5; четырехпарный кабель, до 100 м.
- 100base-FX – многомодовое волокно, окно прозрачности 1350 нм, до 400 м. Совместима с FDDI.
- Характеристики:
 - Совместима с 10base-T, использует метод доступа CSMA/CD. Все времена передачи кадров меньше в 10 раз.
 - Сохраняет уровни LLC и MAC. Для трансляции в 10base-T вводится расширение SNAP (Subnetwork Access Protocol).
 - Звездообразная топология, поддержка витой пары.
 - Сохранение формата кадра Ethernet
 - Метод кодирования 4B/5B (для 100base-TX и FX).

Отличия от Ethernet 10base:

- Специальная комбинация idle – 11111. Обозначает незанятое состояние среды. Позволяет поддерживать синхронизацию между передатчиком и приемником и контролировать физическое состояние среды. Обязательно использует ESD (End Stream Delimeter) – разграничители потока.
- Наличие функции автопереговоров для сопряжения с 10base-T (для 100base-TX). Посылается служебный запрос, подтверждение которого означает, что сеть поддерживает Fast Ethernet. В случае отсутствия подтверждения устанавливается связь по 10base.
- Использует метод кодирования 8В/6Т для 100base-T4 (в этом случае повышается пропускная способность за счет передачи трафика по нескольким витым парам).
- Максимальная длительность окна коллизий 5,12 мксек (на всякий случай использования хабов)

Gigabit Ethernet

- 1000Base-SX - многомодовое оптоволокно, до 550м
- 1000Base-LX – одномодовое или многомодовое оптоволокно, до 5000м
- 1000Base-CX2 – экранированная витая пара, до 25м.
- 1000Base-T4 неэкранированная витая пара категории 5 и выше, до 100м.

Характеристики:

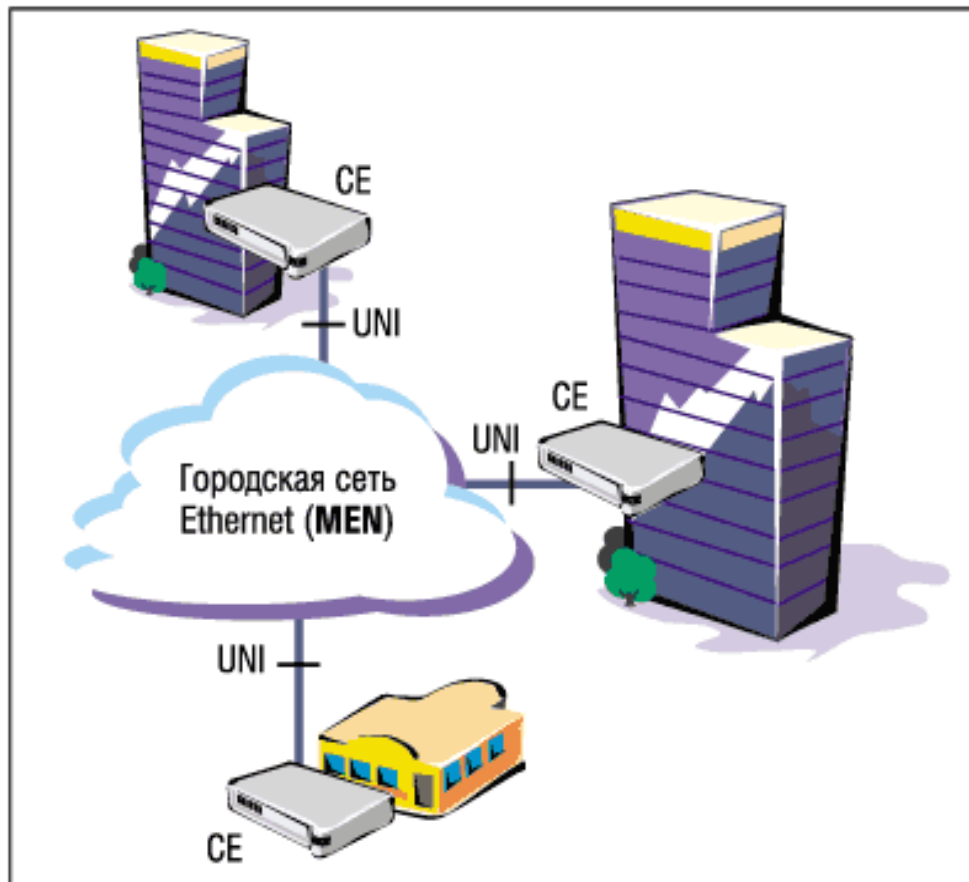
- Кодировка 8B/10B
- Использование концентраторов (хабов) крайне нежелательно – приводит к ухудшению эффективности сети.
- Максимальная длительность паузы 33,6 мсек

- Позволяет организовывать магистральные участки. Поддерживает высокопроизводительные сервера.
- Служит основой для построения сетей Metro
- Длина кадра минимум 512 байт, поддерживает максимальный размер IP-пакета (режим Burst Mode).
- В платах сетевых адаптеров используется DSP для предотвращения коллизий (вычитание сигналов).
- Прозрачна для всего семейства Ethernet: сохраняет форматы адресов, метод доступа CSMA/CD, использует те же типы кабелей.
- Не поддерживает качество обслуживания.

Metro Ethernet (2003 год)

- Сети Metro – сети масштабов города построены на базе опорной волоконно-оптической сети по технологии Optical Ethernet, могут объединять фрагменты, решенные на основе различных технологий.
- Metro Ethernet – способ организации сетей Metro на основе технологии Ethernet. Позволяет существенно расширить класс услуг, например, организовать Интернет-вещание и IPTV.
- В основе Metro Ethernet находятся «площадки» корпоративных или частных абонентов, построенные на основе Ethernet, что предполагает использование этой технологии и в качестве транспортной сети.

MetroEthernet



Городские сети Ethernet (Metro Ethernet Networks -- MEN) в общем случае определяются как сети, связывающие территориально удаленные корпоративные LAN. В MEN в качестве корневого используется протокол Ethernet. Это позволяет корпоративным пользователям и операторам услуг разделять общий механизм доставки, т. е. отпадает необходимость преобразовывать Ethernet-трафик в WAN-формат и обратно на каждом конце соединения.

10 Гигабит Ethernet

Стандарт 10 Гигабит Ethernet включает в себя семь стандартов физической среды для LAN, MAN и WAN. В настоящее время он описывается IEEE 802.3ae.

10GBASE-CX4 — Технология 10 Гигабит Ethernet для коротких расстояний (до 15 метров), используется медный кабель CX4 и коннекторы InfiniBand.

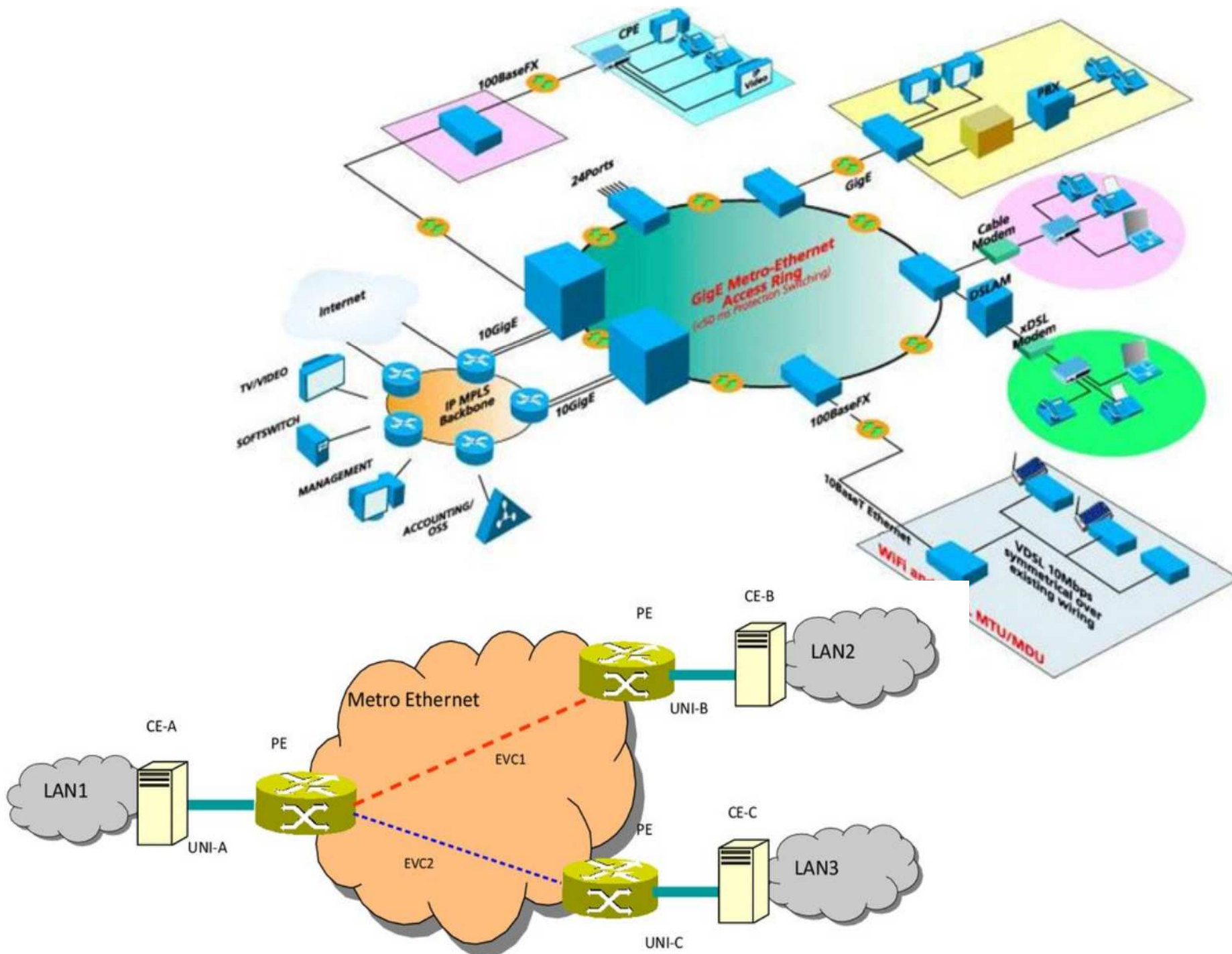
10GBASE-SR — Технология 10 Гигабит Ethernet для коротких расстояний (до 26 или 82 метров, в зависимости от типа кабеля), используется многомодовое оптоволокно. Он также поддерживает расстояния до 300 метров с использованием нового многомодового оптоволокна (2000 МГц/км).

10GBASE-LX4 — использует уплотнение по длине волны для поддержки расстояний от 240 до 300 метров по многомодовому оптоволокну. Также поддерживает расстояния до 10 километров при использовании одномодового оптоволокна.

10GBASE-LR и 10GBASE-ER — эти стандарты поддерживают расстояния до 10 и 40 километров соответственно.

10GBASE-SW, 10GBASE-LW и 10GBASE-EW — Эти стандарты используют физический интерфейс, совместимый по скорости и формату данных с интерфейсом OC-192 / STM-64 SONET/SDH. Они подобны стандартам 10GBASE-SR, 10GBASE-LR и 10GBASE-ER соответственно, так как используют те же самые типы кабелей и расстояния передачи.

10GBASE-T, IEEE 802.3an-2006 — принят в июне 2006 года после 4 лет разработки. Использует экранированную витую пару. Расстояния — до 100 метров



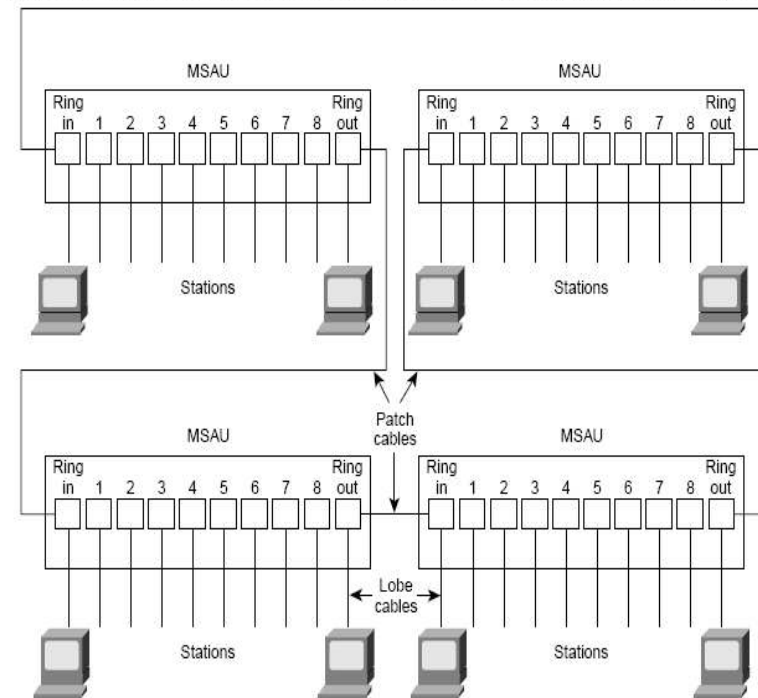
Технология Token Ring (IEEE 802.5)

- 1984 – разработана фирмой IBM;
- 1985 – принят стандарт IEEE 802.5;
- работают с двумя битовыми скоростями - 4 и 16 Мбит/с;
- более сложная, чем Ethernet. Обладает свойствами отказоустойчивости и контроля работы сети;
- для контроля сети одна из станций выполняет роль *активного монитора, который выбирается во время инициализации кольца как станция с максимальным значением MAC-адреса*;
- использует маркерный метод доступа к разделяемой среде.

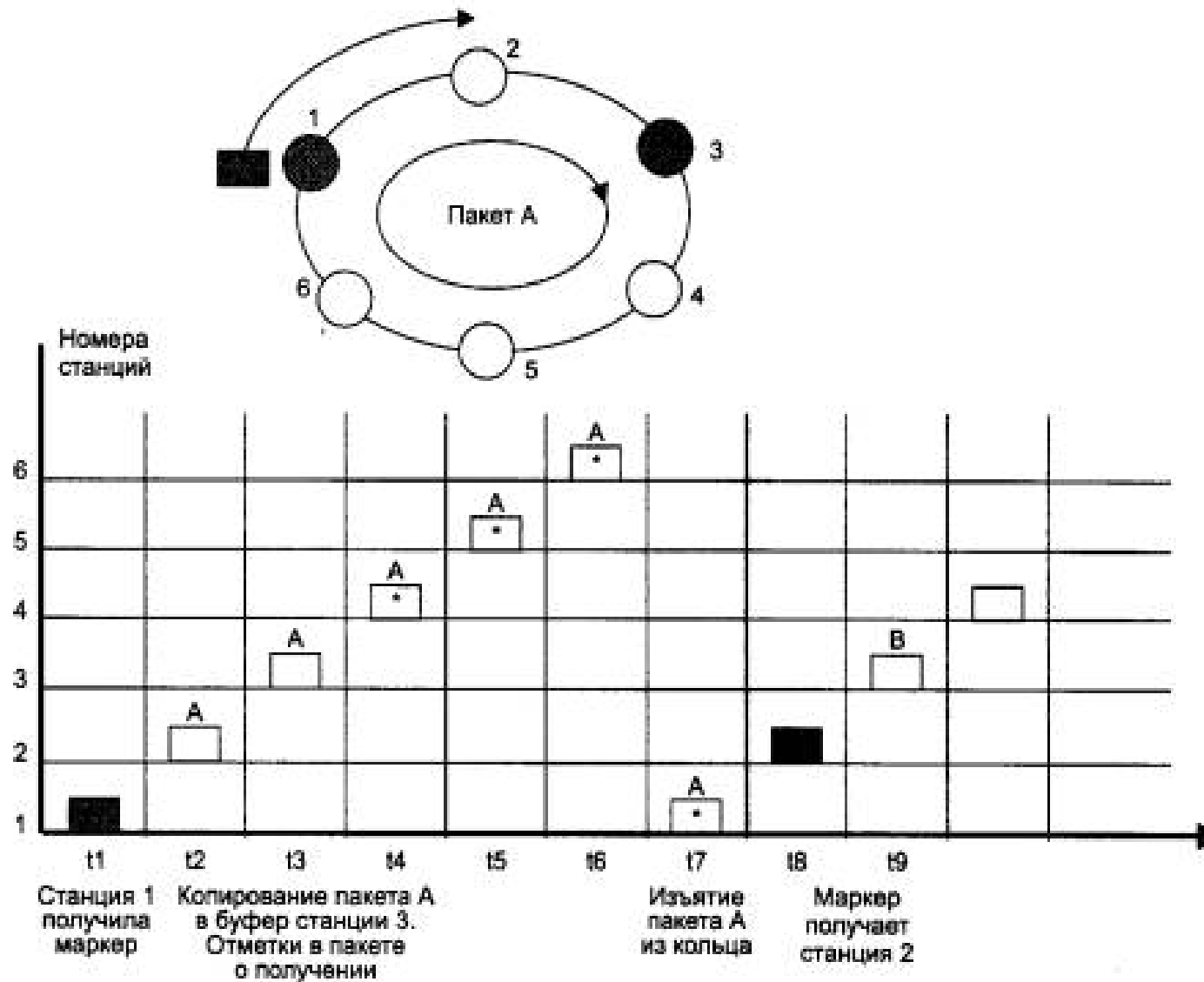
Физический уровень технологии Token Ring

- Связи в сети строятся с помощью концентраторов, называемых MAU или MSAU (Multistation Access Unit).
- комбинированная звездно-кольцевая конфигурация.
- Конечные узлы подключаются к MSAU по топологии звезда.
- Между собой MSAU объединяются через специальные порты Ring In (RI) и Ring Out (RO) для образования магистрального физического кольца.
- кабеля STP Type I, UTP Type 3, UTP Type 6 (из номенклатуры кабельной системы IBM), а также волоконно-оптический кабель.
- max 260 узлов.
- Max длина кольца 4000 м.

Figure 9-2 MSAUs Can Be Wired Together to Form One Large Ring in an IBM Token Ring Network



Маркерный метод доступа к разделяемой среде



Форматы кадров Token Ring

В Token Ring существуют три различных формата кадров:

- маркер;
- кадр данных;
- прерывающая последовательность.

Поля маркера:

- начальный ограничитель (Start Delimiter, SD);
- *управление доступом (Access Control) ;*
- *конечный ограничитель (End Delimeter, ED).*

Поля прерывающая последовательности:

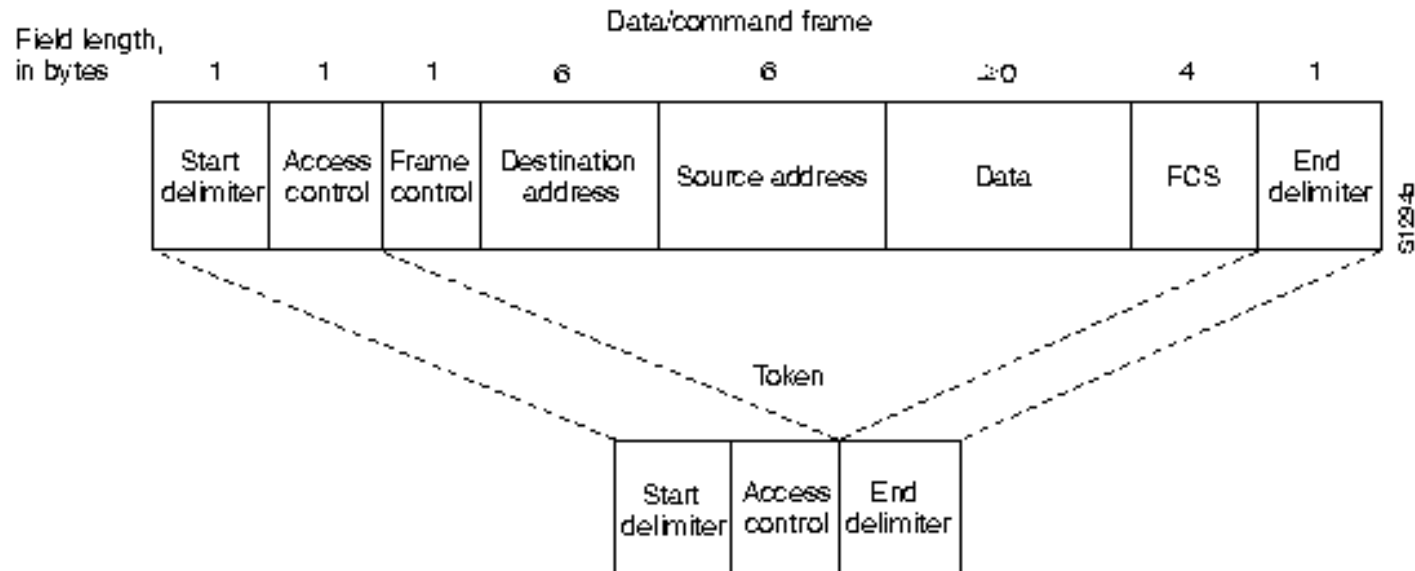
- начальный ограничитель (Start Delimiter, SD);
- *конечный ограничитель (End Delimeter, ED).*

Маркерный доступ с приоритетом

- Поле доступа содержит **трехбитовый приоритет** и **трехбитовое поле резерва**.
- Когда системный монитор отправляет маркер то он устанавливает, например максимальное значение в поле приоритета - 7, и **обнуляет резервное поле**. Когда маркер проходит мимо узла желающего отправить данные, то **поле резерва** **меняется** на большее значение соответствующего приоритету данного узла.
- Пройдя таким образом кольцо, поле резерва становится равным значению приоритету максимального в сети желающего отправить данные. Тогда системный монитор меняет поле приоритета в маркере на значение поля резерва. Таким образом, маркер уже может быть захвачен.

Формат кадра данных Token Ring

- начальный ограничитель (Start Delimiter, SD);
- управление доступом (Access Control, AC);
- управление кадром (Frame Control, PC);
- адрес назначения (Destination Address, DA);
- адрес источника (Source Address, SA);
- данные (INFO);
- контрольная сумма (Frame Check Sequence, FCS);
- конечный ограничитель (End Delimeter, ED);
- статус кадра (Frame Status, FS).



Технология FDDI (ISO 9314-1)

FDDI (Fiber Distributed Data Interface) - оптоволоконный интерфейс распределенных данных. ISO 9314-1, rfc-1512, -1390, -1329, -1285, стандарт ANSI, принятый без изменения ISO.

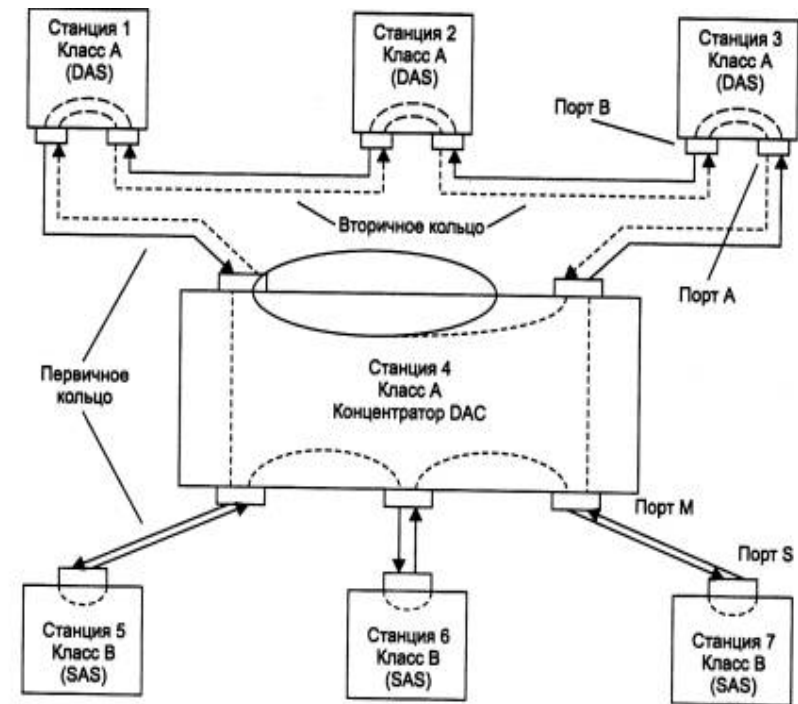
- Основывается на технологии Token Ring;
- Формат кадра FDDI близок к формату кадра Token Ring (отличие в отсутствии полей приоритетов);
- Маркерный метод доступа к разделяемой среде с ограничением по времени.

Цели разработчиков:

- повысить битовую скорость передачи данных до 100 Мбит/с;
- повысить отказоустойчивость сети за счет стандартных процедур восстановления ее после отказов различного рода;
- максимально эффективно использовать потенциальную пропускную способность сети.

Топология FDDI

- два оптоволоконных кольца - основной и резервный пути
- предусмотрено наличие в сети конечных узлов - станций (Station), а также концентраторов (Concentrator)
- допускаются два вида подключения станций к сети: одновременное подключение к первичному и вторичному кольцам (двойное подключение - Dual Attachment, DA), подключение только к первичному кольцу (одиночное подключение - Single Attachment, SA).
- обычно концентраторы имеют двойное подключение, а станции – одинарное.



Физический уровень технологии FDDI

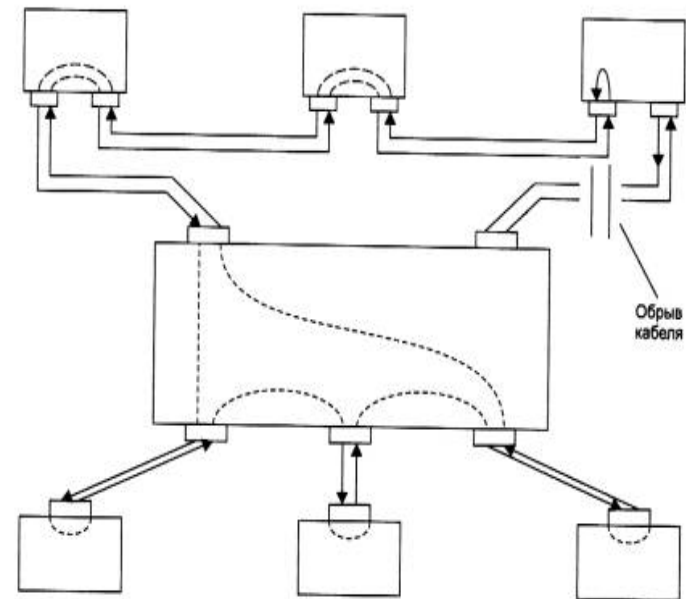
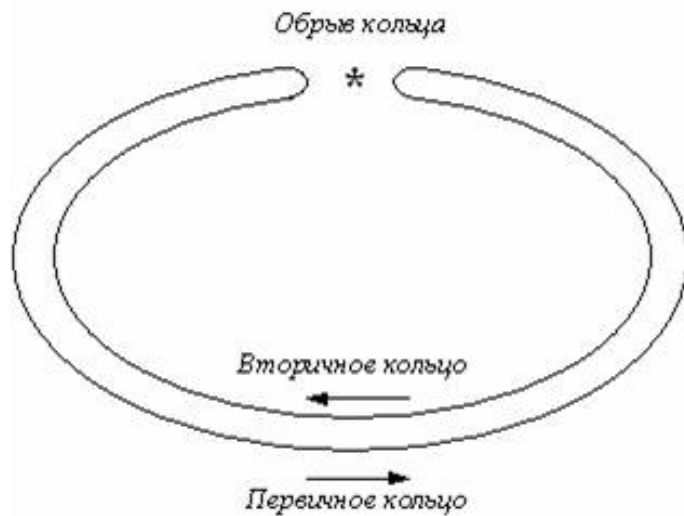
Оптоволоконный подуровень PMD (Physical Media Dependent) определяет:

- использовать логическое кодирование 4B/5B в сочетании с физическим кодированием NRZI.
- использование в качестве основной физической среды многомодового волоконно-оптического кабеля 62,5/125 мкм;
- требования к мощности оптических сигналов и максимальному затуханию между узлами сети, обеспечивающие для многомодового кабеля предельное расстояние между узлами в 2 км, а для одномодового кабеля расстояние увеличивается до 10-40 км в зависимости от качества кабеля;
- использование для передачи света с длиной волны в 1300 нм;

Максимальная общая длина кольца FDDI составляет 100 километров, максимальное число станций с двойным подключением в кольце - 500.

Отказоустойчивость технологии FDDI

- В случае обрыва основной пути сигнал идет по резервному.
- В случае обрыва обоих путей первичное кольцо объединяется со вторичным, вновь образуя единое кольцо.



Сравнение FDDI с технологиями Ethernet и Token Ring

Характеристика	FDDI	Ethernet	Token Ring
Битовая скорость	100 Мбит/с	10 Мбит/с	16 Мбит/с
Топология	Двойное кольцо деревьев	Шина/звезда	Звезда/кольцо
Метод доступа	Доля от времени оборота маркера	CSMA/CD	Приоритетная система резервирования
Среда передачи данных	Оптоволокно, незэкранированная витая пара категории 5	Толстый коаксиал, тонкий коаксиал, витая пара категории 3, оптоволокно	Экранированная и незэкранированная витая пара, оптоволокно
Максимальная длина сети (без мостов)	200 км (100 км на кольцо)	2500 м	4000 м
Максимальное расстояние между узлами	2 км (не больше 11 дБ потерь между узлами)	2500 м	100 м
Максимальное количество узлов	500 (1000 соединений)	1024	260 для экранированной витой пары, 72 для незэкранированной витой пары
Тактирование и восстановление после отказов	Распределенная реализация тактирования и восстановления после отказов	Не определены	Активный монитор

Технология Wi-Fi (*Wireless Fidelity*)

- Технология для организации беспроводной локальной сети
- Разработан консорциумом Wi-Fi Alliance на базе стандартов IEEE 802.11
- Связь м/быть с использованием базовой станции (точки доступа), так и без неё
- Безопасность: WEP, WPA (2 поколения)

Физический уровень 802.11

- **802.11 ИК** - используются длины волн 0,85 или 0,95 мкм. Возможны две скорости передачи: 1 и 2 Мбит/с.)
- **802.11 FHSS** (Frequency Hopping Spread Spectrum — передача широкополосных сигналов по методу частотных скачков) - используются 79 каналов шириной 1 МГц каждый. Частота несущая волна $> 2,4$ ГГц
- **802.11 DSSS** (Direct Sequence Spread Spectrum — передача широкополосного сигнала по методу прямой последовательности). Скорости передачи ограничены 1 или 2 Мбит/с
- **802.11a** OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing — ортогональное частотное уплотнение). Скорость 54 мбит/с. Несущая частота ~ 5 ГГц. 52 несущих канала.
- **802.11b**, HR-DSSS (High Rate Direct Sequence Spread Spectrum — высокоскоростная передача широкополосного сигнала по методу прямой последовательности). Скорость 11 мбит/с. Несущая частота $\sim 2,4$ ГГц
- **802.11g** OFDM. Скорость 54 мбит/с. Несущая частота $\sim 2,4$ ГГц.

Проблемы доступа к среде в беспроводной связи

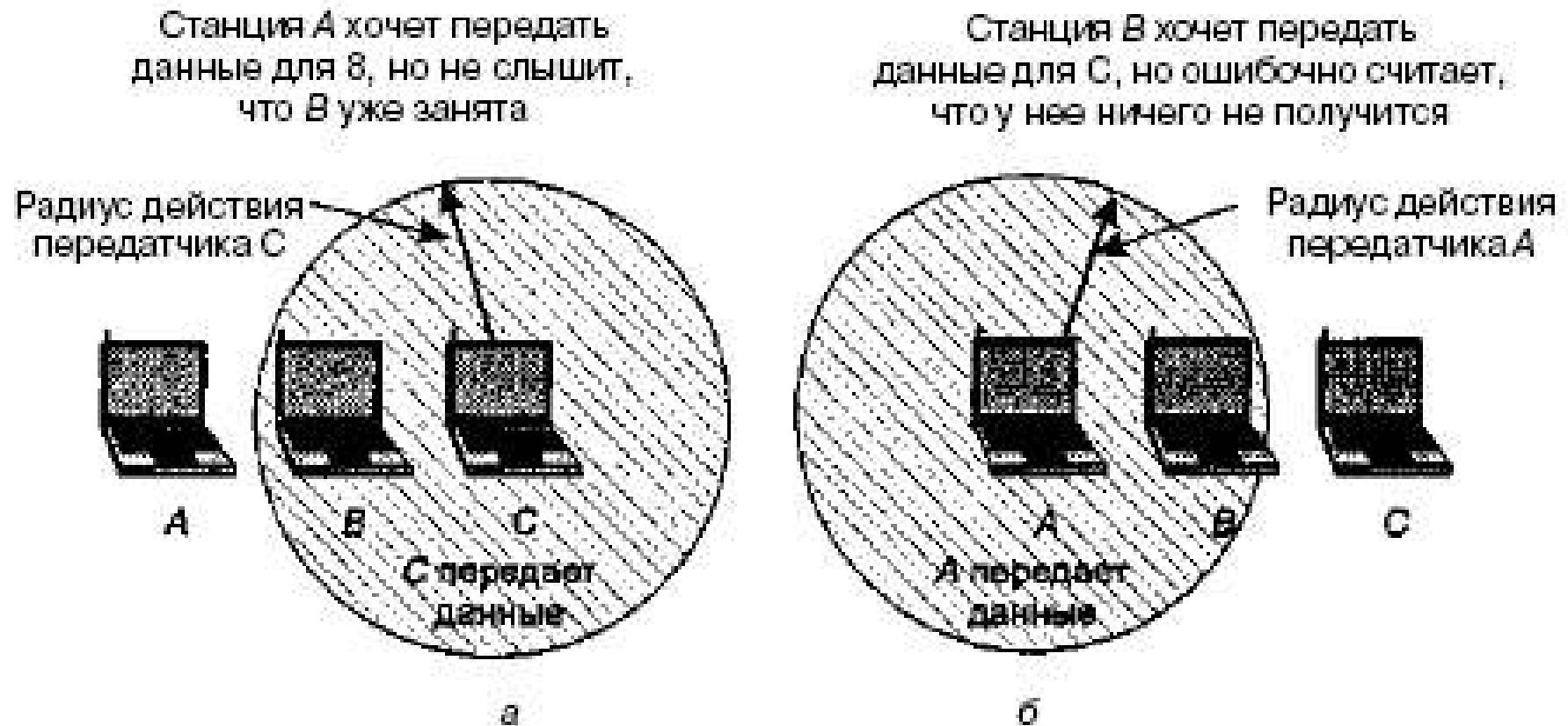


Рис. 4.23. Проблема скрытой станции (а); проблема засвеченной станции (б)

CSMA / CA

Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance - множественный доступ с контролем несущей и предотвращением коллизий.

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

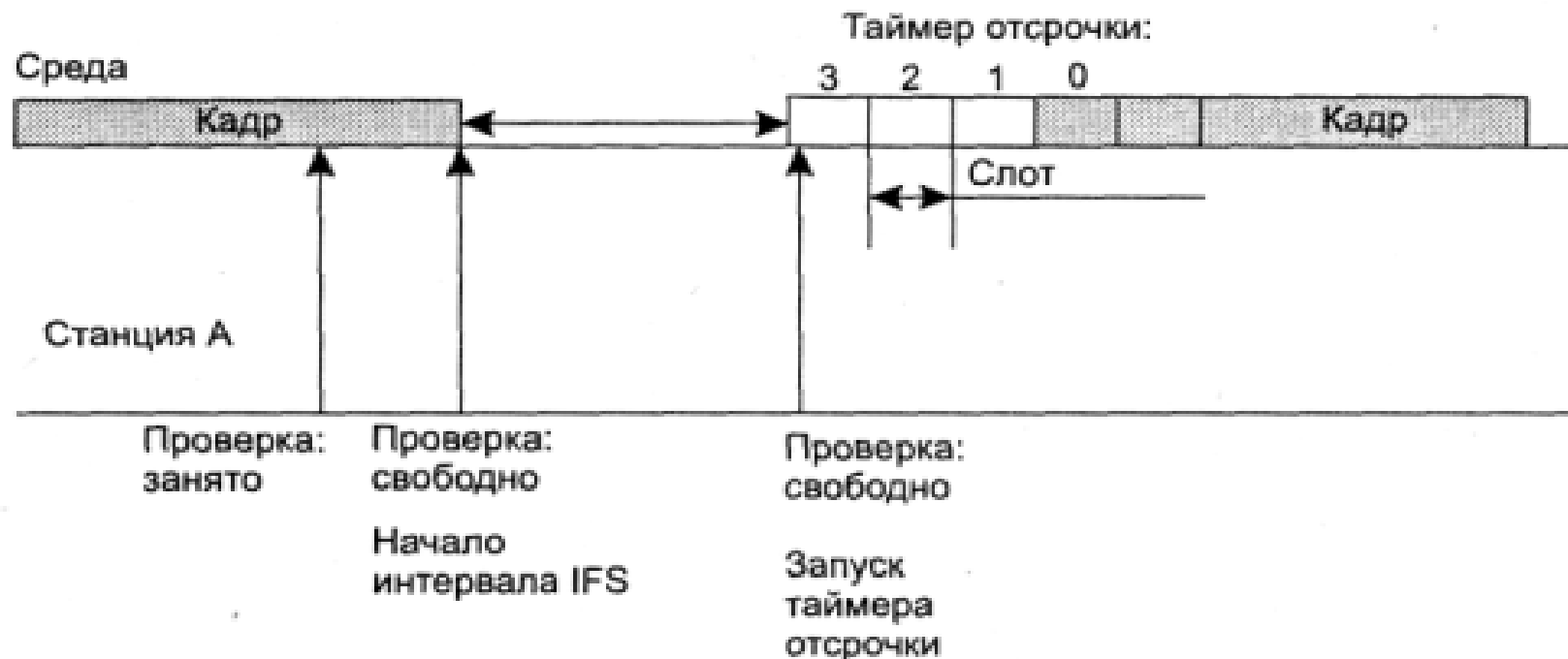
- распределенный режим DCF (Distributed Coordination Function);

- централизованный режим PCF (Point Coordination Function).

В кадрах данных, в RTS и ответах CTS и ACK содержится время передачи.

Передача определяется по наличию несущей и по времени в служебных кадрах.

Время отправки выбирается в слотах времени после передачи кадра и межкадрового интервала IFS в пределах окна [0..CW]



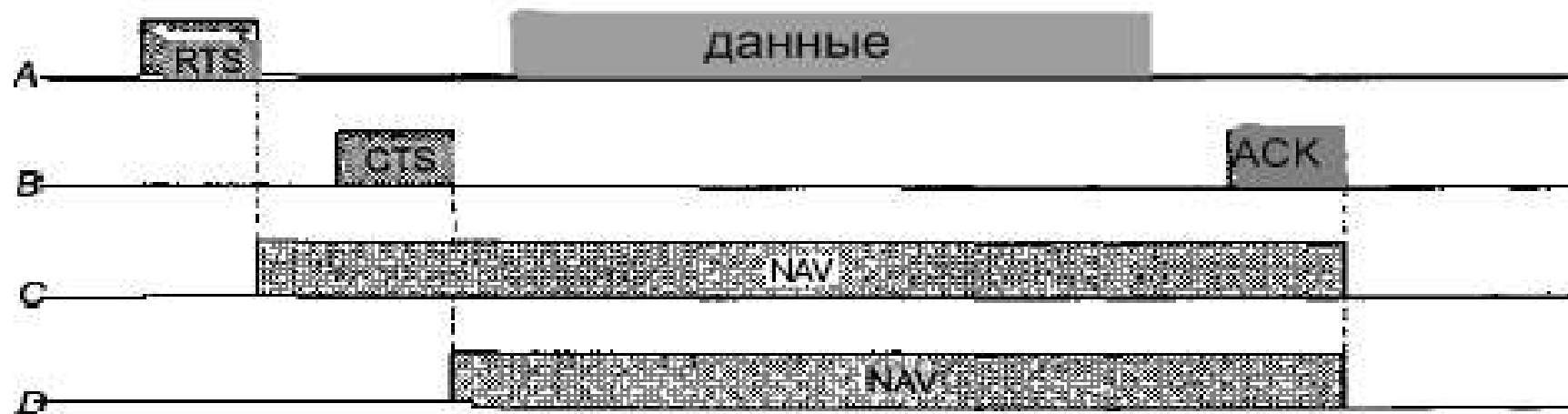
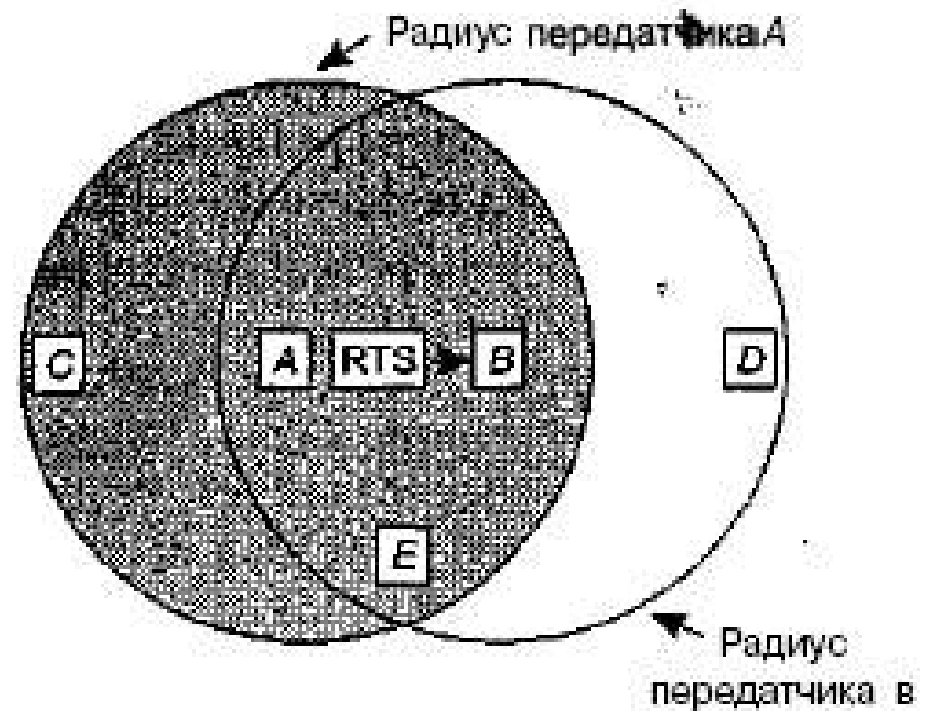
RTS/CTS

RTS – запрос на передачу данных

CTS – разрешение передачи данных

ACK – подтверждение приёма данных

NAV – состояние занятости канала передачи



Формат кадра 802.11

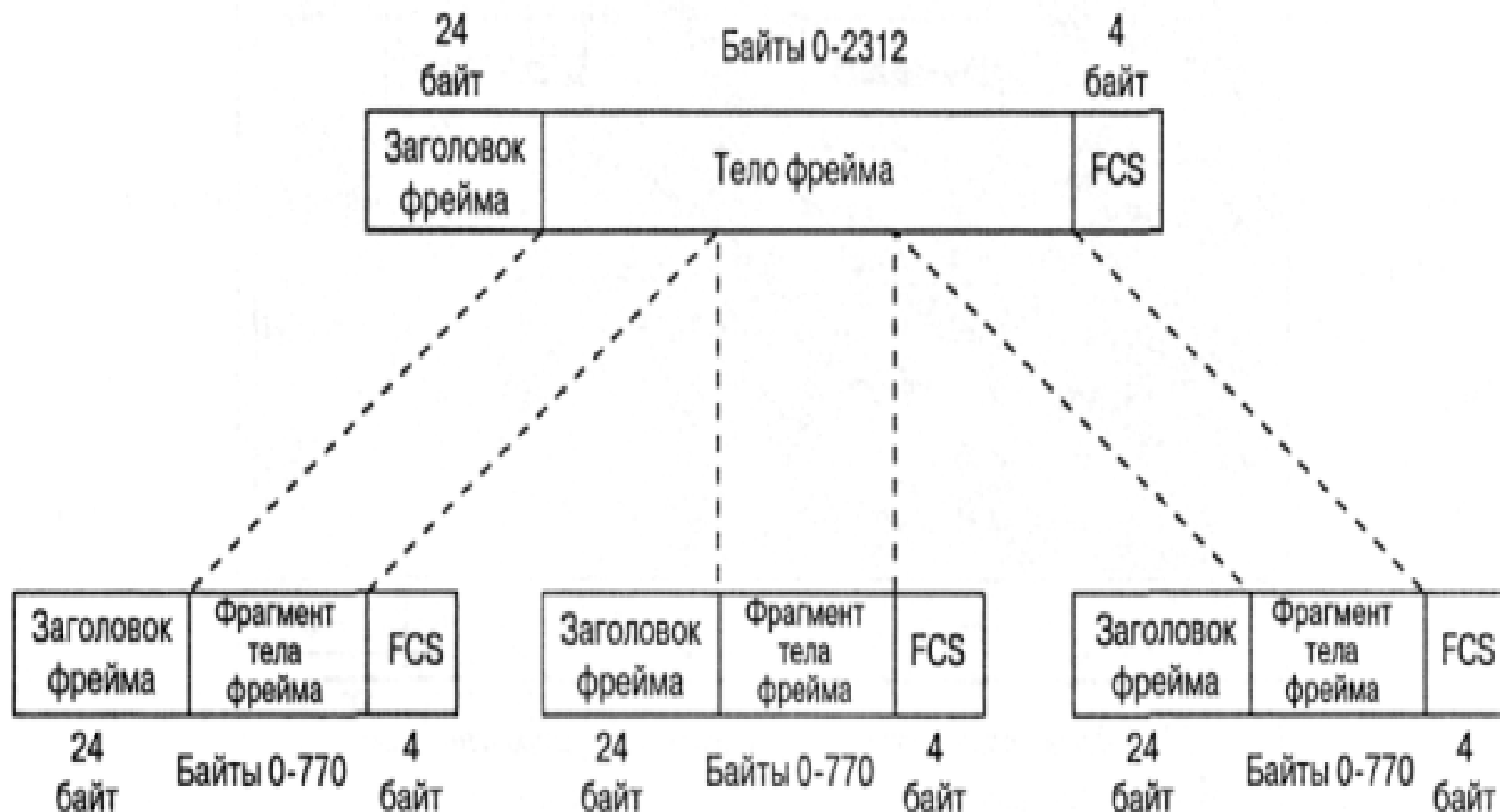
три класса кадров:

- информационные
- служебные
- управляющие.



Формат информационного кадра

Фреймы



Разбиение на фреймы в одном кадре со своими контрольными суммами позволяет уменьшить число отправок заново, в случае если бы повреждался условно весь кадр. Здесь же повреждение одного фрейма приводит лишь при переправке этого одного фрейма.

Централизованный режим доступа PCF

В том случае, когда в сети имеется станция, выполняющая функции точки доступа, может также применяться централизованный режим доступа PCF, обеспечивающий приоритетное обслуживание трафика. В этом случае говорят, что точка доступа играет роль арбитра среды.



- После освобождения среды каждая станция отсчитывает время простоя среды, сравнивая его с тремя значениями:
 - короткий межкадровый интервал (Short IFS - SIFS);
 - межкадровый интервал режима PCF (PIFS);
 - межкадровый интервал режима DCF (DIFS).
- Захват среды с помощью распределенной процедуры DCF возможен только в том случае, когда среда свободна в течение времени, равного или большего, чем DIFS. В качестве IFS в режиме DCF нужно использовать интервал DIFS - самый длительный период из трех.
- Межкадровый интервал SIFS имеет наименьшее значение: нужен для первоочередного захвата среды ответными CTS-кадрами или квитанциями, которые продолжают или завершают уже начавшуюся передачу кадра.
- Значение межкадрового интервала PIFS больше, чем SIFS, но меньше, чем DIFS. Промежутком времени между завершением PIFS и DIFS пользуется арбитр среды. В этом промежутке он может передать специальный кадр, который говорит всем станциям, что начинается контролируемый период. Получив этот кадр, станции, которые хотели бы воспользоваться алгоритмом DCF для захвата среды, уже не могут этого сделать, они должны дожидаться окончания контролируемого периода. Его длительность объявляется в специальном кадре, но этот период может закончиться и раньше, если у станций нет чувствительного к задержкам трафика. В этом случае арбитр передает служебный кадр, после которого по истечении интервала DIFS начинает работать режим DCF.
- Арбитр выполняет процедуру опроса, чтобы по очереди предоставить каждой такой станции право на использование среды, направляя ей специальный кадр. Станция, получив такой кадр, может ответить другим кадром, который подтверждает прием специального кадра и одновременно передает данные (либо по адресу арбитра для транзитной передачи, либо непосредственно станции).