

ИКТИБ ЮФУ
кафедра вычислительной техники

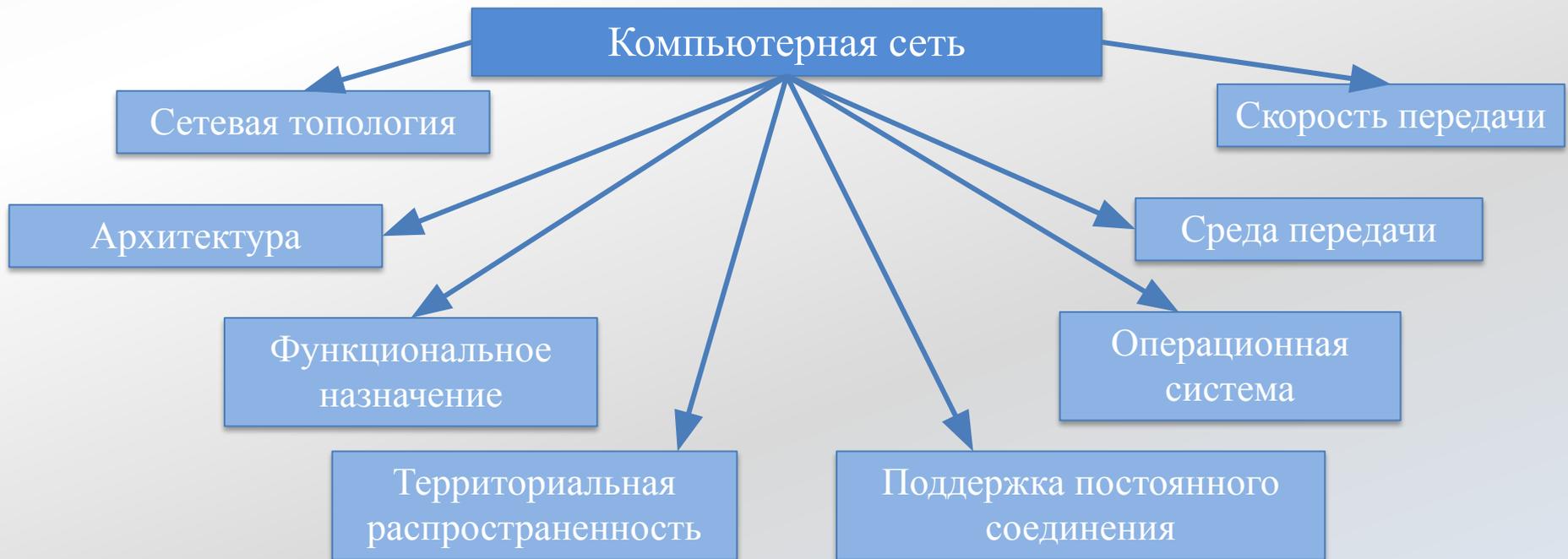
ТЕОРИЯ И СРЕДСТВА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

(Модуль 4. Сетевые технологии)

Таганрог
2018

Классификация

Для классификации компьютерных сетей используются разные признаки, выбор которых заключается в том, чтобы выделить из существующего многообразия такие, которые позволили бы обеспечить возможность однозначной классификации любой компьютерной сети.



Территориальная распространённость

Body Area Network (BAN, WBAN) — беспроводная сеть носимых вычислительных устройств.

Personal Area Network (PAN, WPAN) — персональная сеть, предназначенная для взаимодействия различных устройств, принадлежащих одному владельцу.

Local Area Network (LAN) — локальные сети, имеющие замкнутую инфраструктуру до выхода на поставщиков услуг.

Campus Area Network (CAN) — объединяет локальные сети здания, расположенные на одном участке местности.

Controller Area Network (CAN) — сеть, ориентированная на объединение различных исполнительных устройств и датчиков.

Metropolitan Area Network (MAN) — городские сети между учреждениями в пределах одного или нескольких городов, которые связывают различное множество локальных вычислительных сетей.

Wide Area Network (WAN) — глобальная сеть, покрывающая большие географические регионы, включающие в себя как локальные сети, так и прочие телекоммуникационные сети и устройства.

Body Area Network

Устройства BAN встраивают, как имплантаты. Иногда устанавливают поверхностно, реже их носят в карманах одежды, в руках или в сумках.

Датчики анализируют процессы, а также передают информацию, полученную от окружающей их среды. Таким образом, используется киберфизическое пространство. BAN взаимодействует с физическим миром (человеческим телом) путем сбора, обработки и передачи данных о состоянии здоровья (жизненно важные сигналы, температура, давление и др.).

Стандартный состав:
датчик, процессор,
приемопередатчик и
батарея

Стандартно работает в 40 МГц
полосе пропускания для
медицинского устройств малой
мощности.

BAN – новая и быстроразвивающаяся система связи, максимально связанная с деятельностью человека

Personal Area Network

Данная сеть необходима для объединения персональных электронных устройств пользователя (телефоны, карманные персональные компьютеры, смартфоны, ноутбуки, беспроводные гарнитуры и т.п.). Такими стандартизированными сетями в настоящее время являются Bluetooth, Zigbee, Piconet, INSTEON, Z-Wave, IrDA, Wi-Fi и Wireless USB.

Беспроводная персональная сеть (WPAN) является персональной сетью для соединения устройств, в котором соединения являются беспроводными. Беспроводной PAN основывается на стандарте IEEE 802.15.

PAN – самый распространенный тип сети, используемый человеком

Local Area Network

Локальная компьютерная сеть (ЛВС, *LAN*) покрывает относительно небольшую территорию или небольшую группу зданий.

Основным критерием классификации принято считать способ администрирования, т.е. в зависимости от того, как организована сеть и как она управляется. В случае сложных сетей их права и обязанности строго распределены.

Среды доступа: медные проводники, оптические проводники и через радиоканал.

Отдельная локальная компьютерная сеть может иметь связь с другими локальными сетями через шлюзы, а также быть частью глобальной компьютерной сети или иметь подключение к ней.

Local Area Network

Для построения простой локальной сети используются маршрутизаторы, коммутаторы, точки беспроводного доступа, модемы, сетевые адаптеры, преобразователи среды и усилители сигнала.

В локальных сетях, основанных на протоколе IPv4 (продолжение на слайде), могут использоваться специальные адреса, назначенные IANA:

10.0.0.0—10.255.255.255;

172.16.0.0—172.31.255.255;

192.168.0.0—192.168.255.255.

Такие адреса называют внутренними, локальными или частными, такие адреса не доступны из сети Интернет.

Связь с удалённой локальной сетью, подключенной к глобальной сети, из места LAN чаще всего реализуется через VPN.

Синтез LAN и WAN образует и дополняет глобальную сеть

Campus Area Network и Metropolitan Area network

Протоколы и кабельная система для городской вычислительной сети описываются в стандартах комитета IEEE 802.6. MAN реализуется на основе протокола Distributed Queue Dual Bus - двойной шины с распределенной очередью и использует волоконно-оптический кабель для передачи данных со скоростью как минимум 100 Мбит/с на территории до 100 км². MAN может применяться для объединения в одну сеть группы сетей, расположенных в разных зданиях. Последние разработки, связанные с высокоскоростным беспроводным доступом в соответствии со стандартом IEEE 802.16, привели к созданию MAN в виде широкополосных беспроводных ЛВС.

Синтез LAN и WAN образует глобальную сеть в ее обыденном понимании

Controller Area Network

Стандарт промышленной сети CAN, ориентирован прежде всего на объединение в единую сеть различных исполнительных устройств и датчиков. Режим передачи - последовательный, широкополосный, пакетный. CAN разработан компанией Robert Bosch GmbH в середине 1980. В настоящее время широко распространён в промышленной автоматизации (в т.ч. технологиях «умный дом»), автомобильной промышленности и многих других областях. спецификация CAN избегает двоичных значений. Применяются термины «рецессивный» и «доминантный», при этом подразумевается, что при передаче одним узлом сети рецессивного бита, а другим доминантного, принят будет доминантный бит.

CAN является синхронной шиной с типом доступа Collision Resolving (разрешение коллизии), в который в отличие от Collision Detect (обнаружение коллизии) сетей Ethernet детерминировано или приоритетно обеспечивает доступ на передачу сообщения, что особенно ценно для промышленных сетей управления.

Controller Area Network

При реализации физического уровня на радиоканале отсутствие сигнала означает рецессивный бит, а наличие - доминантный; тогда как в типичной реализации проводной сети рецессив бывает при наличии сигнала, а доминант, соответственно, при отсутствии. Стандарт сети требует от «физического уровня», фактически, единственного условия: чтобы доминантный бит мог подавить рецессивный, но не наоборот.

Передача ведётся кадрами. Полезная информация в кадре состоит из идентификатора длиной 11 бит (стандартный формат) или 29 бит (расширенный формат, надмножество предыдущего) и поля данных длиной от 0 до 8 байт. Идентификатор говорит о содержимом пакета и служит для определения приоритета при попытке одновременной передачи несколькими сетевыми узлами.

Во всех высокотехнологических системах современного автомобиля применяется CAN-протокол для связи электронного блока управления с дополнительными устройствами и контроллерами исполнительных механизмов и различных систем безопасности.

Wide Area Network

Такая сеть служит для объединения разрозненных сетей, чтобы пользователи и компьютеры, где бы они ни находились, могли взаимодействовать со всеми остальными участниками глобальной сети.

Некоторые ГКС построены исключительно для частных организаций, другие являются средством коммуникации корпоративных ЛВС с сетью Интернет или посредством Интернет с удалёнными сетями, входящими в состав корпоративных. Чаще всего ГКС опирается на выделенные линии, на одном конце которых маршрутизатор подключается к ЛВС, а на другом коммутатор связывается с остальными частями ГКС.

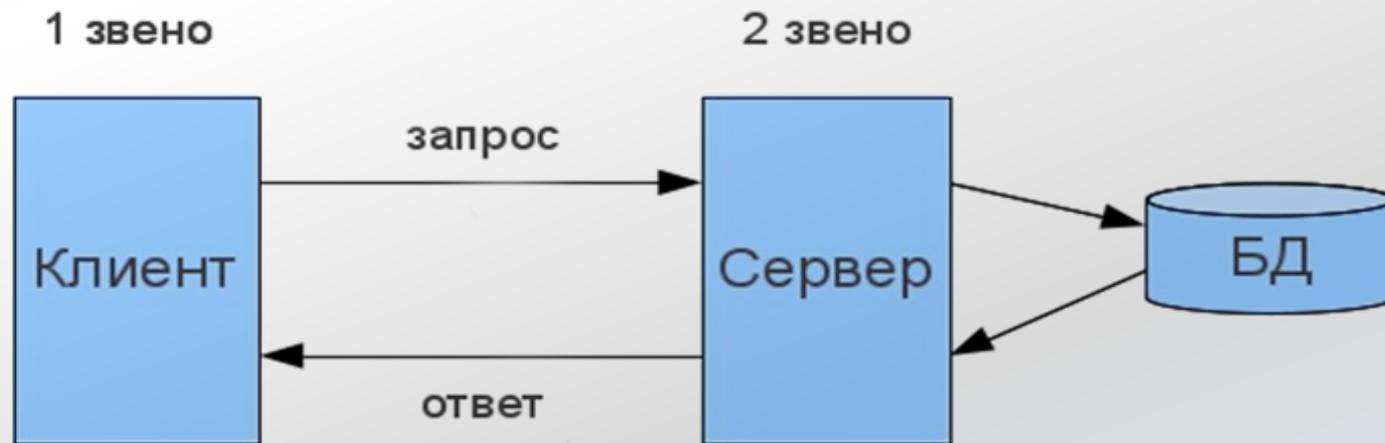
Основными используемыми протоколами являются TCP/IP, SONET/SDH, MPLS, ATM и Frame relay. Ранее был широко распространён протокол X.25, который может по праву считаться прародителем Frame relay. Применяется при построении территориально распределённых корпоративных сетей, а также в составе решений, связанных с обеспечением гарантированной пропускной способности канала передачи данных (VoIP, видеоконференции и т.п.).

Frame relay обеспечивает множество независимых виртуальных каналов в одной линии связи, включает функции извещения о перегрузках в сети и гарантирует минимальную скорость для каждого виртуального канала.

Клиент-сервер. Двухзвенная архитектура

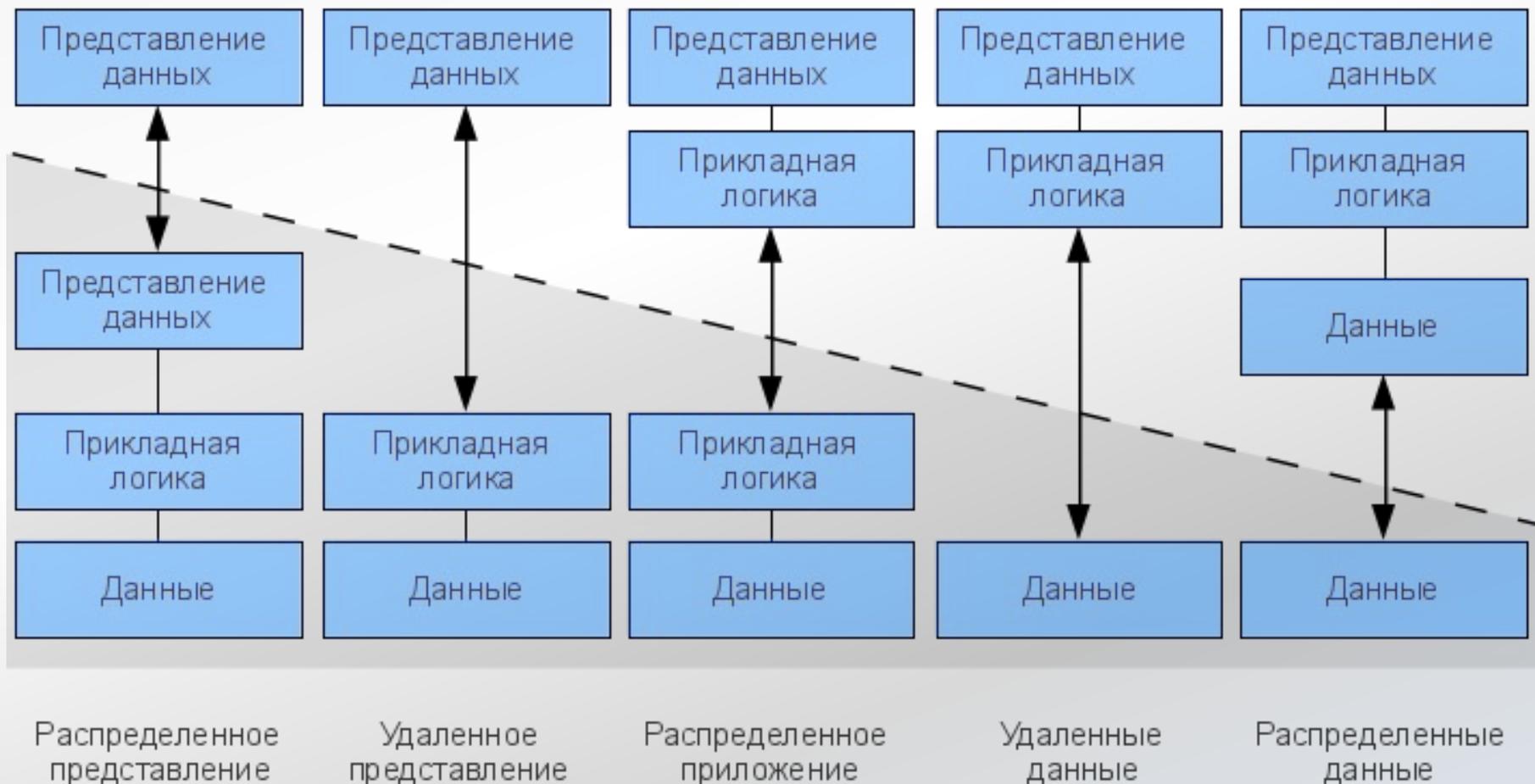
Двухзвенной архитектура называется так из-за необходимости распределения трех ключевых компонентов между двумя узлами, клиентом и сервером.

Двухзвенная архитектура используется в клиент-серверных системах, где сервер отвечает на клиентские запросы напрямую, при этом используя только собственные ресурсы. Сервер не вызывает сторонние сетевые приложения и не обращается к сторонним ресурсам для выполнения какой-либо части запроса.



Практические реализации такой архитектуры называются клиент-серверными технологиями. Каждая технология определяет собственные правила взаимодействия между клиентом и сервером, которые называются протоколом обмена

Двухзвенная архитектура. Продолжение



Модели клиент-серверного взаимодействия

Протокол передачи данных и сетевой протокол

Протокол передачи данных – это набор соглашений интерфейса логического уровня, определяющий обмен данными между различными программами. Эти соглашения задают единообразный способ передачи сообщений и обработки ошибок при взаимодействии программного обеспечения разнесённой в пространстве аппаратуры, соединённой тем или иным интерфейсом.

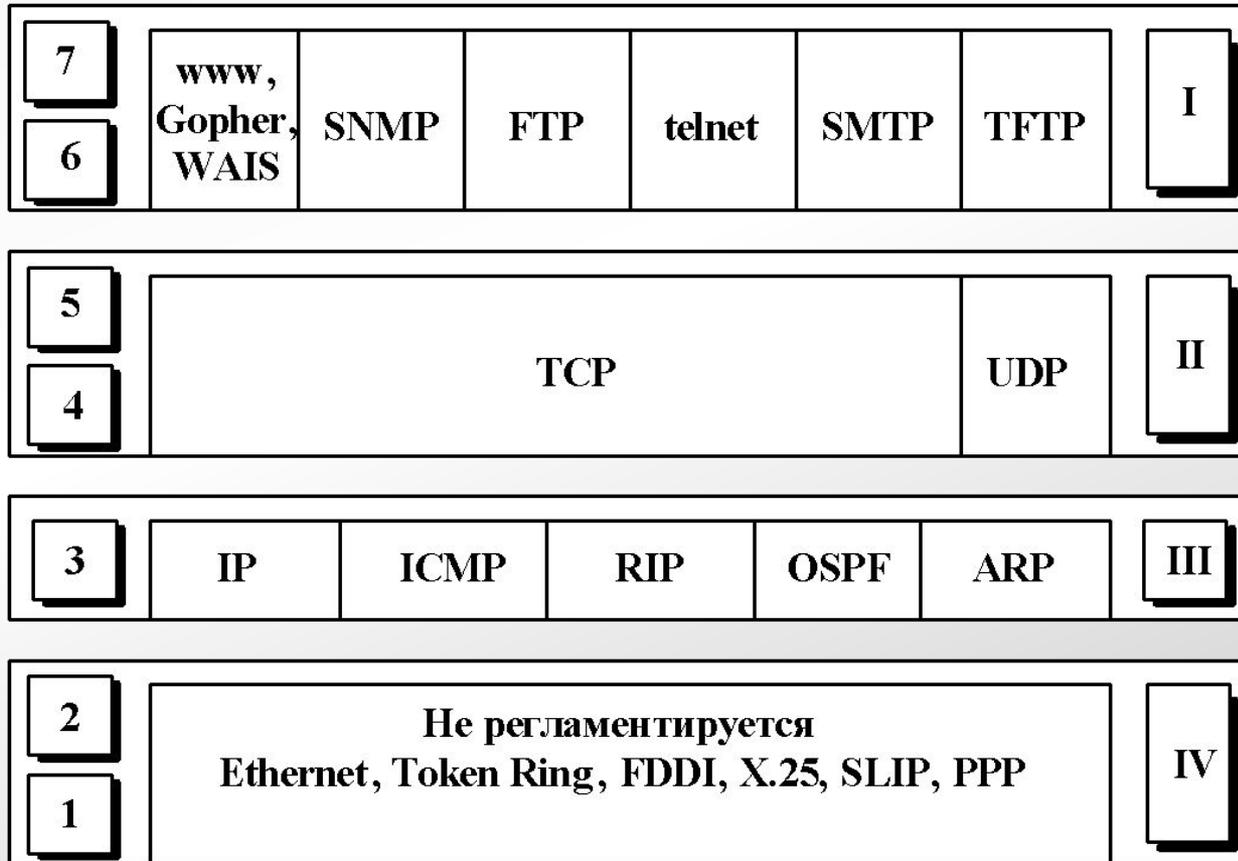
Стандартизированный протокол передачи данных также позволяет разрабатывать интерфейсы и на физическом уровне, не привязанные к конкретной аппаратной платформе и производителю как, например, при использовании USB или Bluetooth.

Сигнальный протокол используется для управления соединением - например, установки, переадресации, разрыва связи.

Сетевой протокол – это набор правил и действий, который позволяет осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включёнными в сеть устройствами.

При реализации компьютерной сети могут использоваться различные наборы протоколов, некоторые из них: Bluetooth, USB, FrameRelay.

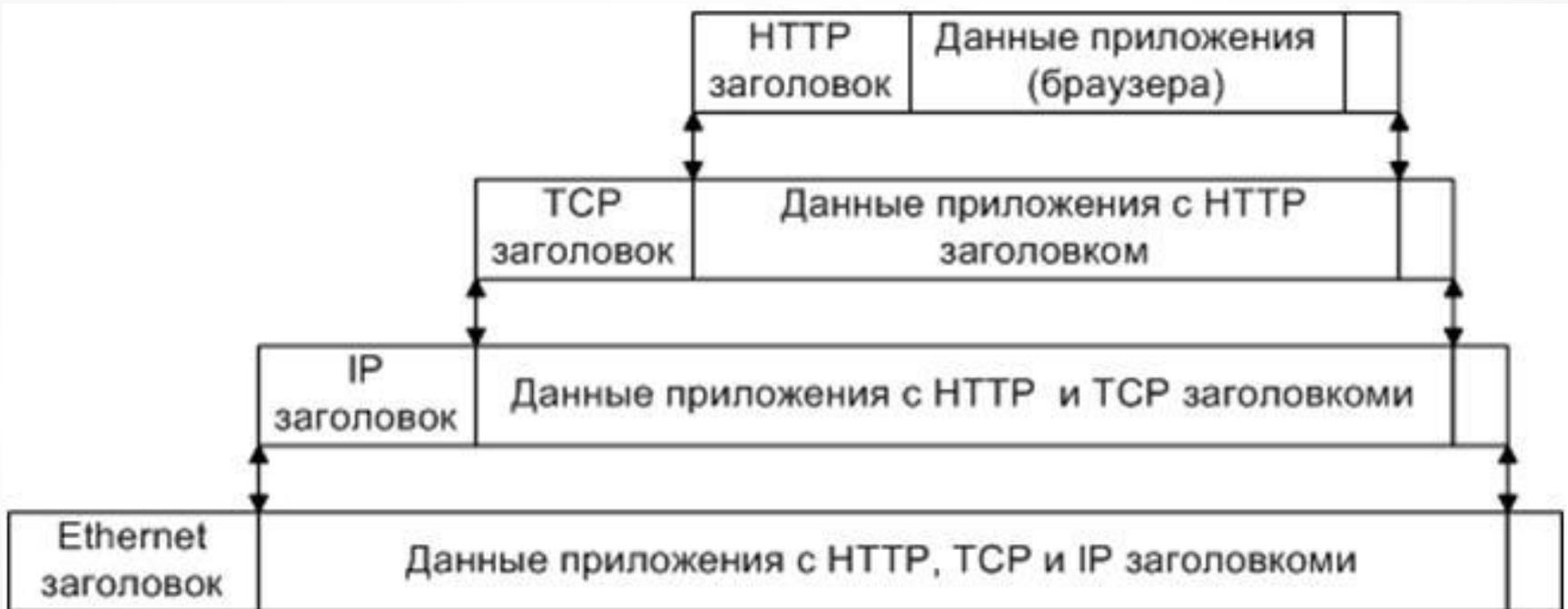
Стек протоколов TCP/IP



Уровни
модели
OSI

Уровни
стека
TCP/IP

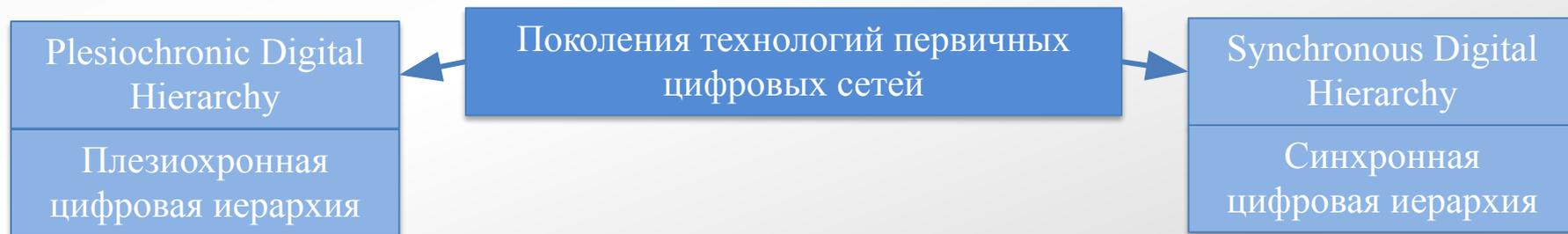
Стек протоколов TCP/IP



Пример инкапсуляции пакетов в стеке TCP/IP

Цифровые выделенные линии

Цифровая аппаратура PDH (Plesiochronic Digital Hierarchy) была разработана компанией AT&T для решения проблем связи коммутаторов телефонных сетей между собой. Так как аналоговая аппаратура исчерпала свой потенциал по пропускной способности, требовалась прокладка новых кабелей большей протяженности либо полное изменение принципов работы устройств.



Достоинствами технологии PDH являются ее распространение в сетях связи общего пользования, низкая стоимость оборудования, экономическая эффективность для организации низкоскоростных магистральных сетей, возможность использования существующих линейно-кабельных сооружений, в том числе симметричных кабелей связи. Надежность PDH в совокупности с экономичностью позволяла ей на равных конкурировать с более современными технологиями.

Внедрение цифровой аппаратуры PDH позволило повысить скорость передачи и снизить уровень помех

PDH (Plesiochronic Digital Hierarchy)

Начало технологии PDH было положено разработкой мультиплексора T-1, который позволял в цифровом виде мультиплексировать, передавать и коммутировать (на постоянной основе) голосовой трафик 24 абонентов. Так как абоненты по-прежнему пользовались обычными телефонными аппаратами, т.е. передача голоса шла в аналоговой форме, то мультиплексоры T-1 сами осуществляли оцифровывание голоса с частотой 8000 Гц и кодировали голос методом импульсно-кодовой модуляции. В результате каждый абонентский канал образовывал цифровой поток данных 64 Кбит/с, а мультиплексор T-1 обеспечивал передачу 1,544 Мбит/с.

Четыре канала типа T-1 объединили в канал следующего уровня цифровой иерархии – T-2, передающий данные со скоростью 6,312 Мбит/с. Канал T-3, образованный путем объединения семи каналов T-2, имеет скорость 44,736 Мбит/с. Канал T-4 объединяет 6 каналов T-3, в результате его скорость равна 274 Мбит/с.

PDH

В Европе PDH использует мультиплексирование потоков сигналов (использующих ИКМ), собранную из 30-канальных цифровых потоков, при 2048 кбит/с в совокупности. Этот цифровой сигнал получил название DS0 (Digital Signal level zero), и он является основой, на базе которой создаются более мощные цифровые системы передачи, емкость которых измеряется числом DS0.

Передаваемые потоки называются плизихронными (почти синхронными) из-за допустимых различий в их скорости, которые устраняются путем добавления синхронизирующих битов, затем распознающихся на принимающей стороне.

В Европе действует свой стандарт технологии PDH, согласно этому стандарту для передачи объединяется 32 канала по 64 кбит/с. 30 из них используются для передачи данных, а 2 служебных канала для передачи сигналов управления и сигнализации.

Обозначение скорости в PDH	Название канала	Количество голосовых каналов	Количество каналов предыдущего уровня	Скорость, Мбит/с
DS-0	T0	1	1	64 Кбит/с
DS-1	E1	30	30	2,048
DS-2	E2	120	4	8,488
DS-3	E3	480	4	34,368
DS-4	-	1920	4	139,264

РДН. ИКМ-30. Передача данных

В России данный стандарт называется ИКМ-30. Минимальной “цифровой единицей измерения” является основной цифровой канал со скоростью передачи 64 кбит/с.

Передающая часть состоит из ограничителя амплитуд, защищающего дальнейшие узлы оборудования от импульсных помех, активного фильтра нижних частот и амплитудно-импульсного модулятора. Фильтр нижних частот обеспечивает неискаженное восстановление АИМ сигнала на приеме. Амплитудно-импульсный модулятор дискретизирует поступающий сигнал с частотой 8 кГц. Его работой управляет соответствующая номеру канала последовательность канальных импульсов, поступающая от генераторного оборудования передачи.

АИМ-сигналы с выходов всех тридцати ПП объединяются в групповой сигнал в аналогичном формате АИМ и поступают на вход преобразователей. Кодер заменяет импульсы с амплитудами равными мгновенным значениям сигналов канала тональной частоты. Восемьразрядные кодовые комбинации поступают на формирователь линейного сигнала.

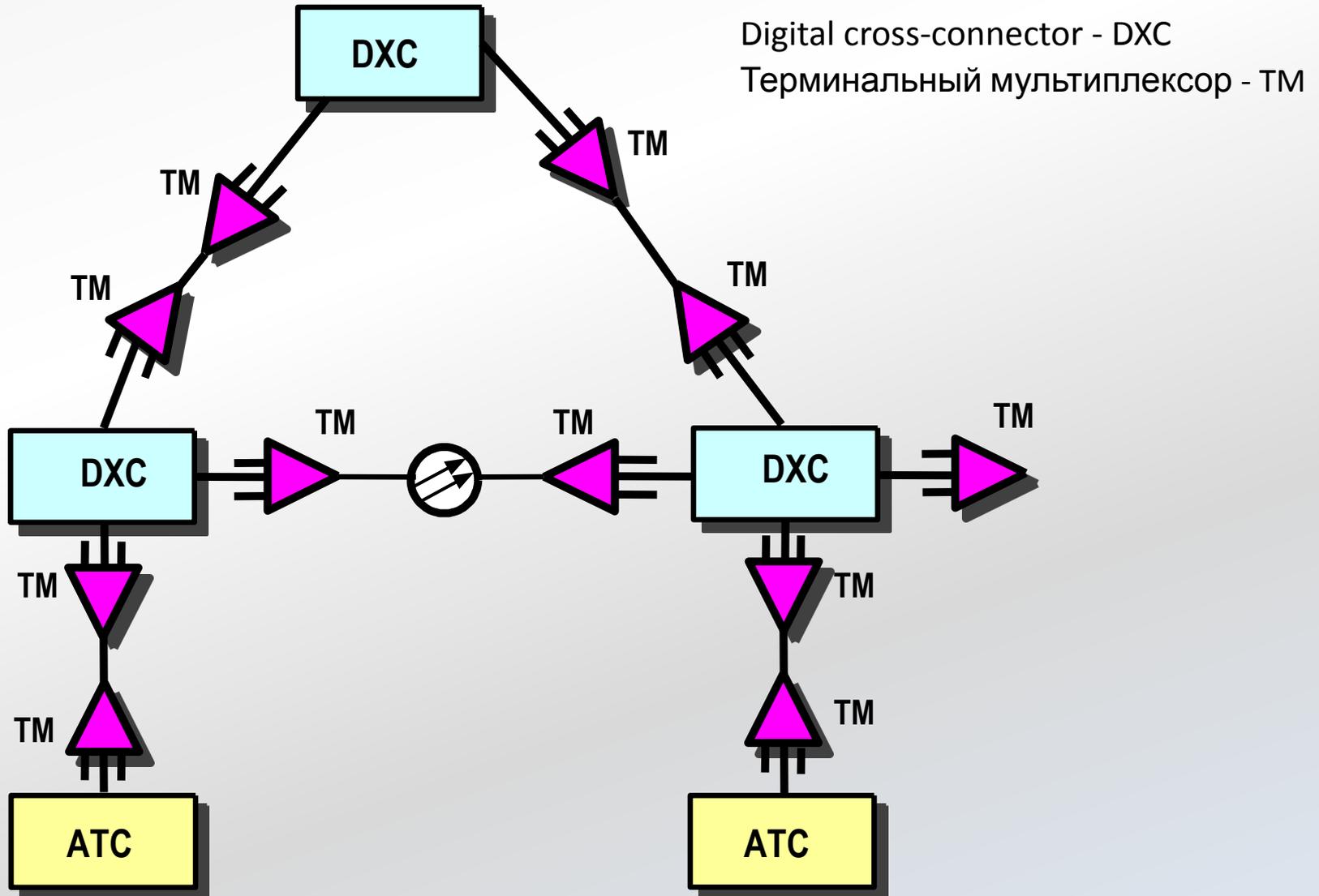
PDH. ИКМ-30. Передача данных

Формируется цикл передачи, в котором помимо 30-и канальных сигналов содержатся сервисные сигналы, сигналы дискретной информации, поступающие от передатчика, а также сигналы управления и взаимодействия телефонных каналов.

Исходные сигналы данного канала поступают от АТС на передающую часть согласующего устройства по сигнальной цепи. Здесь они дискретизируются с частотой 500 Гц. С выхода формирователя линейного сигнала данный сигнал поступает на преобразователь кода передачи.

Преобразователь кода предназначен для преобразования натурального симметричного кода в линейный. Далее сигнал через линейный трансформатор поступает в кабель. Точка на выходе будет являться точкой начала первичного цифрового тракта и относится к стандартному интерфейсу сетевого узла, т.е. в ней нормируются физические, электрические и логические параметры соединения.

Сеть на основе PDH



От PDH к SDH

Наличие в PDH потоках выравнивающих битов, делает невозможным прямое извлечение из потока, составляющих его компонентов. Для организации ввода/вывода требуется трехуровневое демультиплексирование, а затем трехуровневое мультиплексирование. Использование систем PDH в сетях передачи данных, требует большого количества мультиплексоров, что значительно удорожает сеть и усложняет ее эксплуатацию.

К недостаткам PDH следует отнести слабые возможности в организации служебных каналов для целей контроля и управления потоком в сети и полное отсутствие средств маршрутизации низовых мультиплексированных потоков, что крайне важно для использования в сетях передачи данных.

От PDH к SDH

Желание преодолеть указанные недостатки PDH привели к разработке в США иерархии синхронной оптической сети SONET (Synchronous Optical Network), а в Европе аналогичной синхронной цифровой иерархии SDH (Synchronous Digital Hierarchy), предложенными для использования на волоконно-оптических линиях связи.

Основным отличием системы SDH от системы PDH стал переход на новый принцип мультиплексирования. Отказались от используемого принципа плезиохронного мультиплексирования, при котором для демultipлексирования необходимо было производить пошаговый процесс восстановления исходных каналов. В системе SDH производится синхронное мультиплексирование/демultipлексирование, которое позволяет организовывать непосредственный доступ к каналам PDH, передаваемым в сети SDH.

SDH/SONET

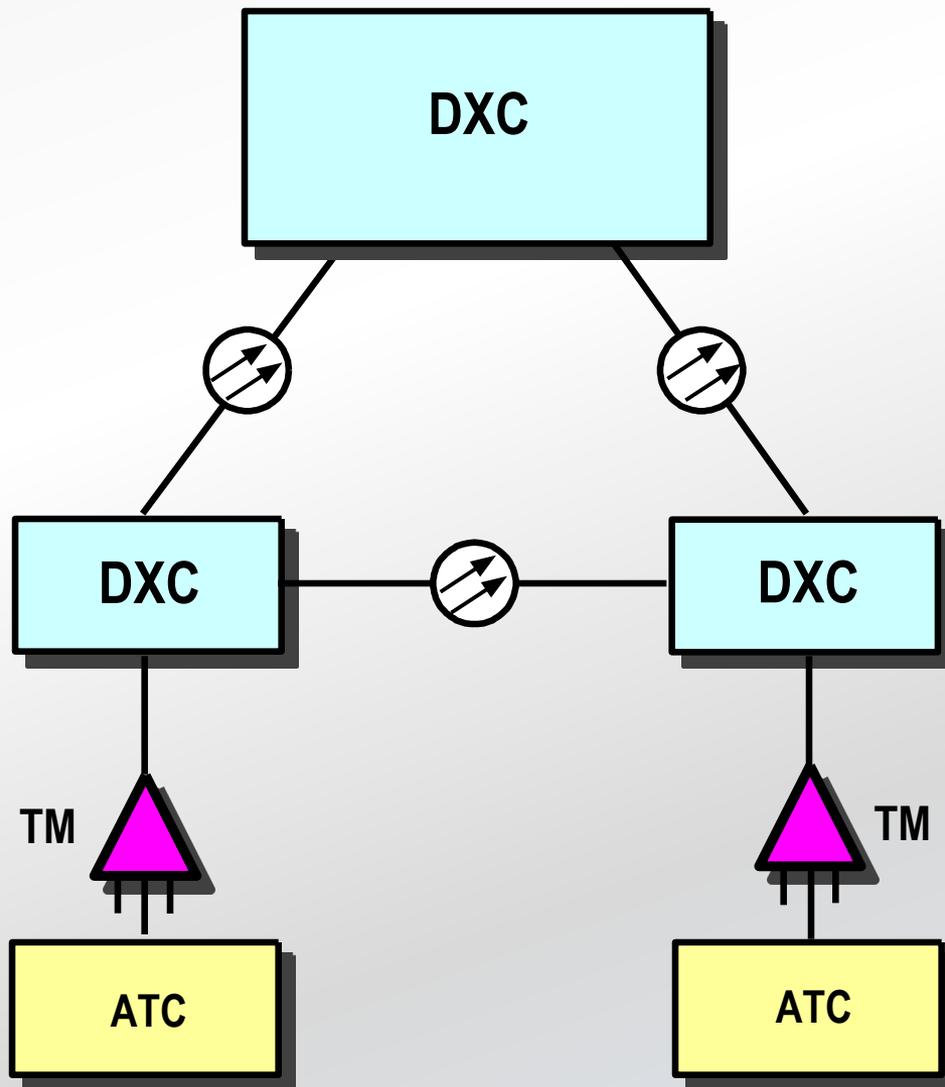
Целью разработки было создание иерархии, которая позволила бы:

- вводить/выводить исходные потоки без необходимости производить сборку/разборку всего потока;
- разработать структуру кадров, позволяющую осуществлять развитую маршрутизацию и управление сетями с произвольной топологией;
- загружать и переносить в кадрах новой иерархии кадры PDH иерархии и других типов трафика (ATM, IP);
- разработать стандартные интерфейсы для облегчения стыковки оборудования .

SONET и SDH являются похожими цифровыми транспортными форматами, которые были разработаны с целью обеспечения надежной и гибкой цифровой структуры, способной использовать возможности увеличения емкости и скорости передачи, предоставляемые оптическим волокном.

SONET имеет североамериканские особенности, а SDH - европейские. Как SONET, так и SDH, используют технику базовых блоков.

Сеть на основе SDH



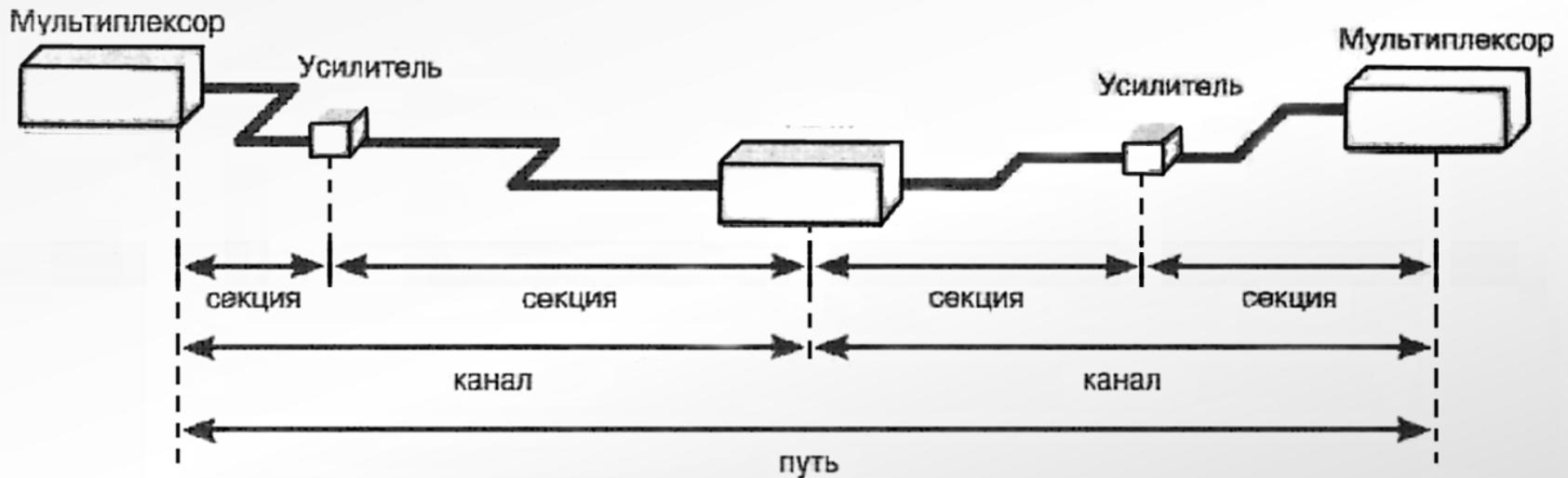
SDH/SONET. Продолжение

Протокол SONET весьма эффективен при передаче прогнозируемого трафика, требующего определенного доступа к сети. Эта технология менее приспособлена для передачи корпоративного цифрового трафика, имеющего импульсивный характер. Для точного объединения элементарных временных окон в SONET используются единые синхронизирующие импульсы. В предыдущих технологиях для этой цели использовалось несколько синхронизирующих импульсов, что делало их менее эффективными

SONET работает с использованием иерархии сигналов. Наименьшим инкрементом каналов являются виртуальные потоки, которые объединяются в синхронные транспортные сигналы для электрических интерфейсов и оптические линии для оптических интерфейсов.

Кадр SONET состоит из четырех разделов – три из них содержат служебную информацию, необходимую для сетевого управления, а также идентификации ошибок на уровне секций, каналов и путей, а четвертый – фактические данные, называемые полезными данными SONET.

SDH/SONET. Продолжение



В рамках SONET соединение между сетями следует описывать как путь, состоящий из последовательности каналов и секций, где путь является лишь виртуальной конструкцией. Уровнем ниже находятся физические каналы, которые идут от одного элемента сети к другому. Подобным же образом каждый канал состоит из множества секций медных или волоконно-оптических кабелей, связанных между собой усилителями или повторителями, предназначенными для усиления амплитуды сигналов. Каждая такая часть канала называется секцией.

SDH/SONET. Продолжение

SONET начал с меньшей скорости 51,84 Мбит/с. Эта базовая скорость называется STS-1 или синхронный транспортный сигнал 1-го уровня. Скорость передачи сигнала STS-N в точности равна $N \times 51,84$ Мбит/с, где N в настоящее время определена для значений 1, 3, 12, 24, 48 и 192 (дополнительно используются значения 96 и 786). Скорость передачи фреймов составляет 8000 фреймов/с, что соответствует периоду повторения фреймов 125

SDH	SONET	Скорость
STM-0	STS-1, OC-1	51,84 Мбит/с
STM-1	STS-3, OC-3	155,520 Мбит/с
STM-3	OC-9	466,560 Мбит/с
STM-4	OC-12	622,080 Мбит/с
STM-6	OC-18	933,120 Мбит/с
STM-8	OC-24	1,244 Гбит/с
STM-12	OC-36	1,866 Гбит/с
STM-16	OC-48	2,488 Гбит/с
STM-64	OC-192	9,953 Гбит/с
STM-256	OC-768	39,81 Гбит/с

SDH/SONET. Принцип работы

Вся информация в системе SDH передается в контейнерах. Контейнер представляет собой структурированные данные, передаваемые в системе. Если система PDH генерирует трафик, который нужно передать по системе SDH, то данные PDH так и SDH сначала структурируются в контейнеры, а затем к контейнеру добавляется заголовок и указатели, в результате образуется синхронный транспортный модуль STM-1. По сети контейнеры STM-1 передаются в системе SDH разных уровней (STM-n), но во всех случаях раз сформированный STM-1 может только складываться с другим транспортным

модулем. Три уровня заголовков в формате SONET:

1. Маршрутный или трактовый заголовок (РОН).
2. Линейный заголовок (ЛОН).
3. Секционный заголовок (СОН).

Одной из важных функций, выполняемых этими заголовками, является поддержка функционирования, администрирования и обслуживания .

Понятие виртуального контейнера VC.

В результате добавления к контейнеру трактового (маршрутного) заголовка получается виртуальный контейнер.

Виртуальные контейнеры находятся в идеологической и технологической связи с контейнерами, так что

контейнеру C-12 соответствует виртуальный контейнер VC-12 (передача потока E1), C-3 - VC-3 (передача потока E3), C-4 - контейнер VC-4 (передача

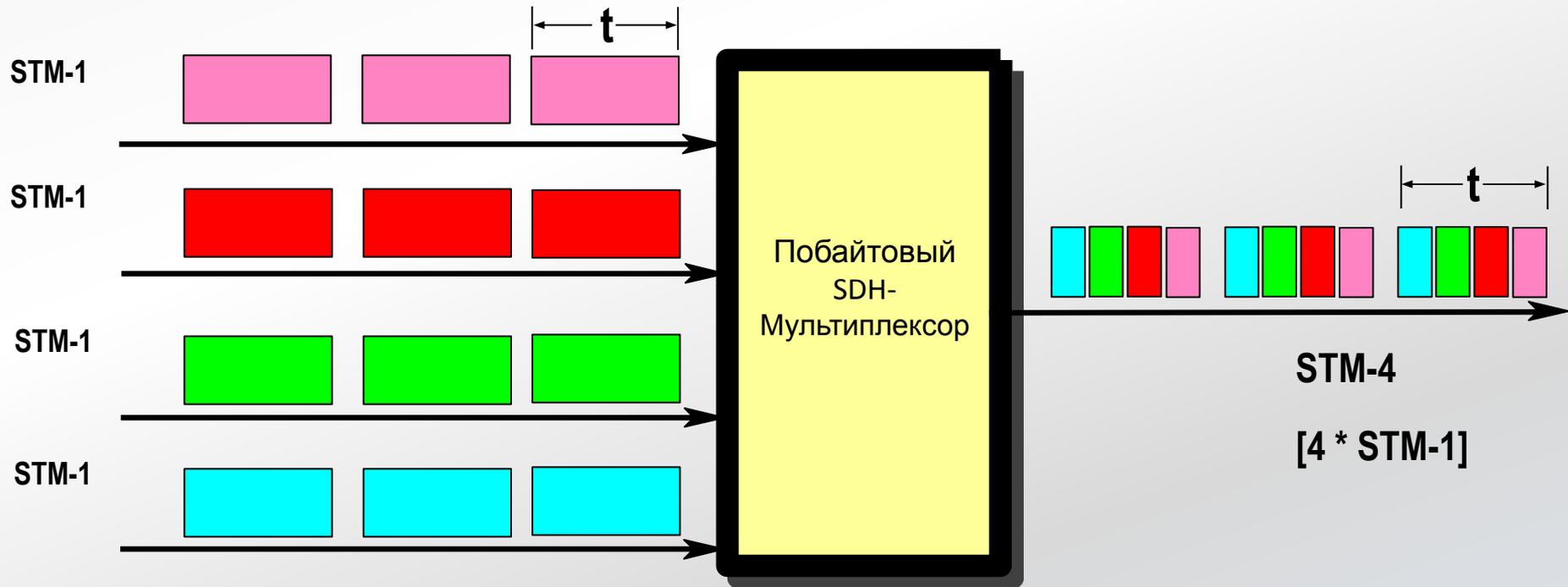
потока STM-1

SDH/SONET. Мультиплексирование

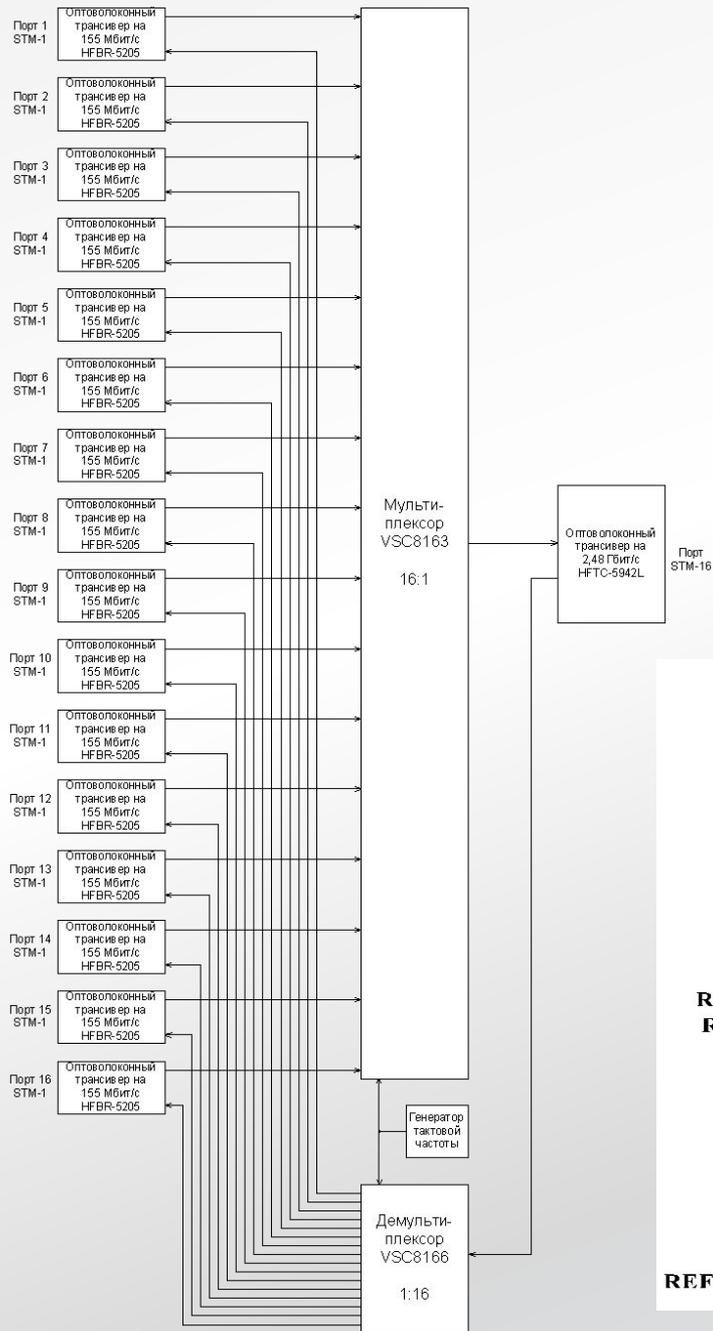
Мультиплексоры ввода-вывода SONET мультиплексируют один или больше сигналов DS-N для формирования канала OC-N. Выполняя обратную функцию, мультиплексор SONET демultipлексирует агрегатный сигнал STS-N, восстанавливая трибы (DH-триб - скорость передачи которого соответствует SDH-иерархии) компонентных сигналы DS-N, мультиплексор может быть сконфигурирован для работы или в режиме ввода-вывода, или в терминальном режиме. В режиме ввода-вывода мультиплексор может работать тогда, когда низкоскоростные сигналы DS1 терминируются на устройствах SONET, получающих синхронизацию от тех же самых или эквивалентных синхронных источников, так как сама система SONET, имеет интерфейсы с асинхронными источниками, но не берет от них синхронизацию.

Таким образом, низкоскоростные сигналы PDH мультиплексируются в структуру фрейма высокоскоростных сигналов SDH посредством метода побайтового мультиплексирования, их расположение во фрейме высокоскоростного сигнала фиксировано и определено. Поэтому низкоскоростной сигнал SDH, например STM-1 может быть уже напрямую добавлен или выделен из высокоскоростного сигнала в STM-16.

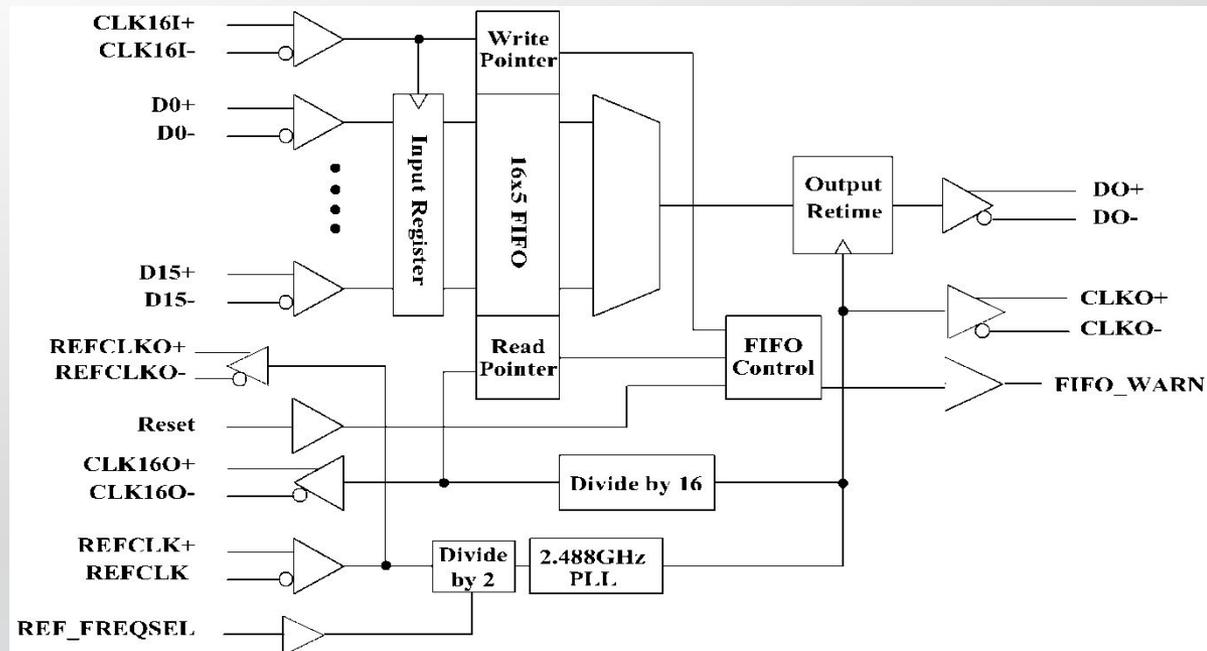
Побайтное мультиплексирование



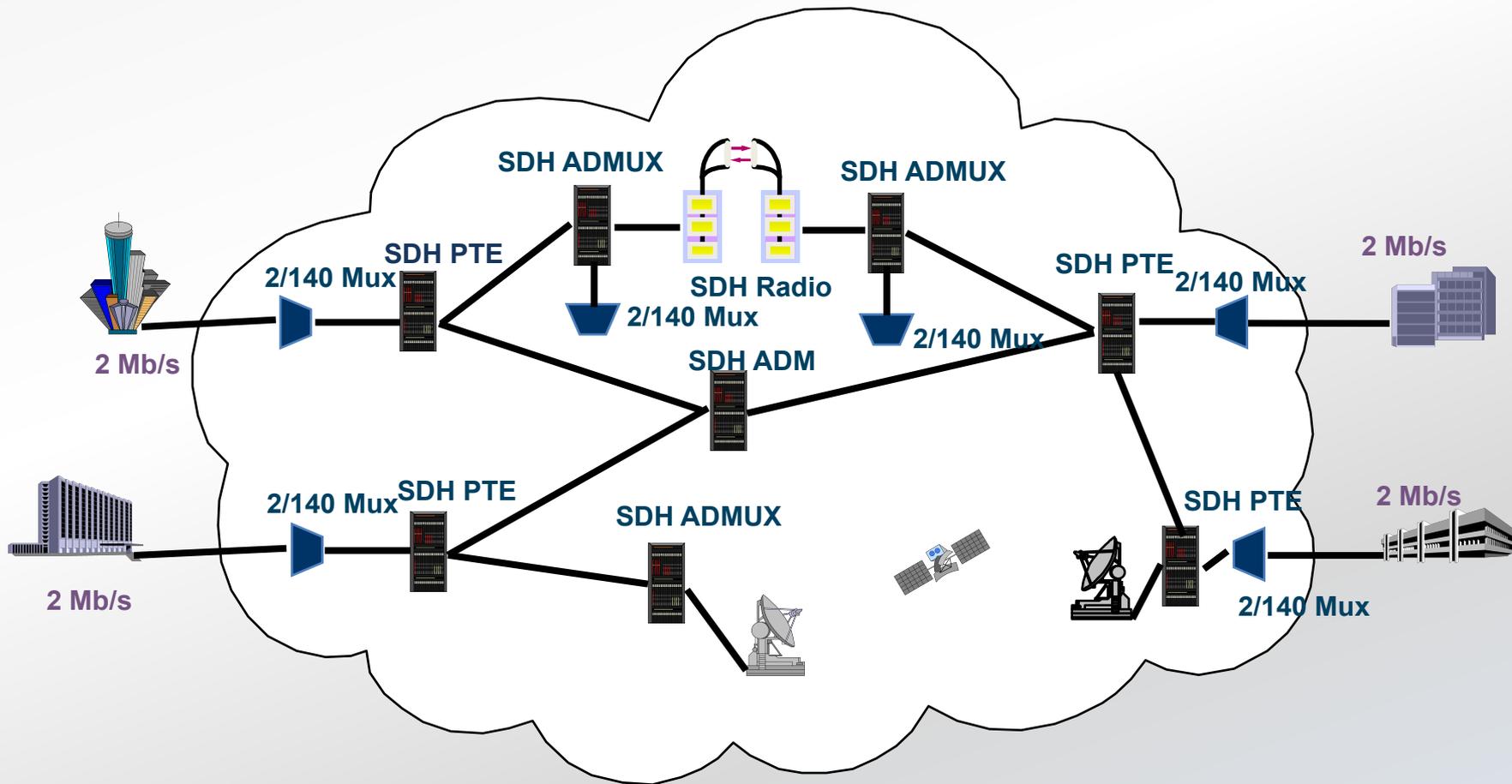
Структура мультиплексора SDH



микросхема мультиплексора VSC8163 Vitesse semiconductor corporation



Пример сети SDH



SDH/SONET. Выводы

SDH имеет высокую совместимость. Это означает, что сеть передачи SDH и существующая сеть PDH могут работать совместно, пока идет установление сети передачи SDH. Сеть SDH может быть использована для передачи услуг PDH, а также сигналов других иерархий, таких как ATM, Ethernet и FDDI. Базовый транспортный модуль (STM-1) может размещать и три типа сигналов PDH, и сигналы ATM, FDDI, DQDB. Это обуславливает двустороннюю совместимость и гарантирует бесперебойный переход от сети PDH к сети SDH и от SDH к ATM. Для размещения сигналов этих иерархий SDH мультиплексирует низкоскоростные сигналы различных иерархий в структуру фрейма STM-1 сигнала на границе сети (стартовая точка - точка ввода) и затем демультиплексирует их на границе сети (конечная точка - точка вывода).

Таким образом цифровые сигналы различных иерархий могут быть переданы по сети передачи SDH.

MPLS (Multi Protocol Label Switching)

Современный рынок услуг телекоммуникаций выдвигает дополнительные требования. Теперь провайдеру услуг недостаточно просто предоставить доступ к своей магистрали – пользователи хотят иметь возможность организации виртуальных частных сетей (VPN) и доступа к различным интегрированным сервисам сети. Для решения этих задач и решения проблемы обеспечения прозрачного качества обслуживания была разработана технология MPLS.

MPLS – это технология быстрой коммутации пакетов в многопротокольных сетях, основанная на использовании меток. MPLS сочетает в себе возможности управления трафиком, присущие технологиям канального уровня, масштабируемость и гибкость протоколов, характерные для сетевого уровня.

Многопротокольность в названии технологии означает, что MPLS – инкапсулирующий протокол и может транспортировать множество других протоколов.

MPLS. Принцип работы

В MPLS-маршрутизаторе пакет с MPLS-меткой коммутируется на следующий порт после поиска метки в таблице коммутации. При разработке MPLS поиск меток и коммутация по меткам выполнялись быстрее, чем поиск в таблице маршрутизации или RIB (Routing Information Base - информационной базе маршрутизации), так как коммутация может быть выполнена непосредственно на коммутационной фабрике вместо центрального процессора. Маршрутизаторы, расположенные на входе или выходе MPLS-сети, называются LER (Label Edge Router - граничный маршрутизатор меток).

LER на входе в MPLS-сеть добавляют метку MPLS к пакету данных, а LER на выходе из MPLS-сети удаляет метку MPLS из пакета данных. Маршрутизаторы, выполняющие маршрутизацию пакетов данных, основываясь только на значении метки, называются LSR (Label Switching Router - маршрутизатор коммутирующий по меткам). В некоторых случаях

MPLS. Продолжение

Метки между LER и LSR распределяются с помощью LDP (Label Distribution Protocol – протокола распределения меток). Для того, чтобы получить полную картину MPLS-сети, LSR постоянно обмениваются метками и информацией о каждом соседнем узле, используя стандартную процедуру.

Виртуальные каналы или туннели LSP (*Label Switch Path* – пути коммутации меток), устанавливаются провайдерами для решения различных задач, например, для организации VPN или для передачи трафика через MPLS-сеть по указанному туннелю. Во многом LSP ничем не отличается от PVC в сетях ATM или Frame Relay, за исключением того, что LSP не зависят от особенностей технологий канального уровня.

MPLS. Заголовки и метки

Технология MPLS основана на обработке заголовка MPLS, добавляемого к каждому пакету данных. Заголовок MPLS состоит из нескольких меток (стек). Каждая запись в стеке меток состоит из следующих четырех полей:

Метка (Label): значение метки. Занимает 20 бит;

Класс услуги (Class of Service, CoS): поле класса трафика необходимое для реализации механизмов качества обслуживания и явного уведомления о перегрузке. Занимает 3 бита.

Флаг дна стека (S): если флаг установлен в 1, то это означает, что текущая метка последняя в стеке; занимает 1 бит;

Поле TTL (Time to live), необходимо для предотвращения петель MPLS коммутации; занимает 8 бит.

Достоинства MPLS:

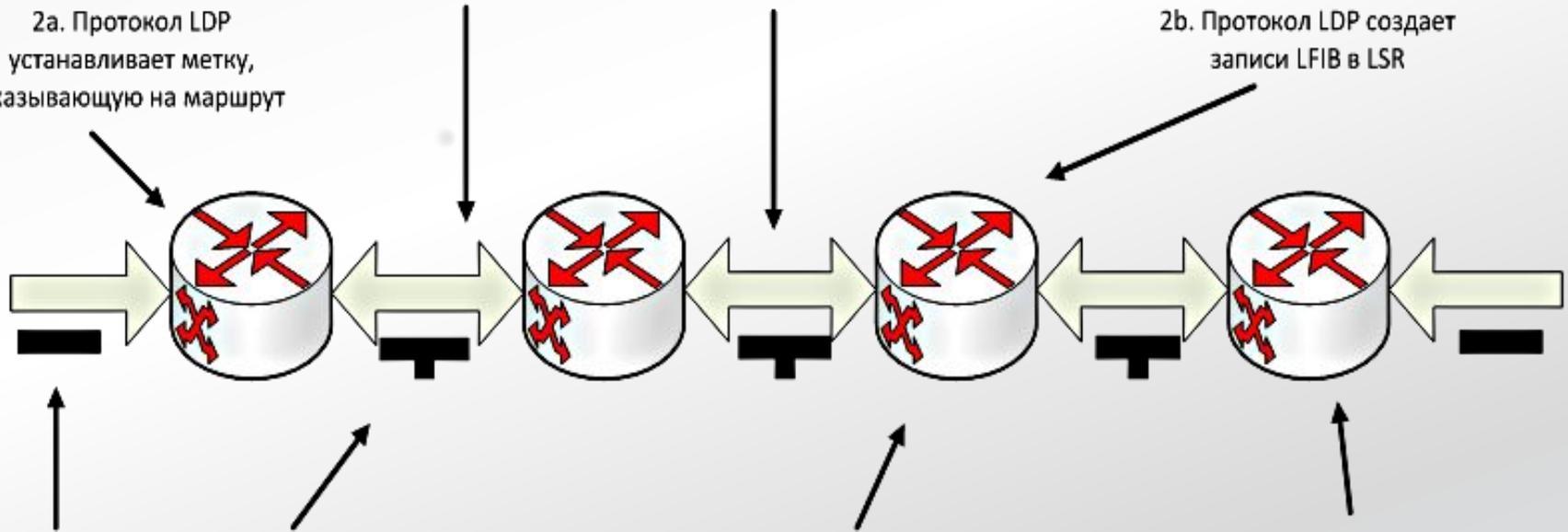
- Легкость создания виртуальных каналов;
- Независимость от особенностей технологий канального уровня;
- Инкапсуляция различных протоколов передачи данных;

MPLS. Представление работы

1. Существующие протоколы маршрутизации (OSPF, IGRP) устанавливают маршруты

2a. Протокол LDP устанавливает метку, указывающую на маршрут

2b. Протокол LDP создает записи LFIB в LSR

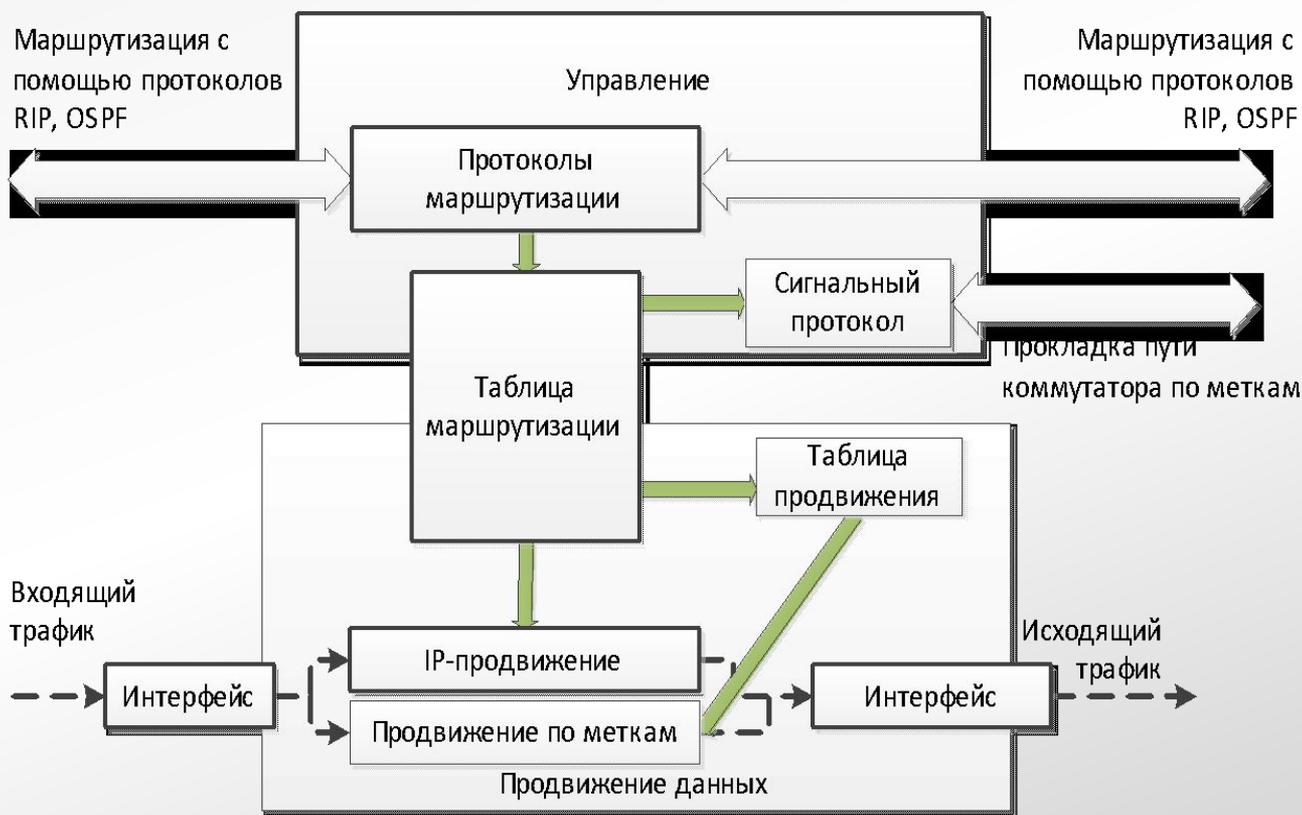


3. Периферийный LSR на входе принимает пакет, оказывает услуги 3-го Уровня с добавленной ценностью и присваивает метку

4. LSR передают помеченные пакеты, используя технологию свопинга меток

5. Периферийный LSR на выходе удаляет метку и доставляет пакет

MPLS. Представление работы

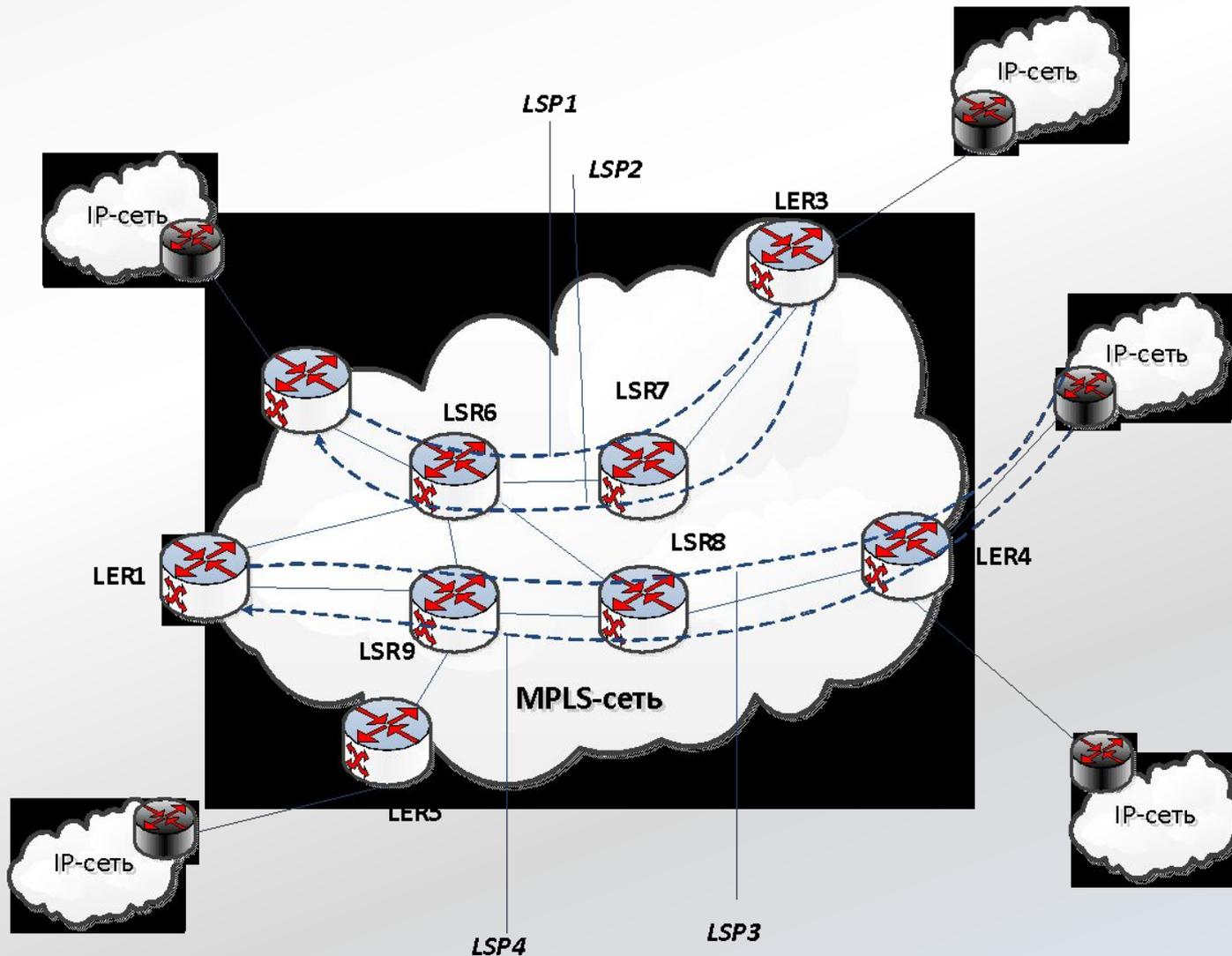


Структура LSR-маршрутизатора

Таблица продвижения (LDP)

Входной интерфейс	Метка	Следующий хоп	Действия
S0	245	S1	256
S0	27	S3	45
...

MPLS. Представление работы



Сеть с коммутацией по меткам

MPLS. Заключение

Применение:

- прозрачные соединения (*Ethernet, Frame Relay, ATM и т.д.*) типа точка-точка через MPLS на основе технологии AToM (*Any Transport over MPLS* - любой транспорт через MPLS);
- виртуальные частные сети VPN (многоточечных соединений на 2-м уровне *MPLS L2 VPN* или VPLS и на 3-м уровне *MPLS L3 VPN*);
- эффективное управление потоками IP-трафика по виртуальным каналам MPLS, т.е. управления распределением пропускной способности между виртуальными каналами.

Главная особенность технологии MPLS – отделение процесса коммутации пакета от анализа IP-адреса в его заголовке, что позволяет осуществлять коммутацию пакетов значительно быстрее. В соответствии с протоколом MPLS маршрутизаторы и коммутаторы присваивают на каждой точке входа в таблицу маршрутизации особую

Технологии локальных сетей Ethernet

- ✓ Ethernet (10 Мбит/с)
- ✓ Fast Ethernet (100 Мбит/с)
- ✓ Gigabit Ethernet (1000 Мбит/с)
- ✓ 10G Ethernet (10 Гбит/с)
- ✓ 40G Ethernet (40 Гбит/с)
- ✓ 100G Ethernet (100 Гбит/с)
- ✓ Carrier Ethernet (для сетей операторов связи)

Ethernet. Функции канального уровня

Подуровень управления логическим каналом (LLC – Logical Link Control) :

1. Передача от сетевого уровня пакета и аппаратного адреса уровню MAC
2. Мультиплексирование – передача данных от нескольких протоколов сетевого уровня единственному протоколу уровня MAC
3. Демультимплексирование – передача данных от MAC уровня одному из протоколов сетевого уровня (IPX, IP, NetBIOS)

Организует интерфейс с прилегающим к нему сетевым и МАК-уровнями

Ethernet. Функции канального уровня

Подуровень управления логическим каналом (LLC):

1. Услуга LLC1 – без установления соединения и без подтверждения полученных данных (используется тогда, когда восстановление данных после ошибок, их упорядочение выполняется протоколом вышележащего уровня)
2. Услуга LLC2 - с установлением соединения и с подтверждением полученных данных
3. Услуга LLC3 – без установления соединения но с подтверждением полученных данных

Обеспечивает доставку кадров с заданной степенью надежности
(по запросу протокола верхнего уровня)

Ethernet. Функции канального уровня

Подуровень управления доступом к среде (MAC):

1. Формирование кадра. Заполнение полей кадра на основании информации полученной от протокола верхнего уровня, такой как адреса источника и назначения, пользовательские данные, признак протокола верхнего уровня отсылающего эти данные. Подсчет контрольной суммы кадра и заполнения соответствующего поля;
2. Передача кадра. После формирования кадра и получения доступа к разделяемой среде, уровень MAC передает кадр на физический уровень, который побитно передает все поля кадра в среду.
3. Прием кадра. Каждый узел подключенный к разделяемой среде проверяет адрес назначения поступившего кадра, и если он совпадает с его собственным адресом, то продолжает его обработку. Проверяется корректность контрольной суммы кадра. Кадр с корректной контрольной суммой передается верхнему уровню стека. Кадр с несовпадающим адресом и некорректной контрольной суммой отбрасывается.

Обеспечивает передачу кадров между конечными узлами, используя функции и устройства физического уровня

Ethernet. Функции канального уровня

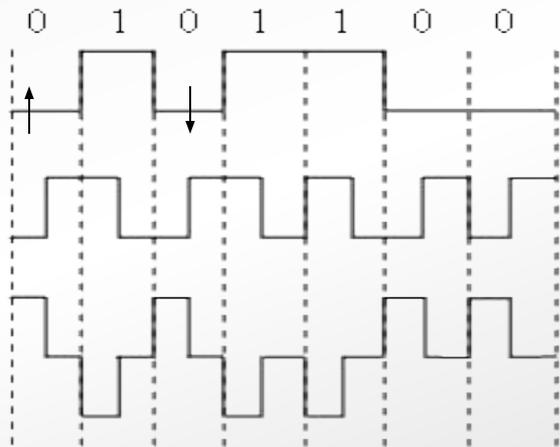
Подуровень управления доступом к среде (МАС):

Для захвата разделяемой среды используется метод случайного доступа, результатом чего является высокая вероятность коллизий, т.е. случаев одновременной передачи кадра несколькими станциями. Введена процедура прослушивания среды перед передачей (множественный доступ с опознаванием несущей и обнаружением коллизий).

Обеспечивает доступ к разделяемой среде

Ethernet. Передача данных и синхронизация

Для устойчивой передачи двоичные данные кодируются манчестерским кодом II, при этом двоичные нули кодируются перепадом электрического сигнала от низкого потенциала к высокому, в середине бита, а единицы перепадом от высокого потенциала к низкому.



NRZ

Манчестер II

RZ

Код RZ (Return to Zero) — с возвратом к нулю, используется в оптоволоконных сетях (используют три уровня мощности световых импульсов).

Информационный переход осуществляется в середине бита, в центре бита всегда есть переход (положительный или отрицательный). Следовательно, каждый бит обозначен. Приемник может выделить синхроимпульс (строб), имеющий частоту следования импульсов, из самого сигнала. Привязка производится к каждому биту, что обеспечивает синхронизацию приемника с передатчиком. Такие коды, несущие в себе строб, называются самосинхронизирующимися.

Ethernet. Адресация и кадры

Для идентификации узлов в Ethernet используется MAC-адреса. MAC – аббревиатура от названия канального подуровня (Media Access Control – управление доступом к среде). Каждый сетевой адаптер имеет по крайней мере один MAC-адрес, который должен уникально определять его в пределах сети.

MAC-адрес состоит из 6 байт, который обычно записывается в виде набора из 12 шестнадцатеричных цифр, 00.00.AF.3A.07.BC.

и/г - индивидуальный/групповой. (0 - индивидуальный; 1- групповой)

у/м – универсальное/местное управление (0 – адрес присвоен производителем; 1 – ответственность за уникальность лежит на администраторе сети или пользователе.

Уникальность централизованно назначаемых адресов обеспечивается за счет уникальных идентификаторов организаций, помещаемых в 3-х старших байтах.

Ethernet. Типы адресов

Первый (младший) бит старшего байта адреса назначения (получателя) является признаком типа адреса:

- индивидуальный (unicast) идентифицирует один сетевой адаптер (0... в первом (младшем) бите старшего байта адреса);
- групповой (multicast) для взаимодействия с определенной группой устройств (1 в старшем бите первого байта);
- широковещательный (broadcast) для взаимодействия со всеми устройствами локальной сети (FFFF.FFFF.FFFF).

Адрес отправителя может быть только индивидуальным идентификатором передающей станции.

В стандартах IEEE Ethernet младший бит байта представляется в самой левой позиции поля, а старший бит – в самой правой.



Ethernet. Формат фрейма

Название полей				
Начальное поле фрейма	Поле адреса	Тип протокола верхнего уровня	Поле данных	Поле FCS (CRS)

FCS – Frame Check Sequence (контрольная последовательность фрейма)

CRS – Cyclical Redundancy Check (циклический избыточный код)

Вычисление FCS(CRS)



Преамбула	Флаг SFD	Получатель DA	Отправитель SA	Длина/Тип	Данные+Заполнитель Data	Поле FCS
7	1	6	6	2	От 46 до 1536	4

Структура фрейма Ethernet спецификации IEEE 802.3

Преамбула – 10101010 ...10

DA – Destination Address – адрес назначения

Флаг начала фрейма - 10101011

SA – Source Address – адрес источника

Ethernet. Формат фрейма

Длина/Тип – если значение этого поля меньше 1536_{10} (или 600_{16}), то оно указывает на длину фрейма (без преамбулы и указателя начала фрейма). Используется в случаях, когда идентификацию протокола обеспечивает уровень LLC

Тип фрейма – указывает протокол более высокого уровня, которому будут переданы данные после окончания обработки на уровне Ethernet (если значение поля больше или равно 1536_{10} или 0600_{16}). Если Ethernet-фрейм переносит IP-пакет, то в поле типа будет содержаться шестнадцатеричное 800 или десятичное 2048.

Данные и биты заполнения. От фрейма требуется, чтобы его длина была не менее 46 байта (при необходимости добавляется заполнитель) и не более 1536 байтов.

FCS (Frame Check Sequence) – поле контрольной суммы, позволяет устройству, принявшему фрейм, определить, изменились ли его биты в процессе передачи по сети.

Ethernet. Формат кадра

Поля DSAP (Адрес точки входа сервиса назначения) и SSAP (Адрес точки входа сервиса источника) позволяют указать, какой сервис верхнего уровня пересылает данные с помощью этого кадра. Программному обеспечению узлов сети при получении кадров канального уровня необходимо распознать, какой протокол вложил свой пакет в поле данных поступившего кадра, для того, чтобы передать извлеченный из кадра пакет нужному протоколу для последующей обработки. Например, в качестве значения DSAP и SSAP может выступать код протокола IP или же код протокола покрывающего дерева Spanning Tree.

Поле управления (CTL) используется для обозначения типа кадра данных - информационный, управляющий или нenumerованный. Кроме этого, в этом поле указываются порядковые номера отправленных и успешно принятых кадров, если подуровень LLC работает по процедуре LLC2 с установлением соединения.

OUI - код организации, используется для указания той организации по стандартизации, которая отвечает за числовые значения поля Type. Так, числовые значения поля Type для заголовка SNAP в случае использования его в кадрах Ethernet определяет комитет 802.3 IEEE, код которого равен 00 00 00.

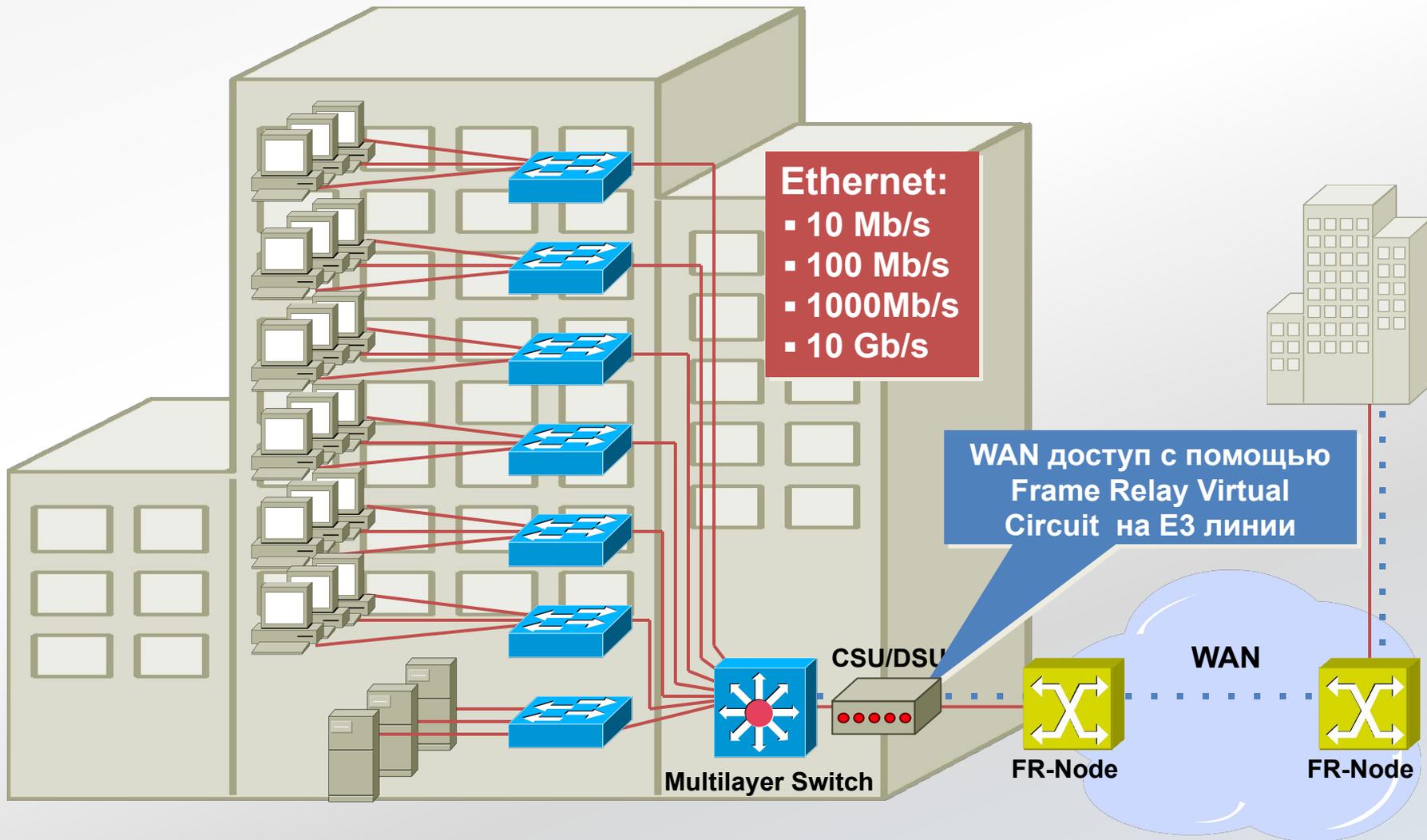
Заголовок SNAP также содержит двухбайтовое поле Type, назначение и формат которого совпадает по назначению с полем Type кадра Ethernet DIX (указывает протокол более высокого уровня).

Ethernet. Управление доступом к среде

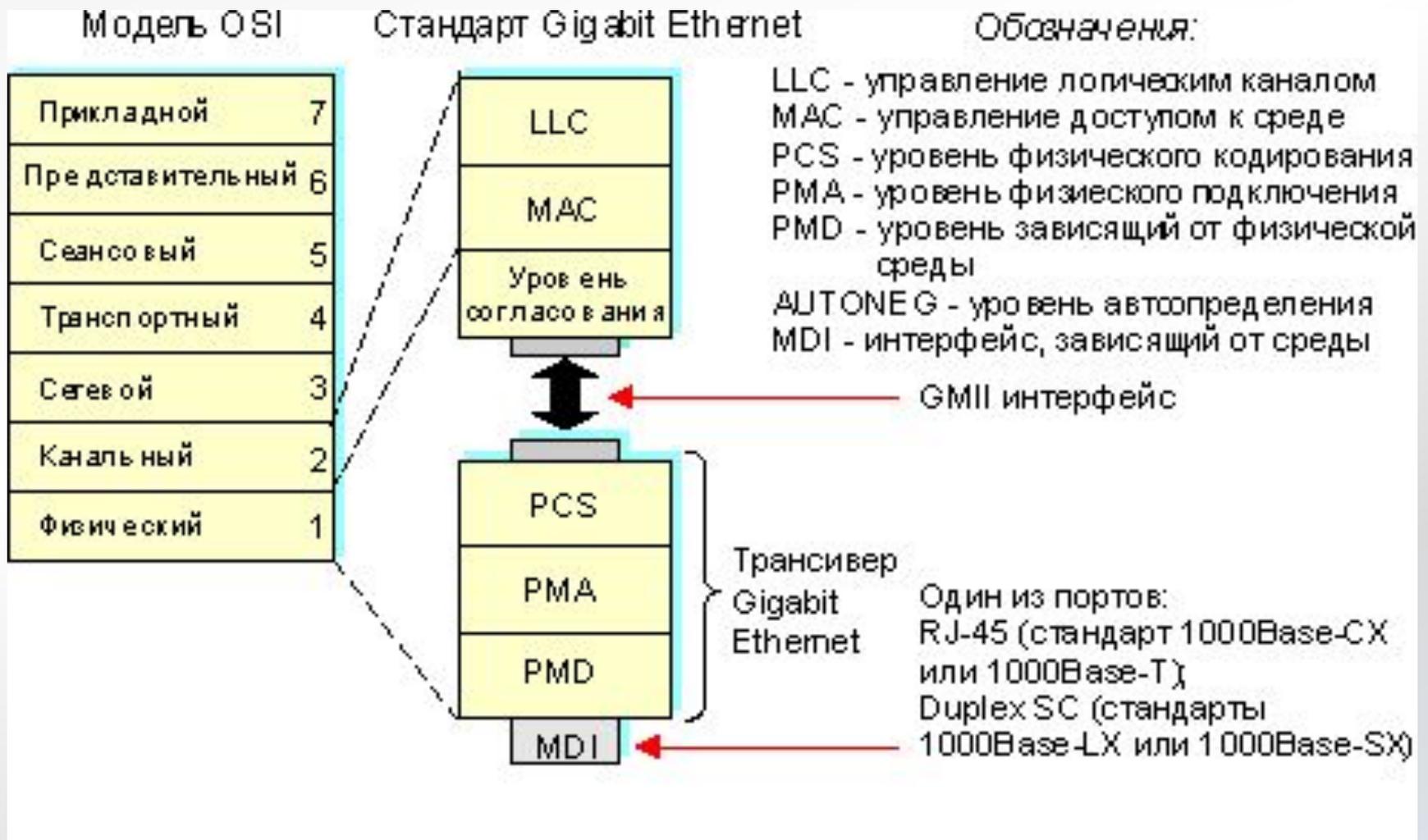
В Ethernet управление доступом осуществляется в соответствии с недетерминистическим МАС-протоколом использующим механизм доступа по принципу «первым пришел – первым обслужен». Алгоритм получил название коллективного доступа с опознаванием несущей и обнаружением коллизий (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection – CSMA/CD)

Метод доступа оговаривает обязательную паузу в 9,6 мкс между двумя кадрами одного и того же узла. Эта пауза предотвращает монополизацию разделяемой среды одним узлом.

Ethernet. 1G



Ethernet. 1G



Ethernet. 1G



IEEE [802.3z](#).1000Base-T - это стандартный интерфейс Gigabit Ethernet передачи по неэкранированной витой паре категории 5 и выше на расстояния до 100 метров. Для передачи используются все четыре пары медного кабеля, скорость передачи по одной паре 250 Мбит/с. При этом для кодирования данных применяется код 4B/5B, использующий 5 уровней потенциала: -2, -1, 0, +1, +2. Поэтому за один такт по одной паре передается 2,322 бит информации с тактовой частотой 125 МГц. Код 4B/5B на тактовой частоте 125 МГц укладывается в полосу 100 МГц кабеля категории 5.

Ethernet. 1G



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

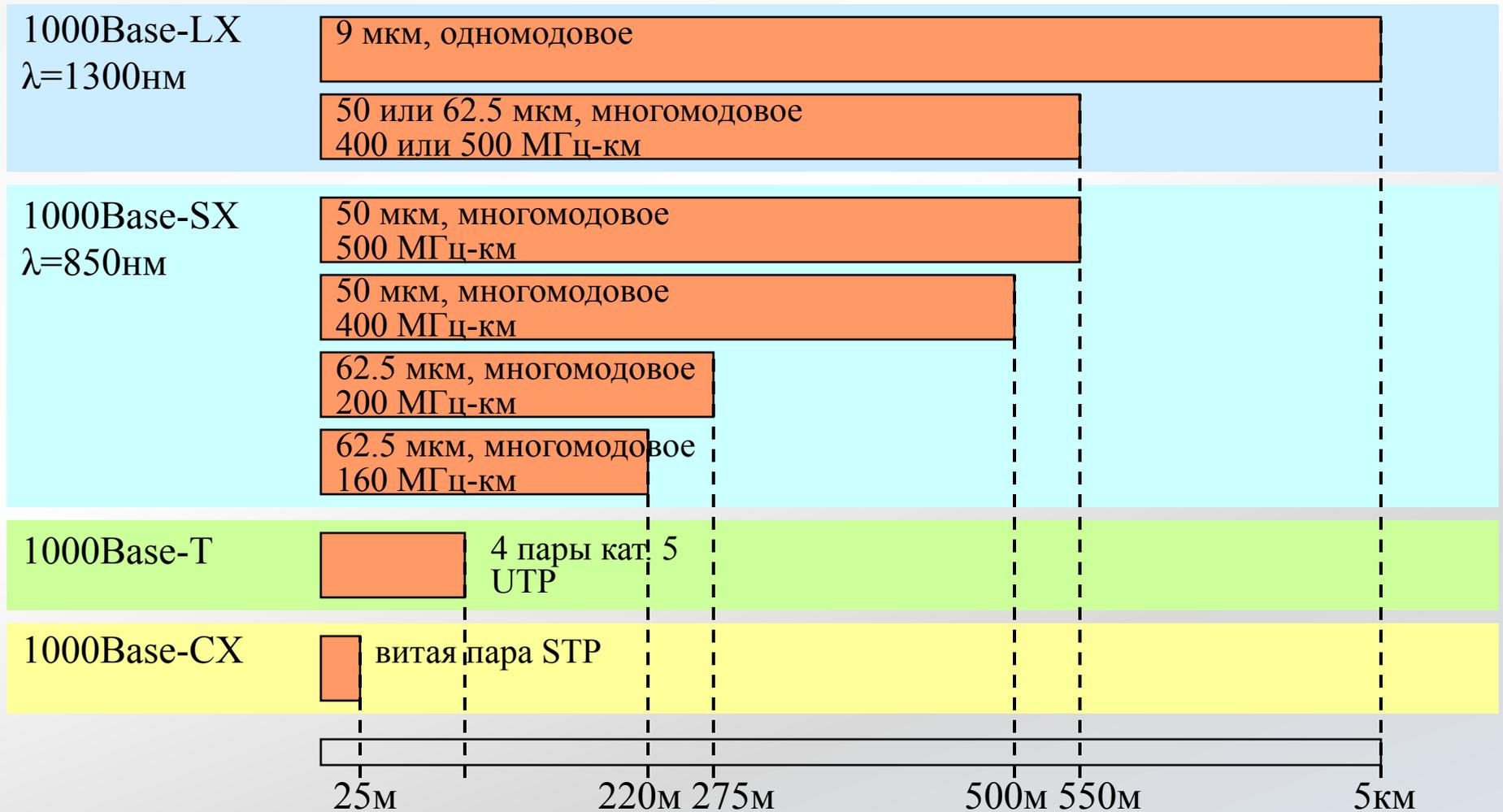
Поэтому было увеличено время обнаружения коллизии, чтобы сохранить прежний диаметр сети в 200 м. Такое переопределение подуровня MAC необходимо для Gigabit Ethernet, иначе отстоящие друг от друга на расстоянии 200 м станции не смогут обнаружить конфликт, когда они обе одновременно передают кадр длиной 64 байт. Данное решение было названо расширением носителя или несущей (carrier extension).

Суть его в следующем. Если сетевой адаптер или порт Gigabit Ethernet передает кадр длиной менее 512 байт, то он посылает вслед за ним биты расширения носителя, т. е. время обнаружения конфликта увеличивается. Если за время передачи кадра и расширения носителя отправитель зафиксирует коллизию, то он реагирует традиционным образом: подает сигнал затора (jam signal) и применяет механизм отката (back-off algorithm).

Ethernet. 1G

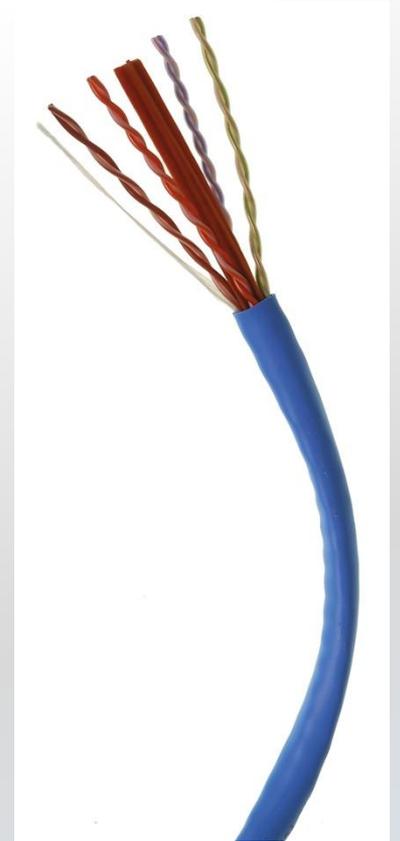
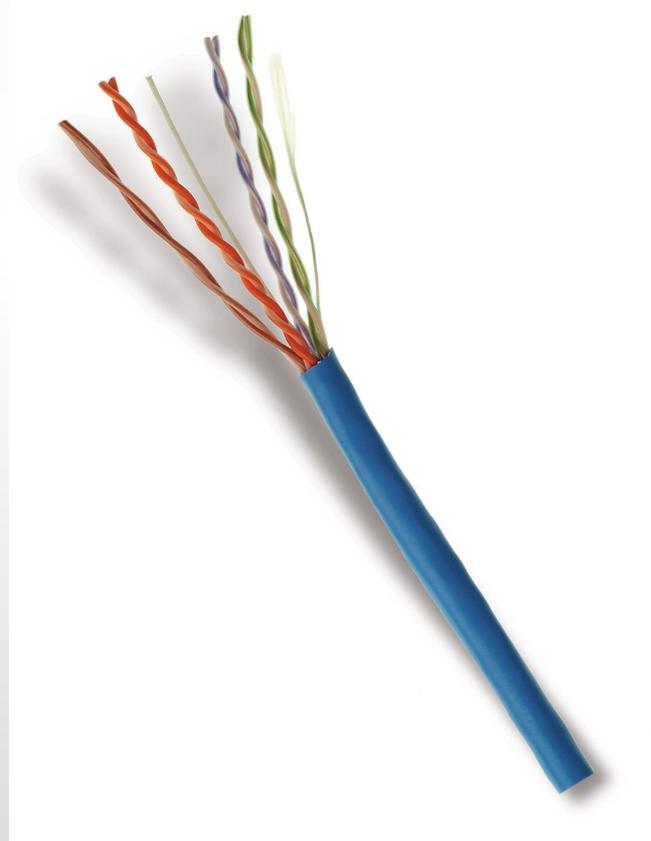
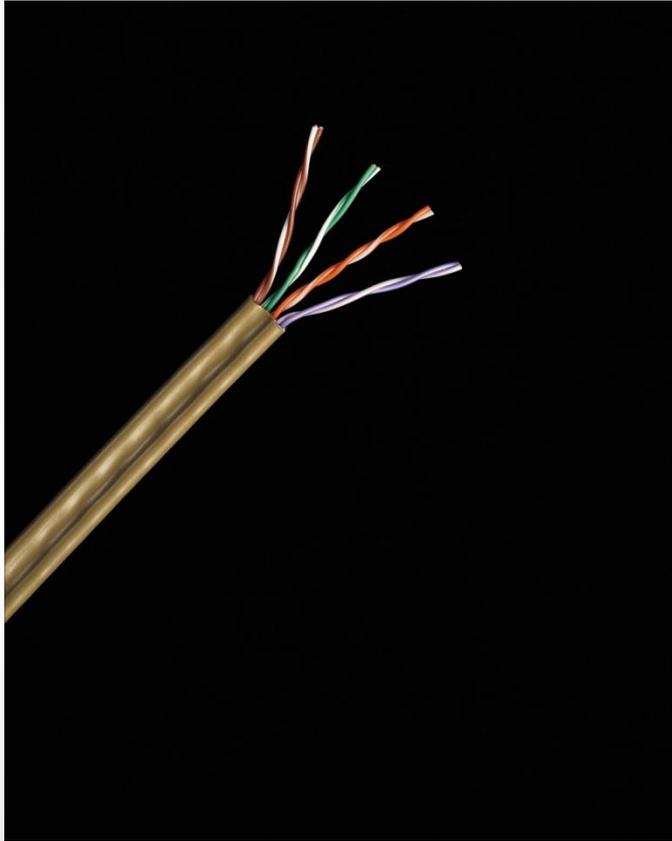
Стандарт:	Тип кабеля:	Полоса пропускания, МГц * км	Максимальное расстояние
<i>1000Base-LX</i> лазер 1300 нм.	<i>SMF 9 мкм.</i> <i>MMF 50 мкм.</i> <i>MMF 62,5 мкм.</i>	— 500 320	5000 м. 550 м. 400 м.
<i>1000Base-SX</i> лазер 850 нм.	<i>MMF 50 мкм.</i> <i>MMF 62,5 мкм.</i> <i>MMF 62,5 мкм.</i>	400 200 160	500 м. 275 м. 220 м.

Спецификации

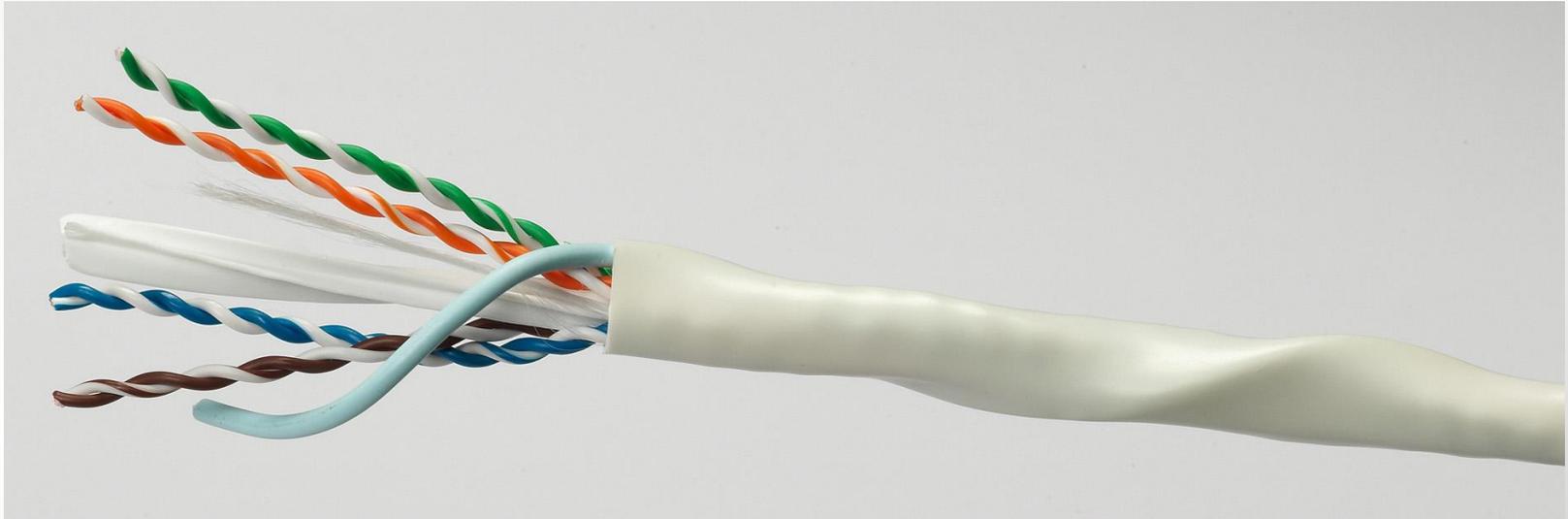


Кроме этого вне основных стандартов 802.3 существуют
1000Base-LH (10км) и 1000Base-ZX (90км)

Cat 6 – 250 MHz/1000 Mbps (÷4)



Cat 6a – 500 MHz/10 Gbps (÷4)



Ethernet 1G. Расширение кадра

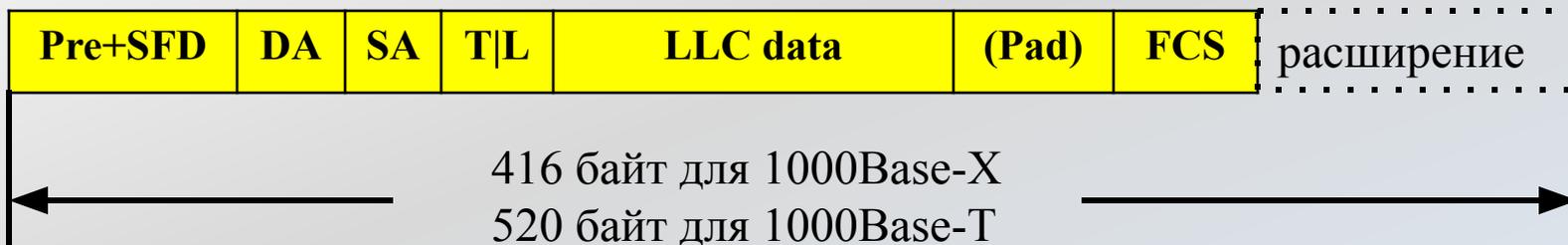
Slot_time (окно коллизий) зависит от размеров сегмента и должно быть больше, чем время двойного прохождения сигнала по среде передачи.

Для того, чтобы надежно обнаруживать коллизию при повышении скорости передачи есть два способа:

- а) уменьшить длину сегмента коллизий, а, следовательно, и Slot_time;
- б) увеличить минимальную длину кадра.

При переходе от Ethernet к Fast Ethernet был уменьшен размер сегмента коллизий до 205 метров для UTP.

Для функционирования Gigabit Ethernet выбрали путь увеличения минимальной длины кадра до 416 байт (для 1000Base-X) или 520 байт (для 1000Base-T) путем добавления к нему расширения кадра. Различия в длине связаны с дополнительным логическим кодированием 8В/10В для 1000Base-X. Расширение кадра игнорируется на приемной стороне.



Ethernet 1G. Уплотнение (Packet bursting)

Расширение кадра позволило избежать проблем с Slot_time, но во многих случаях для маленьких пакетов приходится передавать слишком много ненужной информации (448 байт расширения из 520). Пропускная способность падает до скоростей Fast Ethernet.

Во избежание неполного использования канала передачи используется уплотнение кадров. Первый кадр передается, если нужно, с расширением, а вместо межкадровых промежутков (IFG*), когда станция должна "молчать", она выдает в среду символы расширения (для того, чтобы другие станции не захватили среду), а затем после первого IFG* следуют другие кадры, но уже без расширения (промежутки между кадрами опять заполняются символами расширения). В этом случае полоса пропускания используется намного более практично.



IFG* - во время межкадрового интервала станция выдает в среду передачи символы расширения кадра. Ethernet и Fast Ethernet не поддерживают расширение кадров и packet bursting.

Ethernet. 10G

Стандарт IEEE 802.3ae определён для оптической среды различных типов. Стандарт предлагает простой способ модернизации для магистралей Gigabit Ethernet и обеспечивает соединение LAN с MAN и WAN. В таблице приведены четыре самые распространённые приложения для 10G Ethernet

IEEE 802.3ae 10G Ethernet Fibre Optic Applications

Fiber Optic 10G Ethernet Applications	Wave length	Fibre Type	Maximum Distance Supported
10GBASE-SX	850nm	50/125µm laser-optimized multimode*	300m
10GBASE-LX	1310nm	single mode	10km
10GBASE-EX	1550nm	single mode	40km
10GBASE-LX4	1310nm	50/125µm multimode** 62.5/125µm multimode**	300m
10GBASE-LX4	1310nm	singlemode	10km

Ethernet. 10G

IEEE 802.3ae описывает приложение 10GBASE-T, которое может использоваться на СКС категории 6 / класс E, улучшенной категории 6 / класс E и на витой паре класса F. СКС категории 5e не поддерживают 10GBASE-T.

IEEE 802.3an 10GBASE-T Twisted-Pair Application Distance Support

Media	Standards Reference	Maximum Distance Supported
Category 6 / Class E	TIA/EIA-568-B.2-1 ISO/IEC 11801:2002 2nd Ed.	Up to at least 55 metres
Proposed Augmented Category 6 / Class E	Pending TIA SP-3-4426-AD10 (to be published as TIA/EIA-568-B.2-10) Pending ISO/IEC JTC 1/SC 25 N 981 A (to be published as amendment 1 to ISO/IEC 11801:2002 2nd Ed.)	100 metres
Class F	ISO/IEC 11801:2002 2nd Ed.	100 metres

Ethernet 10G. Спецификации

10 Gbit/s Ethernet over fiber for LAN (10GBASE-SR, 10GBASE-LR, 10GBASE-ER, 10GBASE-LX4) and WAN (10GBASE-SW, 10GBASE-LW, 10GBASE-EW)

Спецификация	8B/10B PCS	64B/66B PCS	WIS	850 нм Serial	1310 нм WWDM	1310 нм Serial	1550 нм Serial
10GBase-SR		✓		✓			
10GBase-SW		✓	✓	✓			
10GBase-LX4	✓				✓		
10GBase-LR		✓				✓	
10GBase-LW		✓	✓			✓	
10GBase-ER		✓					✓
10GBase-EW		✓	✓				✓

Спецификация WAN основана на использовании глобальных сетей SONET/SDH (Synchronous Optical Network / Synchronous Digital Hierarchy) благодаря инкапсуляции данных в кадр SONET канала OC-192, пропускная способность которого близка к 10 Гбит/сек.

Многомодовое волокно и 10GE

Использование многомодового оптоволокна в различных спецификациях 10 Gigabit Ethernet (по стандарту 802.3ae)

Многомодовое оптическое волокно (MMF)	62.5μ MMF		50μ MMF		
	160	200	400	500	2000
МГц*км					
850нм Serial	26м	33м	66м	82м	300м
1310нм LX4	300м при 500МГц*км		240м	300м	

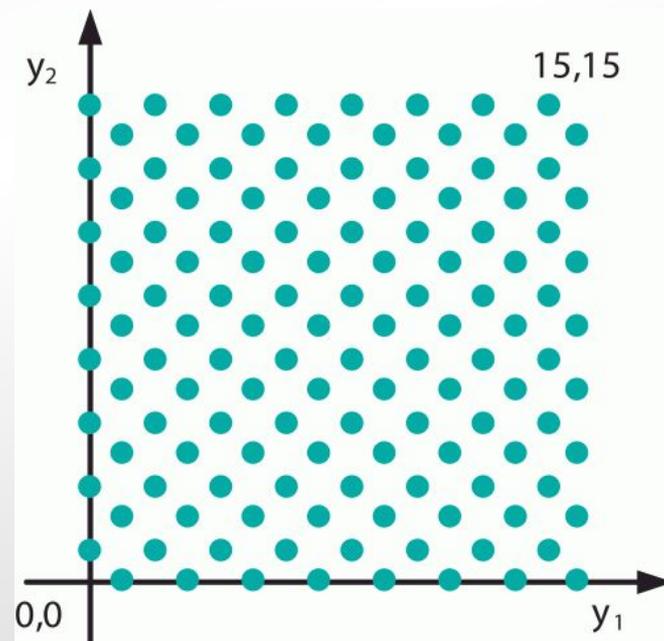
Ethernet 10G



TN7588-D (Dual 10GBASE-T)

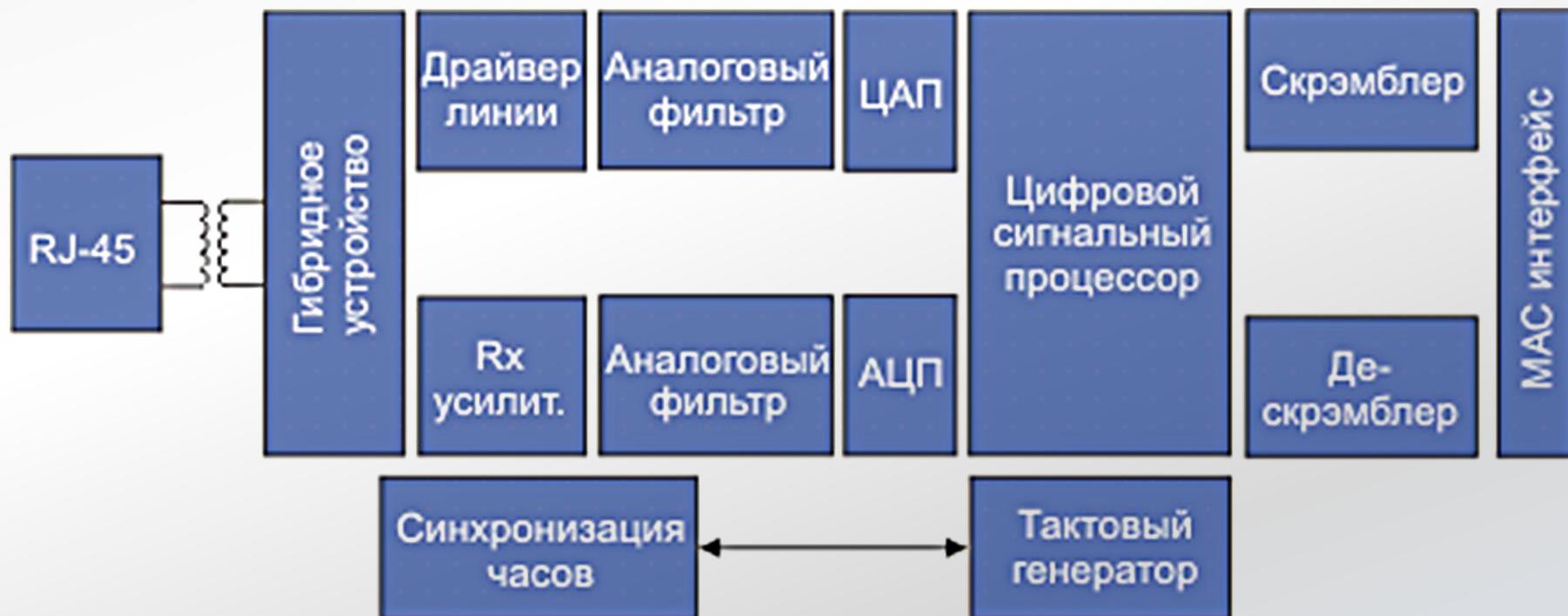


Разъемы Категории 7 (один из типов)

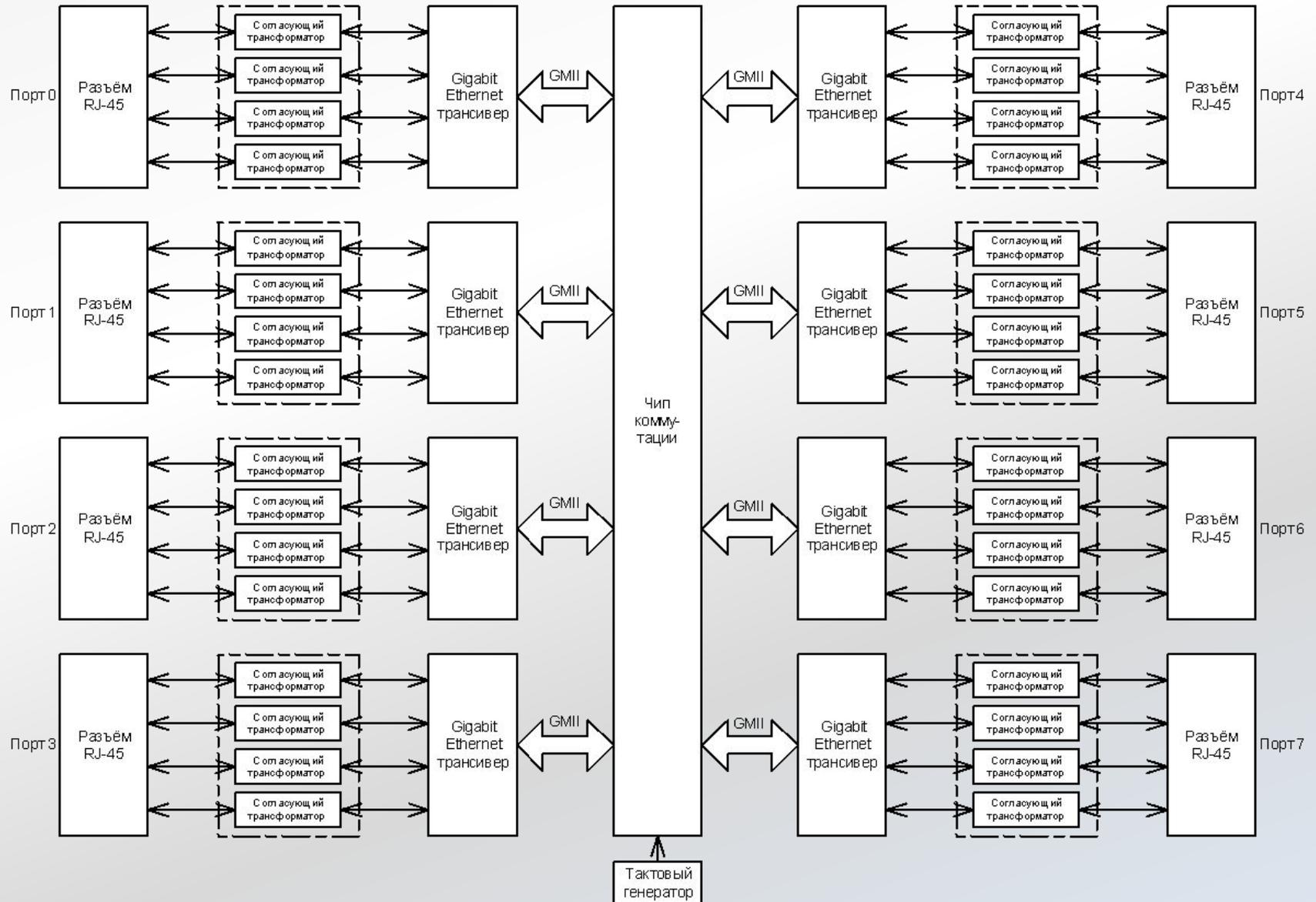


16-уровневая импульсно-амплитудная модуляция PAM16 со звездной диаграммой (двухмерной совокупностью точек) DSQ128

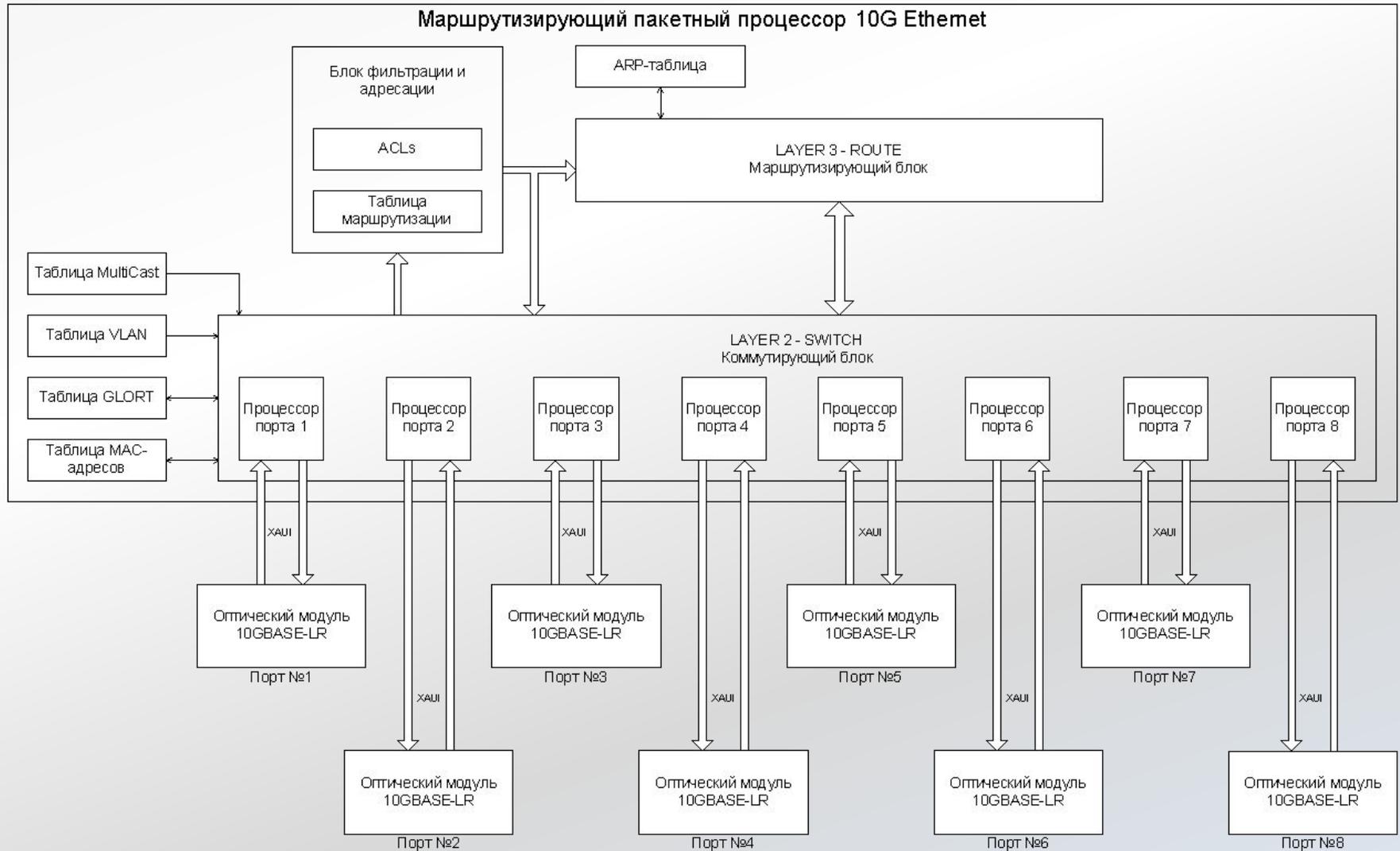
Блок схема сетевой карты для работы с GE и 10GE



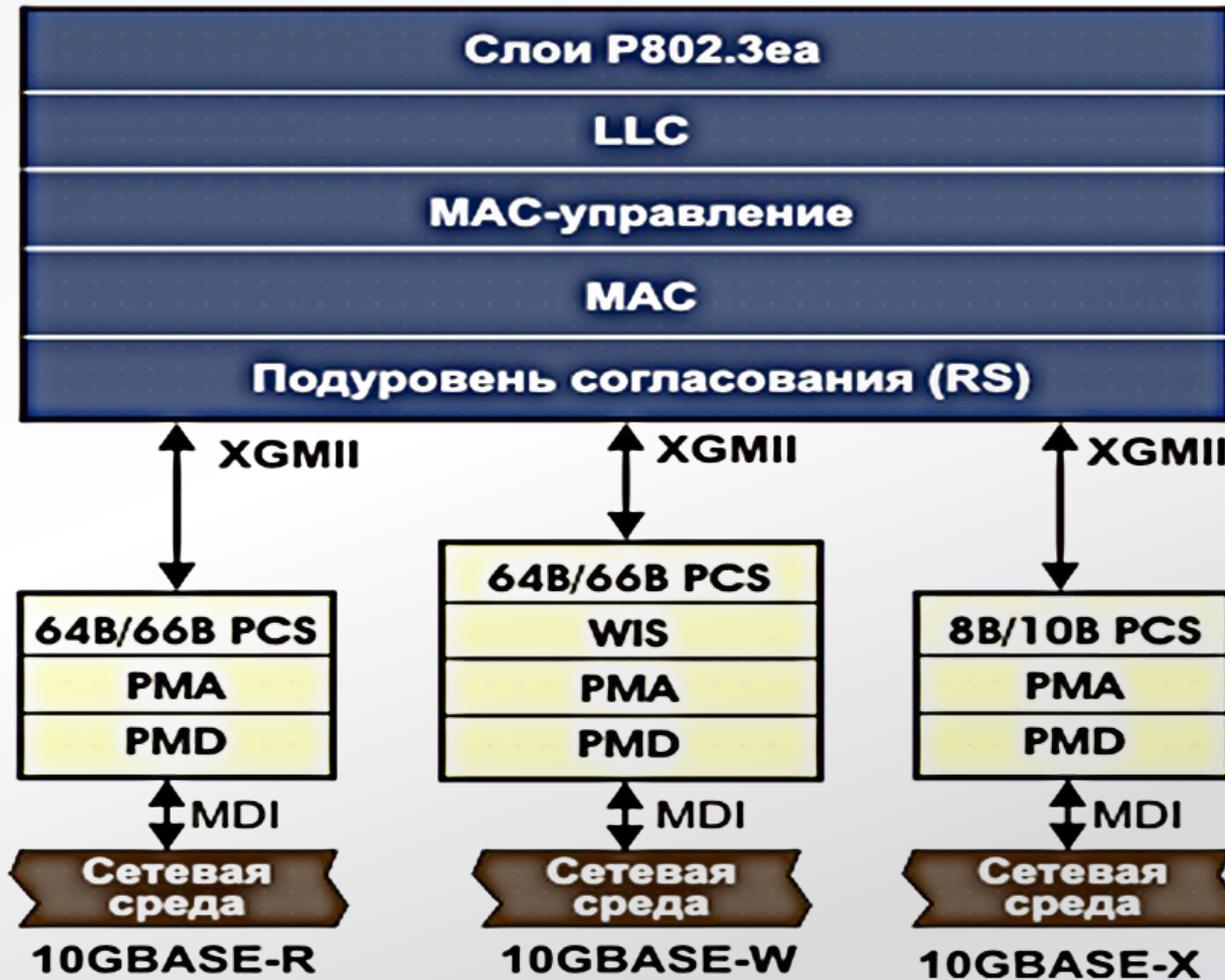
Блок схема коммутатора с GE (ТС9208М IC+)



Структура маршрутизатора



Ethernet 10G.



MDI Medium Dependent Interface
XGMII 10 Gigabit Media Independent Interface
PCS Physical Coding Sublayer
PMA Physical Medium Attachment
PMD Physical Medium Dependent
WIS WAN Interface Sublayer
LLC Logical Link Control

Ethernet 10G.

Тип кабеля	Стандарт	Длина волны	Тип	Длина канала	Среда
Оптическое волокно	10GBASE-SR/W	850нм	послед.	300м	MFM
	10GBASE-LRM	1310нм	послед.	220м	MMF
	10GBASE-LX4	1310нм	WDM	300м 10км	MMF SMF
	10GBASE-LR/W	1310нм	послед.	10км	SMF
	10GBASE-ER/W	1550нм	послед.	40км	SMF
	De-Facto ZR/W	1550нм	послед.	80км	SMF
Медь	10GBASE-CX4	-	4 линии	15м	сдвоен. аксиал
	10GBASE-T	-	скруч. пара	100м	UTP
Backplane	10GBASE-KX4	-	4линии	1м	улучшен. FR-4
	10GBASE-KR	-	послед.	1м	улучшен. FR-4

Ethernet 40G

В версии 10Gbase-X4 используется кодирование 8B/10B. Там формируется 4 потока по 3,125Гбит/с, которые передаются по одному волокну (1310нм) с привлечением техники мультиплексирования длин волн (WDM). В случае 10Gbase-W на уровне MAC вводится большая минимальная длина IPG.

Переход на технологию 10GE открывает новые возможности, например, использование распределенной, совместно используемой памяти SAN (Storage Area Network). Возможно эффективное совмещение возможностей 10GE и технологии Fibre Channel (FC).

На очереди внедрение более скоростных GE-технологий WDM. Речь идет об адаптивных полностью оптических сетях.

Такие сети используют минимальное число преобразований сигналов оптический-электрический-оптический.

Данная сеть использует реконфигурируемые оптические мультиплексоры типа Add/Drop (ROADM - Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer), которые могут работать на скоростях 10-100Гбит/с.

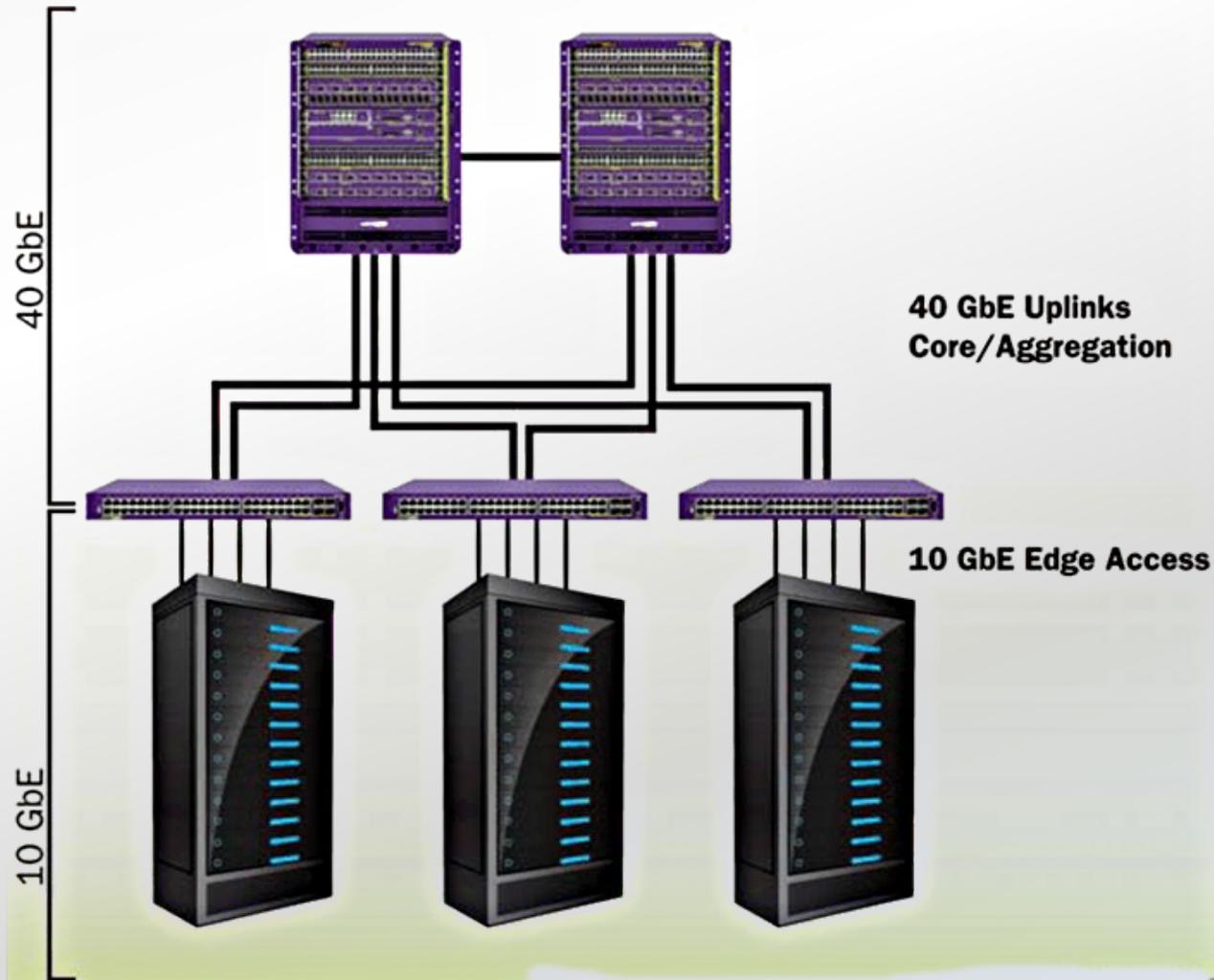
Ethernet 40G.

Физическая среда

Среда	Расстояние	Форм-фактор	Среда передачи
Шина (Backplane)			
40Gbase-KR4	По крайней мере 1м	Полосковая линия на печатной плате с импедансом 100 Ом при длине <1м	4x Гб/сек
Медные провода			
40Gbase-CR4	По крайней мере 7м	Пассивный набор кабелей QSFP	4x10Гбит/сек, 8 дифференциальных пар коаксиальных кабелей
Волокно			
40Gbase-SR4	По крайней мере 100м	Оптический модуль QSFP с LC-разъемами Оптический модуль CFP с LC или SC-разъемами Активная оптическая волоконная сборка QSFP	4x10Гбит/сек на 8 параллельных ленточных волокон OM3 (850 нм)
40Gbase-LR4	10км	Разъемы	

Ethernet 100G.

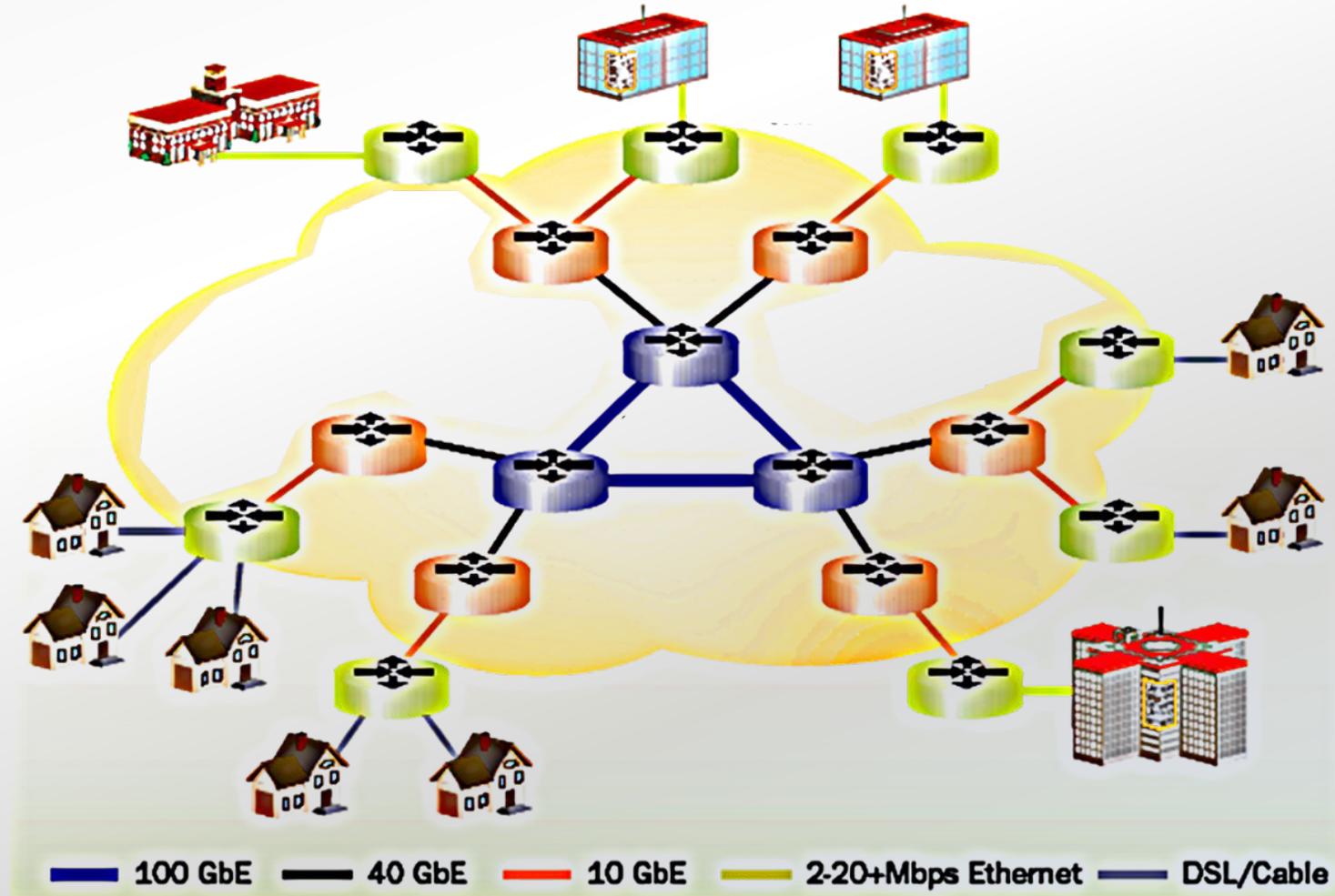
Сети 100GE также как и 40GE базируются на технологии 10GE. Создание скоростных каналов осуществляется мультиплексированием потоков 10GE. Это может осуществляться согласно схеме



Ethernet 100G.

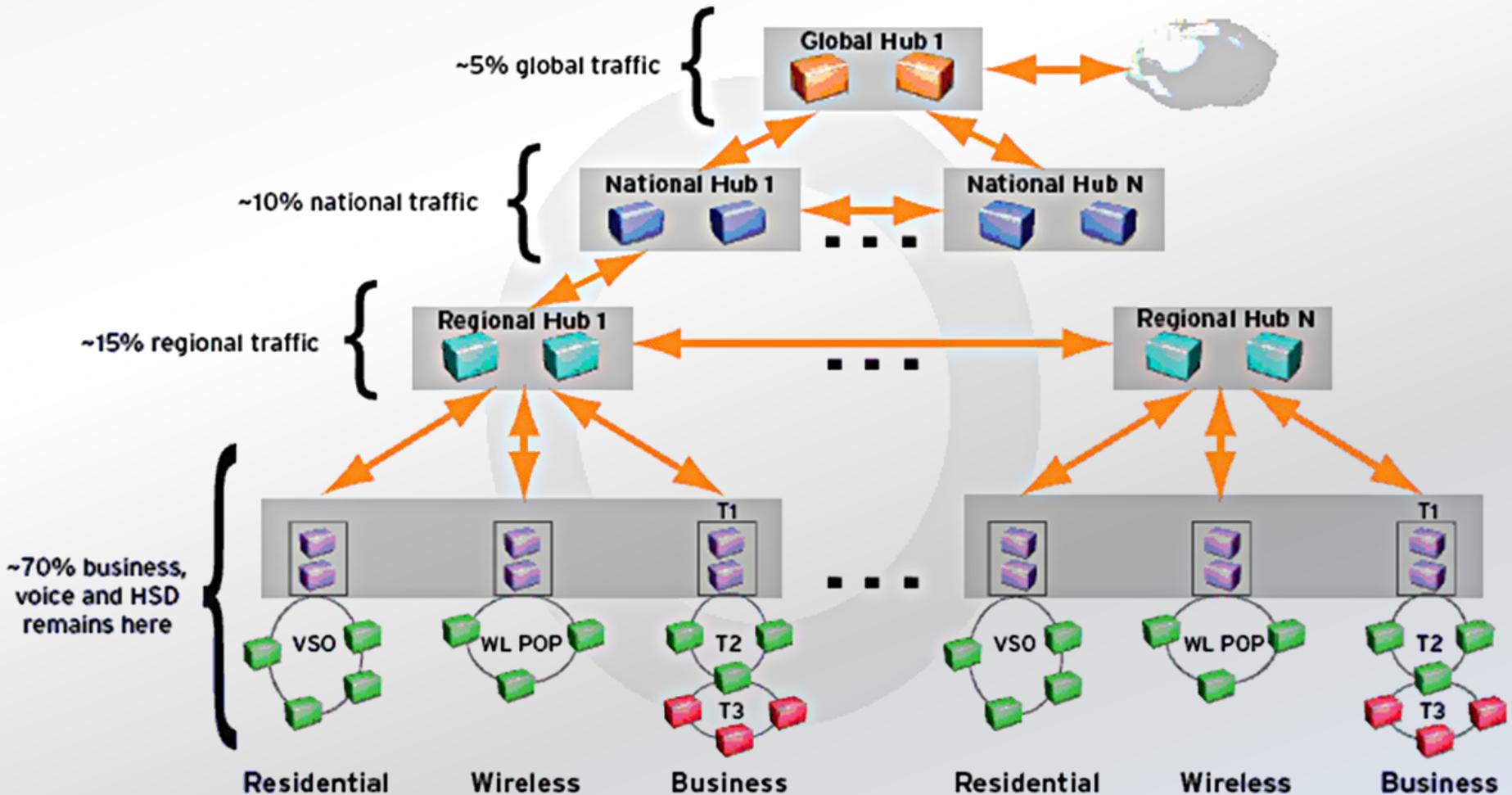
Схемы передачи больших потоков данных с опорной сетью 100GE

Массовое внедрение IPTV, пересылка цифровых фотографий высокого разрешения и видео по запросу, а также облачные вычисления потребуют в самом ближайшем будущем дальнейшего увеличения полосы пропускания сетей.



Ethernet 100G.

Многоуровневая архитектура сетей 100GE

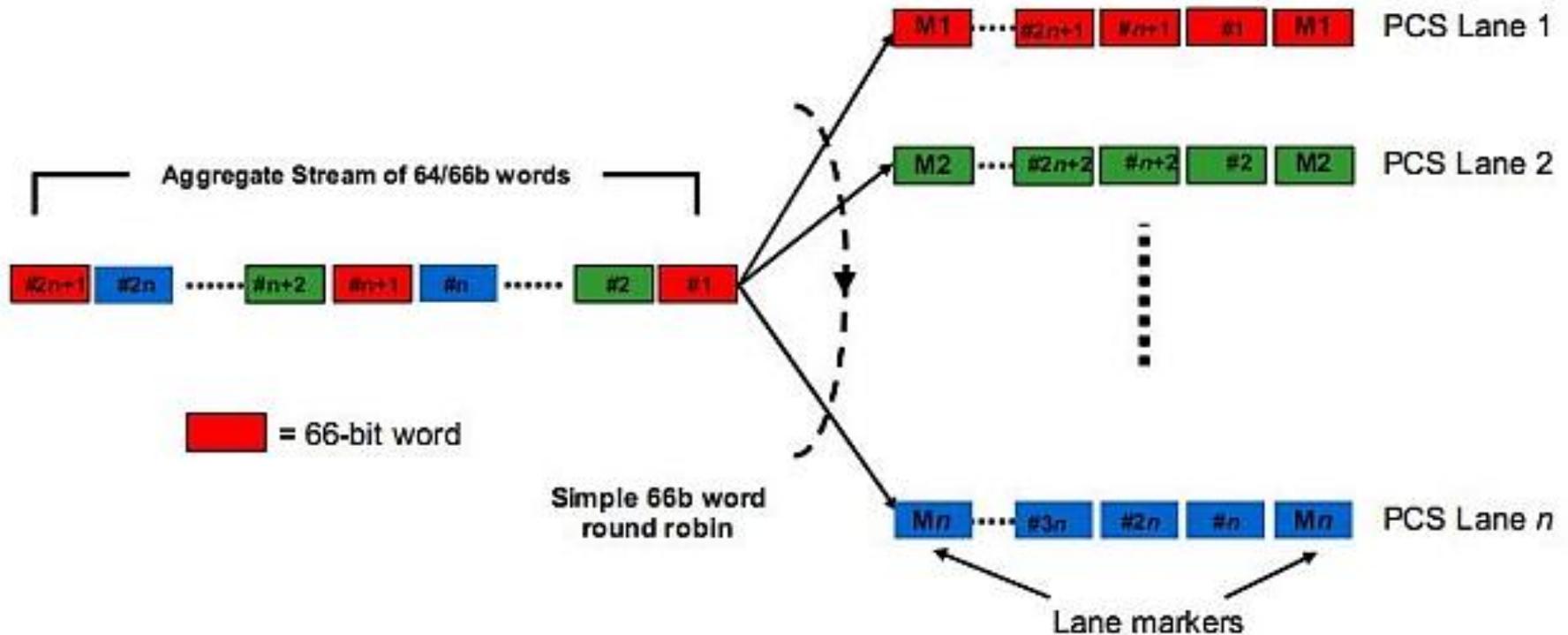


Ethernet 100G.

Потоки слов в сети 100GE (100GBASE-R)

Архитектура 100GE базируется на технологии 10GE (IEEE P802.3ba). Эта техника на физическом уровне совместима с 40GE и 100GE. Физический субуровень кодирования использует схему 64В/66В, где каждое 66-битное слово переадресуется карусельным образом в индивидуальные потоки.

Тактовая частота синхронизации для 40GE составляет 625 МГц, а для 100GE - 1,5625 ГГц.



Ethernet 100G.

Физическая среда 100GE

PCS (Physical Coding Sublayer), отвечает за кодирование и скремблирование битового потока при передаче и обратные действия при приеме. Используется та же схема кодирования, что и в 10G — 64B/66B (66 бит линейного кода на 64 бита данных). Для реализации высоких скоростей была разработана специальная MLD методика (Multilane Distribution), суть которой заключается в round-robin чередовании 66-битных блоков данных по нескольким полосам («lane»). Преимуществом этой методики является её полная реализуемость на CMOS, что позволит в итоге максимально снять нагрузку по обработке битового потока с электроники, встроенной в оптический интерфейс, а это упростит его функциональность (повысит надежность) и заметно снизит стоимость.

Периодическая вставка маркеров в поток битов позволяет на принимающей стороне компенсировать возможные сдвиги битовых групп и полностью восстановить начальный агрегатный сигнал.

PMA обеспечивает преобразование кодовых групп в последовательный сигнал (serialize) и обратный процесс (deserialize). Конкретная реализация PMA зависит от подуровня PMD, т.е., по сути, от типа среды и передатчика. Ну и, наконец, PMD отвечает за передачу последовательности битов в физическую среду через MDI (Media Dependent Interface).

Ethernet 100G.

Физическая среда 100GE

При разработке PHY-части стандарта ставились цели:

Сохранить формат кадров Ethernet стандарта 802.3, использующих формат 802.3 MAC

Сохранить минимальные и максимальные размеры кадра (FrameSize), совпадающие с текущей редакцией стандарта 802.3

Обеспечить в точке сопряжения MAC/PLS уровень ошибок ([en:Bit error ratio](#)) не выше (то есть не более 1 ошибки в среднем на каждые бит)

Обеспечение соответствующей поддержки Оптических Транспортных Сетей (англ. *Optical Transport Network, OTN*)

Скорость передачи данных на уровне MAC в 40 и 100 гигабит в секунду

Разработка вариантов уровня PHY для работы через одномодовое оптическое волокно (SMF), многомодовое оптическое волокно OM3 (MMF), кабели с медными проводниками и через объединительные платы (backplane).

Ethernet 100G.

Физическая среда 100GE

Стандартизованы следующие варианты PHY:

	40 Gigabit Ethernet	100 Gigabit Ethernet
At least 1m backplane	40GBASE-KR4	
At least 10m copper cable	40GBASE-CR4	100GBASE-CR10
At least 100m OM3 MMF	40GBASE-SR4	100GBASE-SR10
At least 10km SMF	40GBASE-LR4	100GBASE-LR4
At least 40km SMF		100GBASE-ER4

Задача передачи 40 и 100 Гбит/с сигнала по оптическому кабелю OM3 на 100 м (40GBASE-SR4 и 100GBASE-SR10) была решена с использованием волн около 850 нм, сходной с таковой в стандарте 10GBASE-SR.

Передача сигнала со скоростью 40 Гбит/с по печатным платам на расстояния до 10 м (40GBASE-KR4) реализуется использованием 4 линий стандарта 10GBASE-KR. Работа на расстояниях 10 и 40 км реализуется с использованием 4х разных длин волн (около 1310 нм) и используют оптические элементы со скоростью передачи данных 25 Гбит/с (для 100GBASE-LR4 и 100GBASE-ER4) и 10 Гбит/с (для 40GBASE-LR4).

Технология беспроводных сетей. Сети IEEE 802.11

Эти сети удобны для подвижных средств в первую очередь, но находят применение и в других областях (динамичные сети фирм, больницы и т.д.). Наиболее перспективным представляется проект IEEE 802.11, который должен играть для радиосетей такую же интегрирующую роль как 802.3 для сетей Ethernet и 802.5 для Token Ring. В протоколе 802.11 используется алгоритм доступа и подавления столкновений, похожий на 802.3, но здесь вместо соединительного кабеля используются радиоволны



Технология беспроводных сетей.

Сети IEEE 802.11

- Стандарт 802.11 предполагает работу на частоте 2.4-2.4835 ГГц при использовании 4FSK/2FSK FHSS и DSSS-модуляции (Direct Sequence Spread Spectrum), мощность передатчика 10мВт-1Вт.
- В данном частотном диапазоне определено 79 каналов с полосой 1 Мбит/с каждый. Максимальная пропускная способность сети составляет 2 Мбит/с (в условии малых шумов).
- Первая локальная сеть 802.11а использовала метод OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

Существует несколько модификаций стандарта и соответствующих регламентирующих документов:

802.11D - Additional Regulatory Domains

802.11E - Quality of Service

802.11F - Inter-Access Point Protocol (IAPP)

802.11G - High data rates at 2.4 GHz

802.11H - Dynamic Channel Selection and Transmission Power Control

802.11i - Authentication and Security

Сети IEEE 802.11

Существуют каналы, работающие в инфракрасном диапазоне длин волн (850 или 950 нм). Здесь возможны две скорости передачи 1 и 2 Мбит/с. При скорости 1 Мбит/с используется схема кодирования с группированием четырех бит в 16-битовое кодовое слово, содержащее 15 нулей и одну 1 (код Грея). При передаче со скоростью 2 Мбит/с 2 бита преобразуются в 4-битовый код, содержащий лишь одну 1 (0001, 0010, 0100 и 1000).

DSSS в 802.11 используют DBPSK (Differential Binary Phase Shift Keying) для 1 Мбит/с и DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying) для 2 Мбит/с, а высокоскоростное DSSS (DSSS/HR применяемое в IEEE 802.11b) использует схему модуляции ССК (Complementary Code Keying), которая допускает скорости передачи 5,5 и 11 Мбит/с. В случае DSSS каждый бит передается в виде 11 элементарных сигналов, которые называются последовательностью Баркера.

Все эти три вида модуляции могут сосуществовать. В протоколе предусмотрена коррекция ошибок FEC.

Сети IEEE 802.11

IEEE 802.11a специфицирует систему кодирования OFDM скорости передачи 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 и 54 Мбит/с. Модификации IEEE 802.11b (WiFi - Wireless Fidelity) может обеспечить скорость 1, 2, 5,5 и 11 Мбит/с (модуляция DSSS). Здесь применен алгоритм доступа к сетевой среде CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance).

Для стандарта IEEE 802.11b доступно 11-14 радиоканалов в частотном диапазоне 2,4 ГГц. Здесь все зависит от местных регламентаций и ограничений. Возможно использование всенаправленных и узконаправленных антенн (последние для стационарных соединений точка-точка). Всенаправленная антенная система гарантирует связь для расстояний до 45 метров, а узконаправленная - до 45 км. При скорости 1 Мбит/с расстояние надежной связи может достигать нескольких сот метров. Предельно возможная скорость обмена определяется автоматически. Одновременно может обслуживаться до 50 клиентов.

Важной особенностью является возможность работы с мобильными клиентами. Улучшенная версия 802.11b называется 802.11g. Этот стандарт принят в 2001 году, в нем применяется метод модуляции OFDM. Теоретически максимальная скорость передачи составляет 54 Мбит/с.

Сети IEEE 802.11

Топологически локальная сеть IEEE 802.11b строится вокруг базовой, через которую производится связь с Интернет. Но возможны схемы с несколькими базовыми станциями. В этом случае используется протокол STP (Spanning-Tree Protocol), чтобы исключить возможность формирования циклических структур. Базовые станции могут работать на одних и тех же или на разных частотных диапазонах.

Для организации совместной работы базовых станций используются сигнальные кадры (beacon), которые служат для целей синхронизации.



Сети IEEE 802.11. Формат кадра

Стандарт 802.11 использует три класса кадров, транспортируемых через канал: информационные, служебные и управляющие.

Формат информационного кадра:



Сети IEEE 802.11. Формат кадра.

Двухоктетное поле управления кадра имеет 11 субполей. Субполе версия протокола позволяет двум протоколам работать в пределах одной ячейки. Поле тип задает разновидность кадра (информационный, служебный или управляющий), а субтип (RTS, CTS или ACK). Биты к DS и от DS указывают на направление транспортировки кадра: к межсетевой системе (например, Ethernet()) или от нее. Бит MF указывает на то, что далее следует еще один фрагмент. Бит повтор отмечает повторно посылаемый фрагмент. Бит управление питанием используется базовой станцией для переключения в режим пониженного энергопотребления или для выхода из этого режима. Бит продолжение говорит о том, что у отправителя имеются еще кадры для пересылки. Бит W является указателем использования шифрования в теле кадра согласно алгоритму WEP (Wired Equivalent Protocol). Однобитовое поле O сообщает приемнику, что кадры с этим битом (=1) должны обрабатываться строго по порядку.

Сети IEEE 802.11. Формат кадра.

Поле длительность задает время передачи кадра и его подтверждение. Это поле может присутствовать в служебных кадрах. Именно с учетом этого поля станции выставляют признаки NAV. Заголовок содержит четыре адреса. Это адрес отправителя и получателя, а также адреса ячейки отправителя и места назначения. Поле номер служит для нумерации фрагментов. Из 16 бит номера 12 идентифицируют кадр, а 4 - фрагмент. Управляющие кадры имеют сходный формат, только там отсутствуют поля базовых станций, так как эти кадры не покидают пределов сотовой ячейки. В служебных кадрах отсутствуют поля данные и номер, ключевым здесь является содержимое поля субтип (RTS, CTS или ACK).

Для обеспечения безопасности (ведь к такой сети достаточно легко подключиться) используются алгоритм WEP (Wired Equivalent Privacy). Длина ключа 40 или 104 разряда.

Сети IEEE 802.11. Сервис.

Стандарт 802.11 требует, чтобы все совместимые беспроводные ЛВС предоставляли девять типов сервисов. Первые пять относятся к услугам распределения и предоставляются базовой станцией, остальные четыре являются стационарными.

Ассоциация. Этот вид сервиса используется мобильными станциями для подключения к базовым станциям (БС). Осуществляется это при вхождении станции в зону действия БС. Мобильная станция передает идентификационную информацию и данные о своих возможностях. БС может принять или отвергнуть мобильную станцию.

Диссоциация. По инициативе мобильной или базовой станций может быть осуществлен разрыв ассоциации. Это происходит при выключении станции или уходе из зоны действия БС. Инициатором этой операции может быть и БС.

Реассоциация. Операция служит для смены станцией базовой станции. Это происходит при переходе из одной сотовой ячейки в другую.

Распределение. Этот вид сервиса служит для маршрутизации кадров, посылаемых базовой станции. Если адрес места назначения является локальным, то кадры передаются непосредственно, в противном случае их надо передать по проводной сети.

Сети IEEE 802.11. Сервис.

Интеграция. Если кадр передается через сеть, не следующую стандарту 802.11 и применяющую другую схему адресации и формат кадров, то данный вид сервиса осуществляет трансляцию форматов.

Остальные четыре вида услуг являются внутренними сервисами сотовой ячейки и предоставляются после осуществления ассоциации. В перечень этих сервисов входят:

Идентификация. Этот сервис служит для определения прав доступа станции к ресурсам сотовой ячейки.

Деидентификация. При уходе из сети станция должна выполнить деидентификацию.

Конфиденциальность. Данный сервис служит для шифрования передаваемых конфиденциальных данных. Применяется алгоритм RC4.

Доставка данных. Пересылка, также как и в Ethernet не является гарантированной. Выявлять и исправлять ошибки должны верхние уровни.