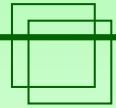
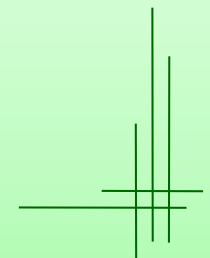


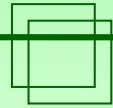
Сети ЭВМ и телекоммуникации



**Ethernet,
CSMA/CD,
LLC,
VLAN**



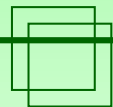
Ethernet



Литература по данной лекции:

- <http://www.citforum.ru/nets/protocols2/default.htm> (Н.Олифер, В.Олифер. Базовые технологии локальных сетей)
- Internetworking Technology Handbook (Cisco Systems)
- <http://www.tt.ru/?do=stech2&id=15>
- <http://www.tt.ru/?do=stech2&id=17>
- http://www.cisco.com/warp/public/cc/techno/media/lan/gig/tech/gigbt_tc.htm
- http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-97/ftp/gigabit_ethernet/
- <http://www.10gea.org/>

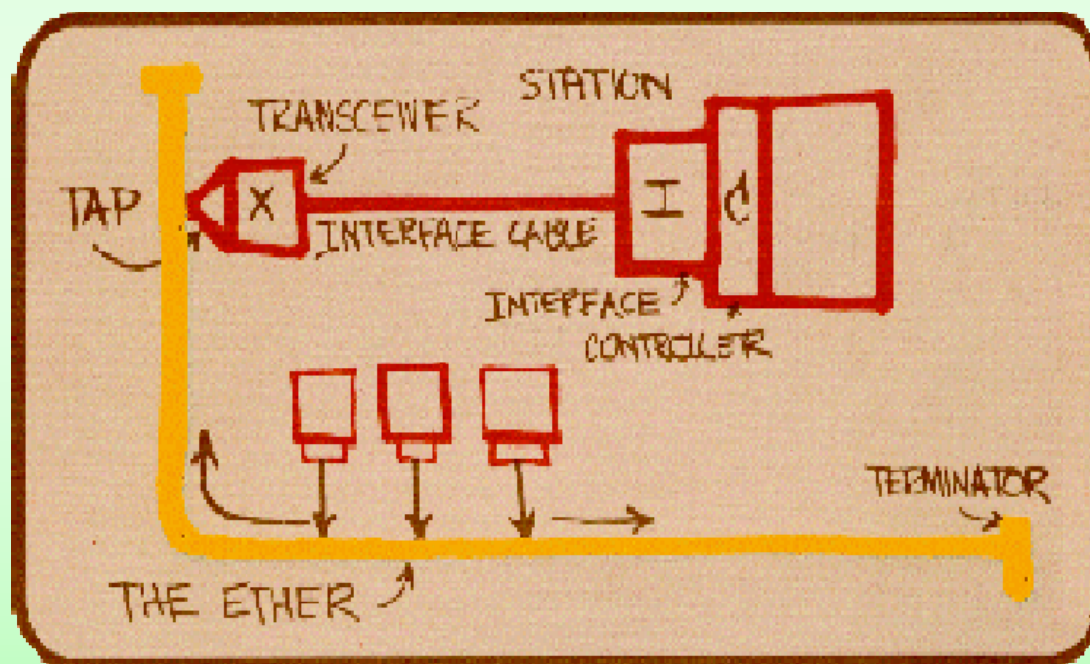
История создания Ethernet



В 1973 году Роберт Меткалф и Давид Боггс (R. Metcalfe, D. Boggs) сотрудники лаборатории Херох в Пало-Альто разработали Ethernet, как сеть передачи информации между первыми графическими РС. Скорость передачи - 2.94 Мбит/с. По аналогии с законом Мура (Gordon Moore, сооснователь Intel), Р.Меткалф предсказал экспоненциальный рост сетей.

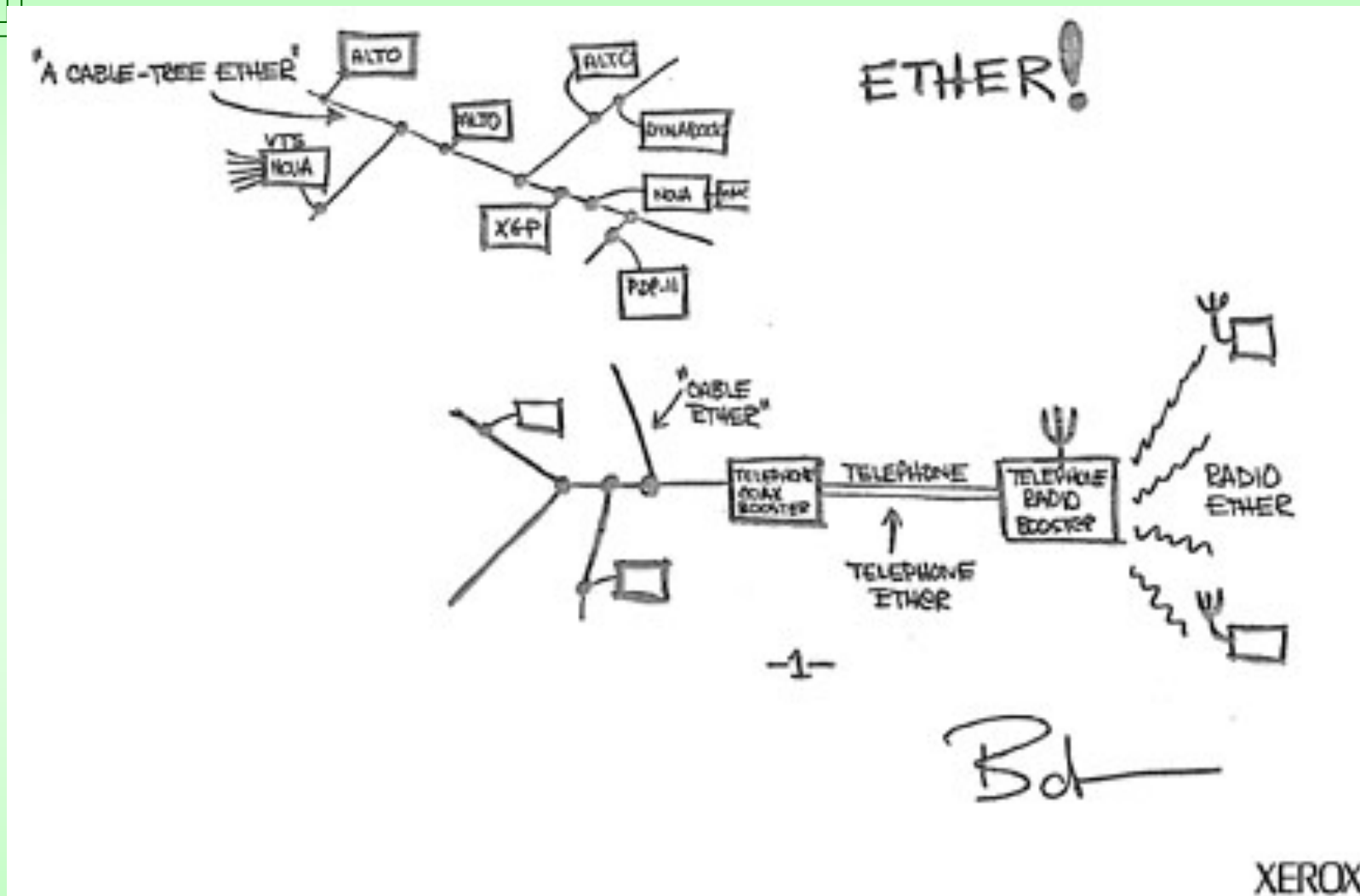


Р.Меткалф



Эскиз технологии Ethernet (Р.Меткалф)

История создания Ethernet

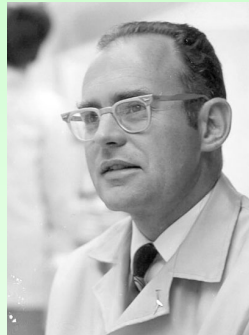
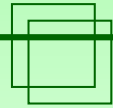


Эскиз технологии Ethernet (Р.Меткалф)

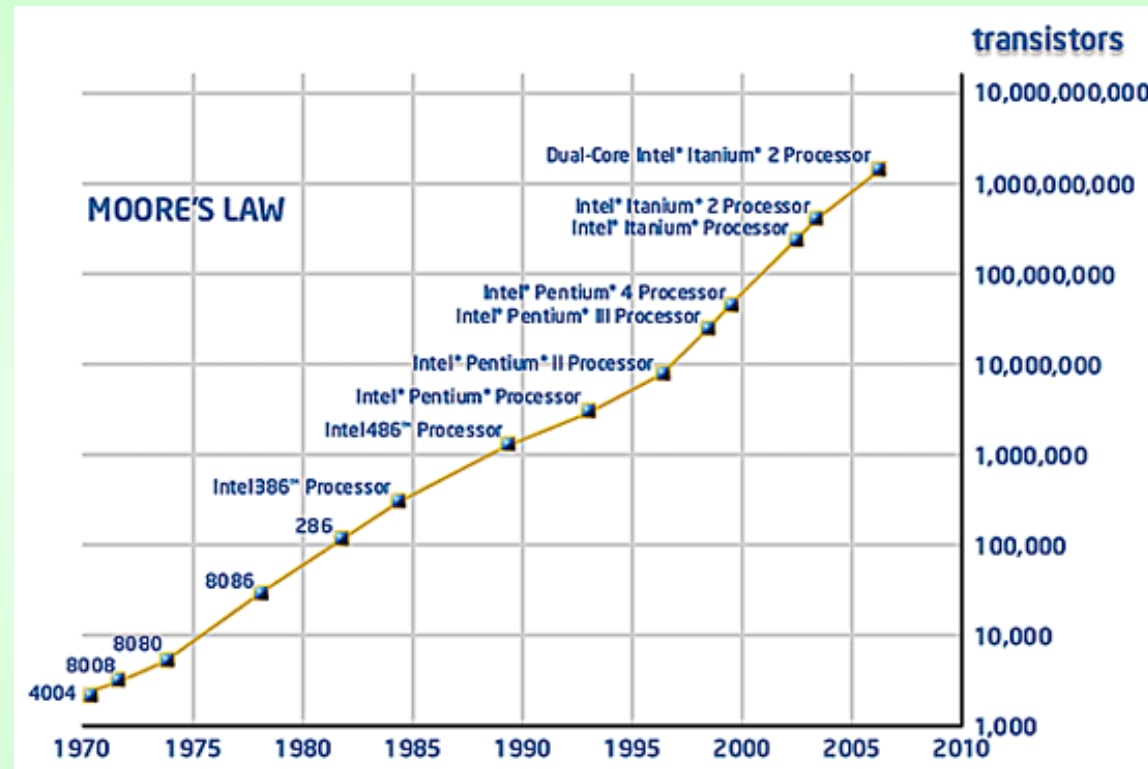
Источник: <http://www1.chapman.edu/soe/faculty/piper/teachtech/history.htm>

4/53

История развития сетей



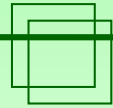
Gordon Moore



Закон Мура (Moore's Law) был опубликован 19 апреля 1965 в "Electronics Magazine".

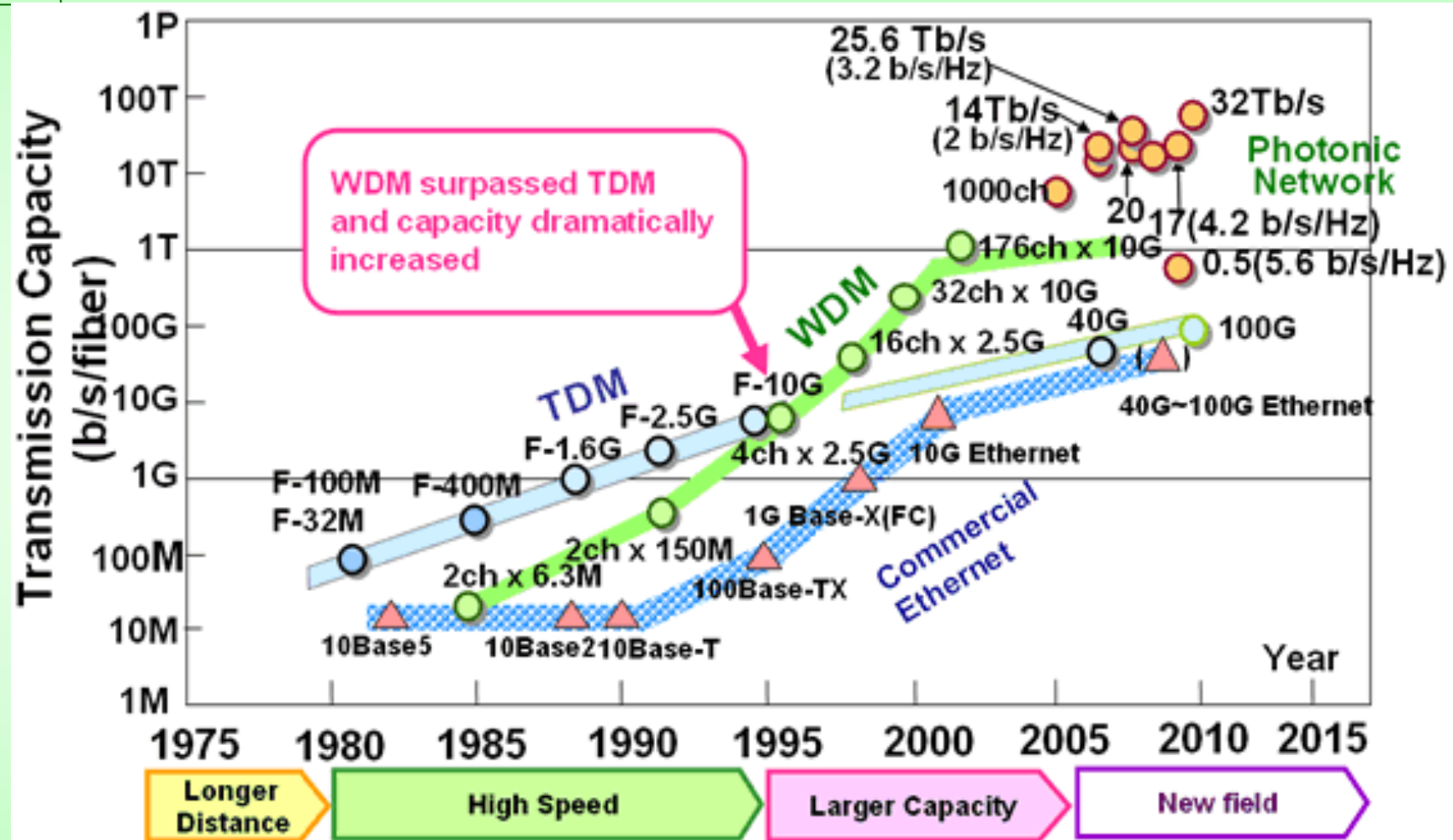
<http://panik12mam.blogspot.ru/2012/10/gordon-moore-gordon-earle-moore-or.html>

Скорости Ethernet



- 10 Мбит/с — Ethernet (10Base)
- 100 Мбит/с — Fast Ethernet (100Base)
- 1000 Мбит/с — Gigabit Ethernet (1000Base)
- 10 Гбит/с — 10 Gigabit Ethernet (10GE)
- 40/100 Гбит/сек — 40/100 Higher Speed Gigabit Ethernet (HSE)
- 200/400-гигабитный Ethernet (200/400GbE) в разработке
- 1 Тбит/с - терабитный Ethernet (TbE) — разработка начнется не ранее 2020-х годов
- и т.д.?

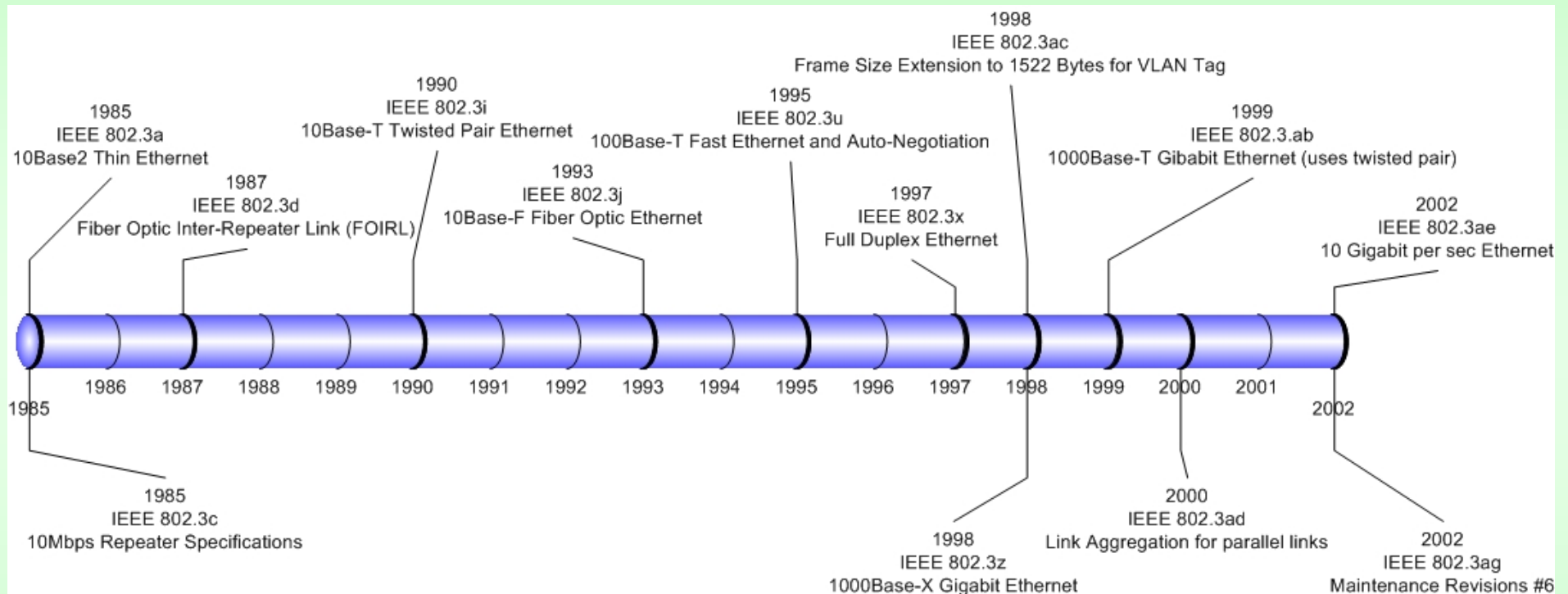
История развития Ethernet



<http://www.fujitsu.com/global/services/telecom/technology/evolution/>

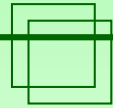
7/53

История развития Ethernet



Источник: http://www.dcs.gla.ac.uk/~bryce/Ethernet/IEEE_802.3_Extensions.htm

Три функции физического уровня



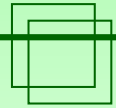
Три фундаментальных функции Физического уровня:

Физические компоненты - электронные устройства, носители и коннекторы, которые передают и переносят сигналы для представления битов.

Кодирование - методы преобразования потока битов данных в predetermined код. Коды являются группировками битов, используемых, чтобы обеспечить предсказуемый шаблон, который может быть распознан и отправителем и получателем. Использование предсказуемых шаблонов помогает отличать биты данных от управляющих битов, битов начала и конца фрейма и обеспечить лучшее обнаружение ошибок носителей.

Передача сигналов - физический уровень должен генерировать электрические, оптические или радиосигналы, которые представляют "1" и "0" на носителях. Метод представления битов называют сигнальным методом. Стандарты Физического уровня должны определить, какой сигнал представляет "1" и "0". Он может быть столь же простым как изменение в уровне электрического сигнала или оптического импульса, а может быть и более сложным сигнальным методом.

Характеристики Ethernet

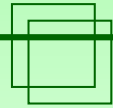


Ethernet – технология (сетевая архитектура) локальных вычислительных сетей, описанная стандартами физического и канального уровней модели OSI/RM. Скорость передачи данных – 10 Мбит/с, 100 Мбит/с (Fast Ethernet), 1 Гбит/с (Gigabit Ethernet), 10 Гбит/с (10 Gigabit Ethernet) и больше.

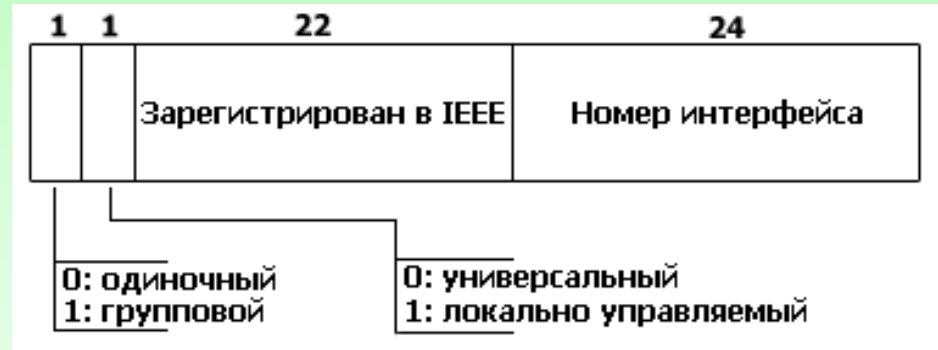
Внутри каждой спецификации существует еще несколько подвидов (например, 100Base-TX, 100Base-FX для Fast Ethernet), характеризующихся разными видами подключения к среде передачи (оптоволокно, витая пара, коаксиальный кабель), а также методами кодирования сигнала и включением/выключением тех или иных коммуникационных опций.

Разные технологии и опции приводят к различиям в формате заголовков соответствующих кадров Ethernet.

Типы MAC адресов



На канальном уровне все устройства имеют свой адрес, обычно определенный аппаратно. В технологии Ethernet в качестве этого адреса используется 6-байтовый идентификатор **MAC** (medium access control, например, 00:00:C0:5E:83:0E). Различают следующие **MAC**-адреса:



http://en.wikipedia.org/wiki/MAC_address

■ Unicast - уникальный

Каждое терминальное коммуникационное устройство, как правило, имеет уникальный адрес канального уровня. Первый бит шестибайтовой последовательности всегда 0.

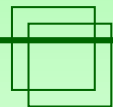
■ Multicast – групповой рассылки

Такой адрес идентифицирует станции, выделенные в группу администратором. Первый бит - 1, остальные любые, кроме всех 1. Не может быть адресом отправителя SA.

■ Broadcast - широковещательный

Все биты адреса выставляются в 1, т.е. адреса выглядит FF-FF-FF-FF-FF-FF. Кадр с таким адресом предназначен для всех станций в сети.

Характеристики Ethernet 10Mbps

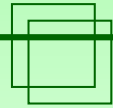


Среда передачи: экранированная и неэкранированная витая пара, оптоволокно, радиоволны.

Кодирование на физическом уровне (для 10Мбит/с): манчестерский код (униполярный сигнал), повышение среднего напряжения в линии в случае коллизий отлавливается аппаратурой.

Характеристики: широковещательная система, станция может начать передачу в любой момент, конкуренция за среду передачи.

CSMA/CD



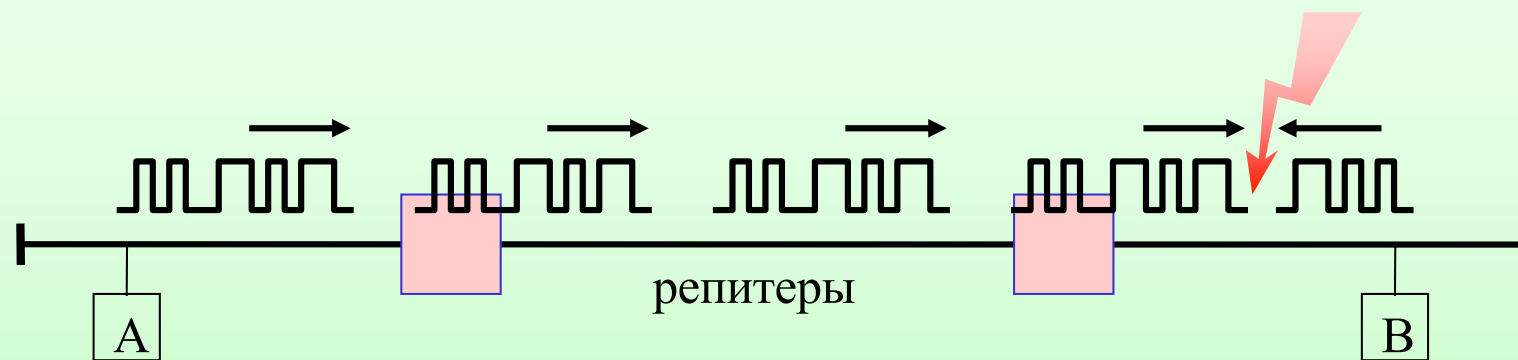
Метод доступа к среде передачи - множественный доступ с контролем несущей и обнаружением конфликтов **CSMA/CD**.

CS (carrier sense) - постоянная проверка среды передачи (idle, busy).

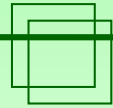
MA (multiple access) - если среда свободна, любая станция может начать передачу.

CD (collision detect) - обнаружение коллизий.

CSMA/CD работает только при включении полудуплексного режима.



CSMA/CD



При обнаружении коллизии станция выдает в среду передачи специальный сигнал, называемый jam-последовательностью, облегчающий обнаружение коллизии другими станциями. Обычно jam-последовательность выдается с нарушением схемы физического кодирования.

После обнаружения коллизии каждый узел, который передавал кадр и столкнулся с коллизией, после некоторой задержки пытается повторно передать свой кадр.

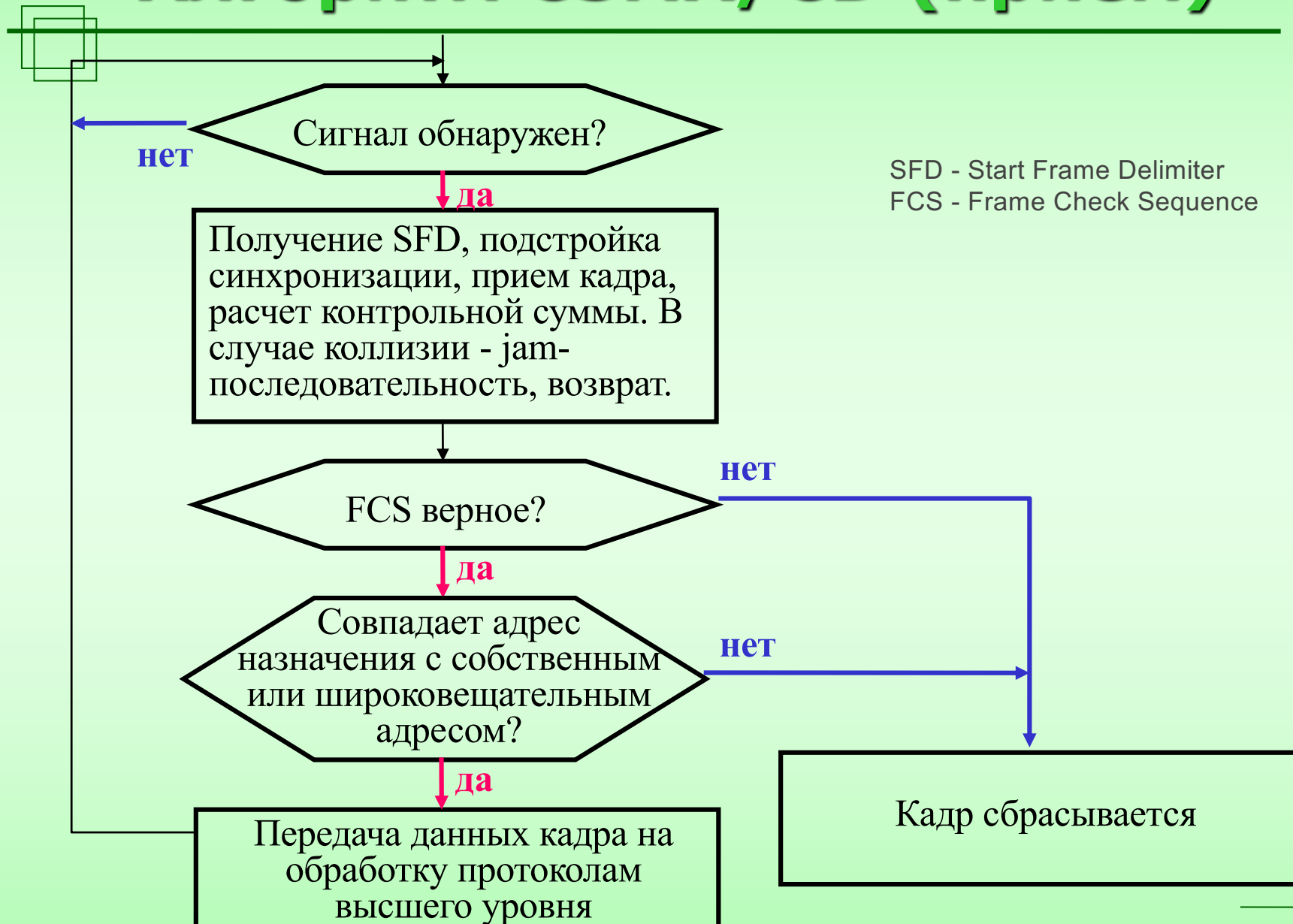
Длина кабельной системы выбирается таким образом, чтобы за время передачи кадра минимальной длины сигнал коллизии успел бы распространиться до самого дальнего узла сети.

Между двумя последовательно передаваемыми по общей шине кадрами информации должна выдерживаться пауза в 96 тактов (9.6 мкс для скорости 10 Мбит/сек); эта пауза нужна для приведения в исходное состояние сетевых адаптеров узлов, а также для предотвращения монопольного захвата среды передачи данных одной станцией.

Алгоритм CSMA/CD (передача)



Алгоритм CSMA/CD (прием)



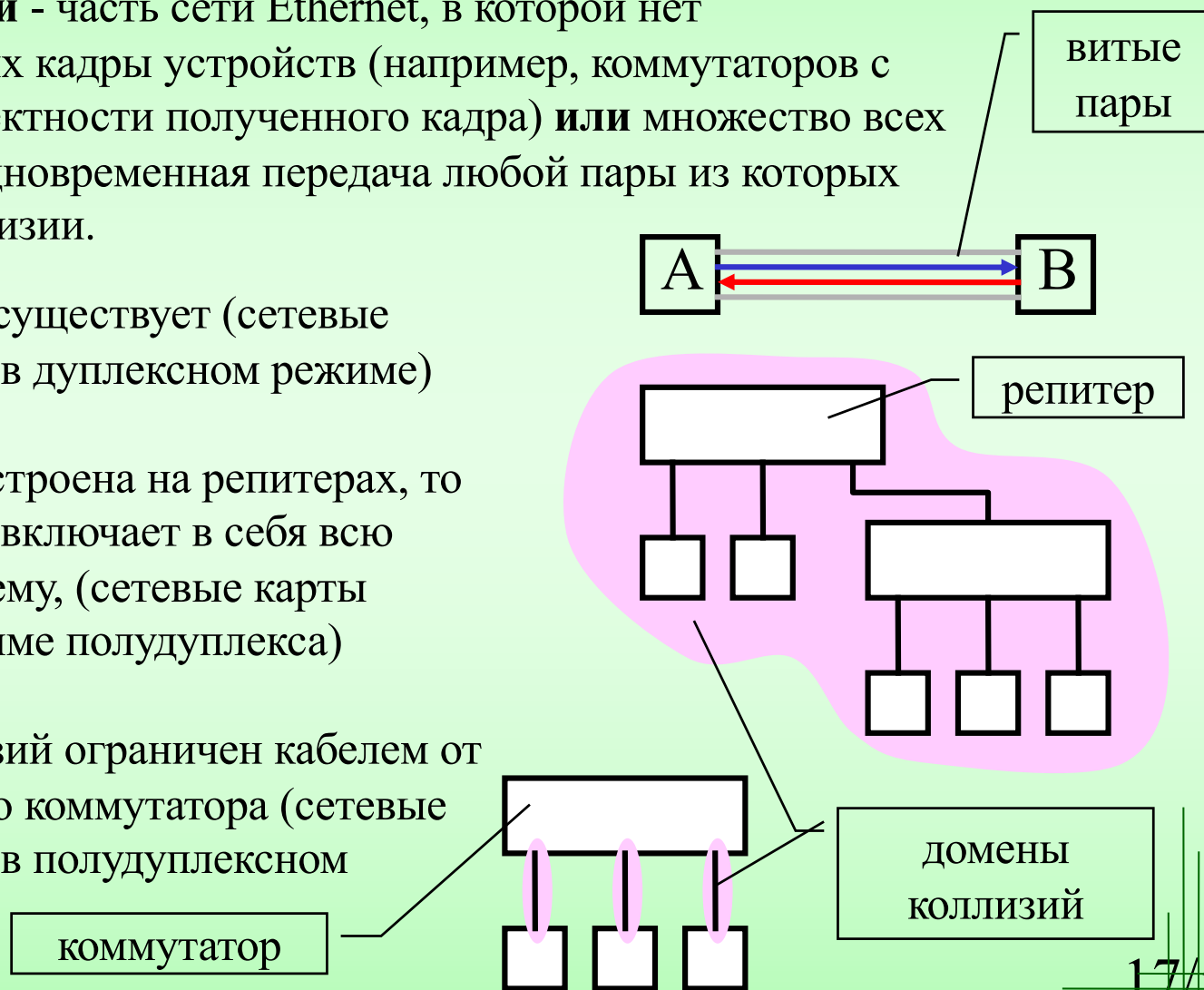
Домены коллизий

Домен коллизий - часть сети Ethernet, в которой нет буферизирующих кадры устройств (например, коммутаторов с проверкой корректности полученного кадра) **или** множество всех станций сети, одновременная передача любой пары из которых приводит к коллизии.

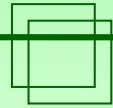
✗ Коллизий не существует (сетевые карты работают в дуплексном режиме)

💣 Если сеть построена на репитерах, то домен коллизий включает в себя всю кабельную систему, (сетевые карты работают в режиме полудуплекса)

💣 Домен коллизий ограничен кабелем от сетевой карты до коммутатора (сетевые карты работают в полудуплексном режиме)



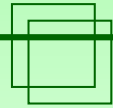
Полудуплекс Ethernet



Сравнительные характеристики Ethernet, Fast Ethernet и Gigabit Ethernet для полудуплексного режима передачи

Скорость передачи	10 Мбит/с	100 Мбит/с	1000 Мбит/с
Минимальный размер кадра	64 байта	64 байта	520 байт (с добавленным полем расширения)
Макс. длина кабеля	100 м. UTP	100 м. UTP 412 м. оптоволокно	100 м. UTP 316 м. оптоволокно

Формат кадров Ethernet



Существует несколько стандартов на формат кадров Ethernet. Современное программно-аппаратное оборудование поддерживает все типы кадров.

Распознавание типа кадра осуществляется автоматически.

Разные типы кадра имеют различный формат и значение MTU.

Кадр первоначального Ethernet Version I (больше не применяется).

Кадр Ethernet Version 2 или Ethernet-кадр II, ещё называемый DIX (разработчики DEC, Intel, Xerox) — наиболее распространен и по сей день.

Кадр Novell — внутренняя модификация IEEE 802.3 без LLC.

Кадр IEEE 802.3 LLC с поддержкой Logical Link Control.

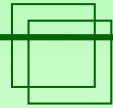
Кадр IEEE 802.3 LLC/SNAP - Sub-Area Access Protocol.

Кадр IEEE 802.12. Некоторые сетевые карты, производимые компанией Hewlett-Packard, использовали кадр, соответствующий стандарту 100VG-AnyLAN.

Кадр IEEE 802.1q. В качестве дополнения Ethernet-кадр может содержать тег IEEE 802.1Q для идентификации VLAN, к которой он адресован.

Кадр IEEE 802.1p. В качестве дополнения Ethernet-кадр может содержать тег IEEE 802.1p для указания приоритетности.

Формат кадров Ethernet



Кадр IEEE802.3

7+1 Pre+SFD	6 DA	6 SA	2 T L	0-1500 LLC data	<46 (Pad)	4 FCS
Преамбула +SFD	Адрес назначе ния	Адрес источни ка	Тип или длина кадра	Данные верхних уровней	Поле заполнения	Контрольная сумма

Pre - преамбула (7 байт 10101010) для синхронизации на приемной стороне

SFD - начальный ограничитель кадра (Starting Frame Delimiter, 10101011)

DA - адрес назначения (Destination Address, 6 байт - MAC адрес)

SA - адрес источника (Source Address, 6 байт - MAC адрес)

T - тип кадра, 2 байта (для кадра **Ethernet II**)

L - длина кадра, 2 байта (**устарело**)

LLC data - 0-1500 байт, информация с заголовками верхних уровней

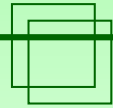
Pad - поле заполнения, если поле **LLC data** меньше 46 байт

FCS - контрольная сумма кадра (Frame Check Status, 4 байта, циклический избыточный код по всем полям, кроме Pre+SFD и FCS)

Общая длина кадра Ethernet - **64-1518** байт, длина заголовочной и трейлерной частей (без преамбулы) - 18 байт

20/53

Форматы кадров Ethernet



Если значение поля **Тип** > 1500 (0x05DC), то данный кадр - **Ethernet II**, а значение в этом поле указывает на протокол верхнего уровня. 0x0800 для IP, 0x0806 для ARP, 0x809B для AppleTalk, 0x0600 для XNS, и 0x8137 для IPX/SPX.

LLC data = LLC заголовок (3 байта: DSAP, SSAP, поле управления) + данные.

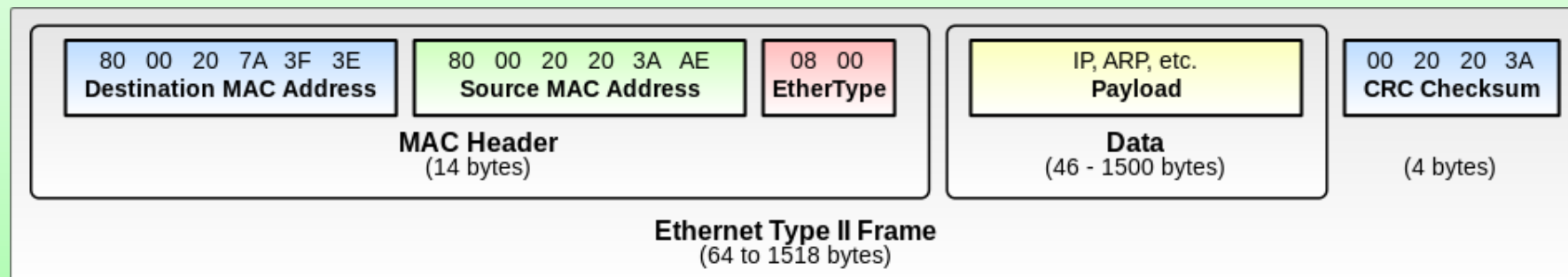
DSAP, SSAP - Destination (Source) Service Access Point - код службы на приемной и передающей сторонах.

Если **Длина** < 1500, то **(устарело!)**:

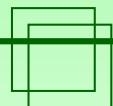
Если 2 байта (DSAP, SSAP) = 0xFFFF, то кадр - **Ethernet 802.3**;

Если 2 байта (DSAP, SSAP) = 0xAAAA, то **Ethernet SNAP**;

Иначе - кадр **Ethernet 802.2** (использовался фирмой Novell).



DNS (ping lab127.ru)



0000	00 0c ce ce 4e 4d 90 e6 ba 71 0b 8c 08 00 45 00	NM.. .q....E.
0010	00 37 07 03 00 00 80 11 68 85 ac 14 b0 3e c2 55	.7..... h....>.U
0020	ac 85 f7 25 00 35 00 23 de 74 19 31 01 00 00 01	...%.5.# .t.1....
0030	00 00 00 00 00 00 06 6c 61 62 31 32 37 02 72 75	1 ab127.ru
0040	00 00 01 00 01	

ПРИКЛАДНОЙ
ПРЕДСТАВИТ.
СЕАНСОВЫЙ
ТРАНСПОРТНЫЙ
СЕТЕВОЙ
КАНАЛЬНЫЙ
ФИЗИЧЕСКИЙ

00-0C-CE-CE-4E-4D

90-E6-BA-71-0B-8C

08-00

45-00

00-37

07-03-00-80

11

68-85

AC-14-B0-3E

C2-55-AC-85

D6-82

00-35

00-23-DE-74

19-31

01-00...00-01

MAC-адрес получателя

MAC-адрес отправителя

тип вложения: IP

версия IP, длина заголовков, сервис

длина IP датаграммы (55 байтов)

фрагментация, флаги, TTL

тип вложения: UDP

контрольная сумма

IP-адрес отправителя (172.20.176.62)

IP-адрес получателя (194.85.172.133)

UDP-порт отправителя (порт 54914)

UDP-порт назначения (порт 53 DNS)

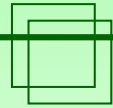
длина и контрольная сумма

ID и флаги

DNS-запрос на lab127.ru типа A

22/53

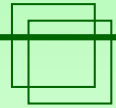
Типы процедур обмена данными



Три типа процедур обмена данными:

- 1. LLC 1** определяет обмен данными без предварительного установления соединения и без повторной передачи кадров в случае обнаружения ошибочной ситуации, то есть является процедурой дейтаграммного типа. Этот тип процедуры используется во всех практических реализациях Ethernet. Поле управления для этого типа процедур имеет значение 03, что определяет все кадры как нумерованные.
- 2. LLC 2** определяет режим обмена с установлением соединений, нумерацией кадров, управлением потоком кадров и повторной передачей ошибочных кадров. В локальных сетях Ethernet этот режим используется редко.
- 3. LLC 3** определяет режим передачи данных без установления соединения, но с получением подтверждения о доставке информационного кадра адресату. Только после этого может быть отправлен следующий информационный кадр.

Спецификации Ethernet



10Base-5 - коаксиальный кабель диаметром 0.5 дюйма, называемый "толстым" коаксиалом. Имеет волновое сопротивление 50 Ом.

Максимальная длина сегмента - 500 метров (без повторителей).

10Base-2 - коаксиальный кабель диаметром 0.25 дюйма, называемый "тонким" коаксиалом. Имеет волновое сопротивление 50 Ом.

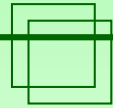
Максимальная длина сегмента - 185 метров (без повторителей).

10Base-T - кабель на основе неэкранированной витой пары (Unshielded Twisted Pair, UTP). Образует звездообразную физическую топологию с концентратором. Расстояние между концентратором и конечным узлом - не более 100 м. Передача и прием ведется по двум парам из четырех.

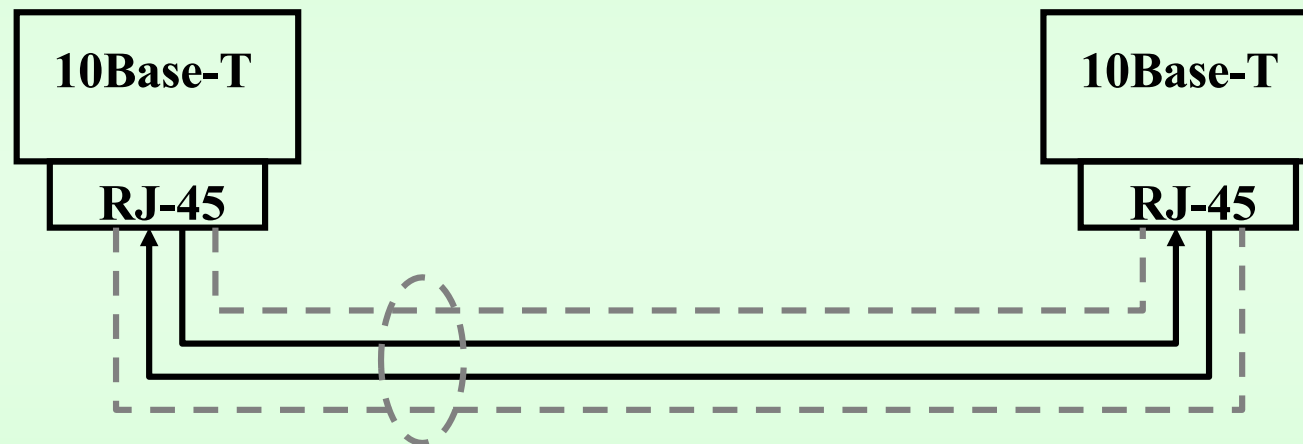
10Base-F - оптоволоконный кабель. Топология аналогична стандарту на витой паре. Имеется несколько вариантов этой спецификации - FOIRL, 10Base-FL, 10Base-FB.

Для всех стандартов Ethernet 10 логическая топология - **шина** (если сеть построена не на коммутаторах).

Ethernet 10Base-T

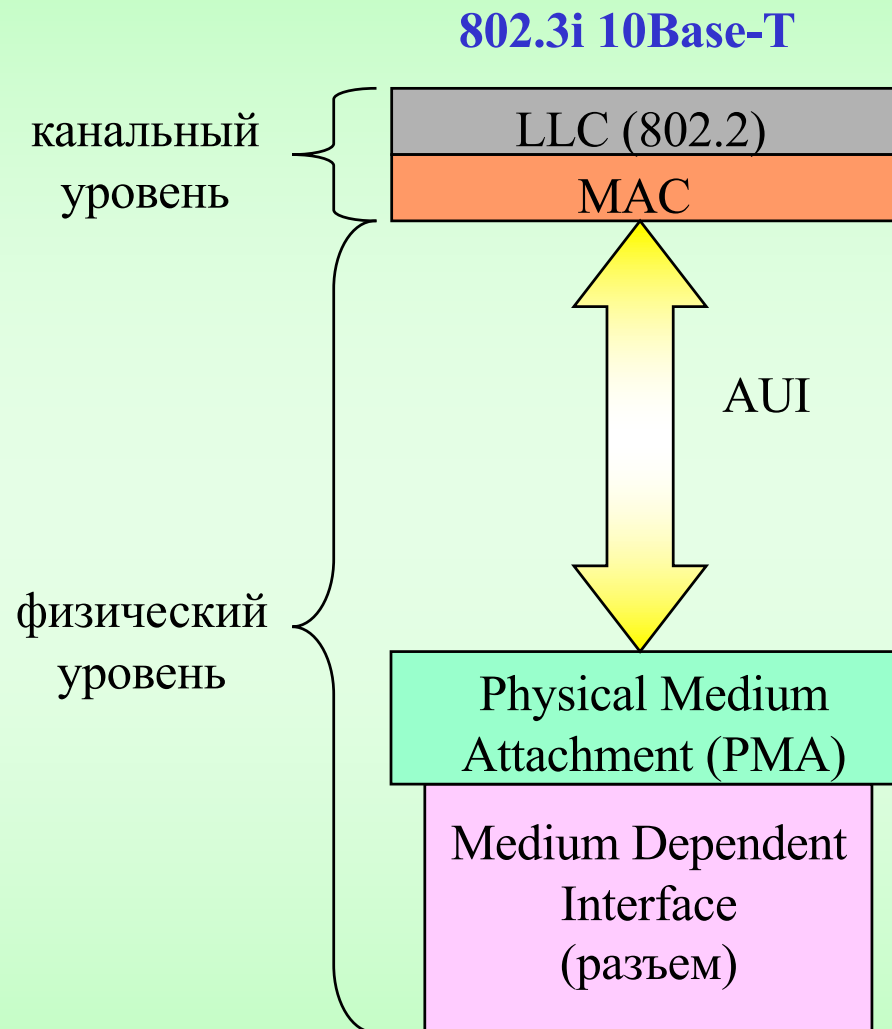


10Base-T может поддерживать как дуплексную, так и полудуплексную передачу, поскольку передача ведется по двум симплексным витым парам с использованием разъема RJ-45.

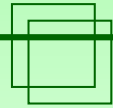


Четырех-парный кабель UTP 3 и 5 категории.
Используется только две однонаправленных пары.

Стек Ethernet



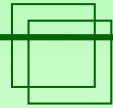
Fast Ethernet (100 Mbps)



В мае 1995 года комитет IEEE принял спецификацию Fast Ethernet в качестве стандарта 802.3u. Отличия FE от E обусловлены не только использованием различных вариантов кабельных систем и электрических параметров импульсов, как это сделано в технологии 10 Мб/с Ethernet, но и способом кодирования сигналов и количеством используемых в кабеле проводников.

Спецификации Ethernet	Скорость передачи, baud	Кодирование	Кабельная система	Возможность работы в дуплексном режиме
10Base-T	10 Mbd	Manchester II	2 пары UTP 3 кат.	+
100Base-TX	125 Mbd	4B/5B, MLT-3	2 пары UTP 5 кат., STP 1	+
100Base-FX	125 Mbd	4B/5B, NRZI	ОПТОВОЛОКНО	+

Физический уровень 100Base-FX



Многомодовое оптоволокно.

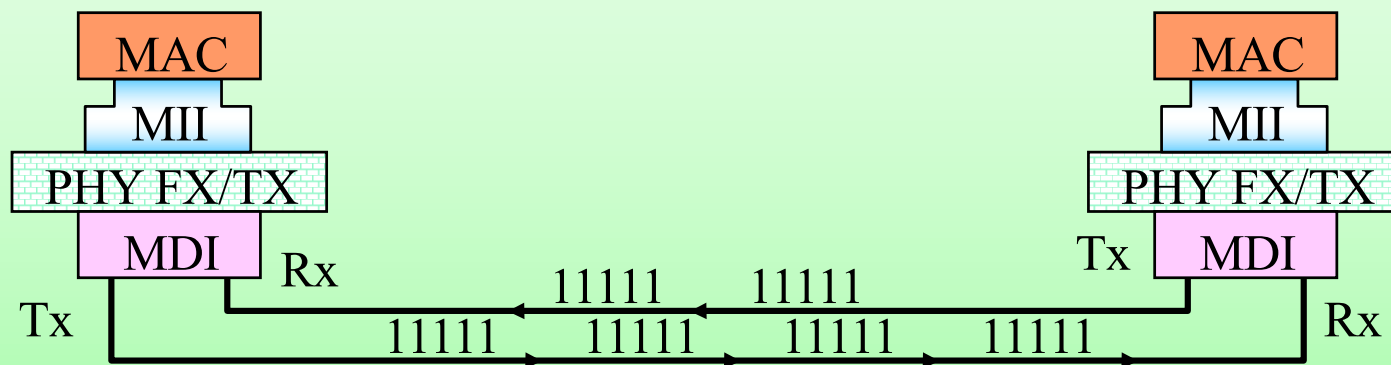
Прием данных в параллельной форме от MAC-подуровня, трансляция их в один поток бит (TX или FX) и передача их через разъем в кабель и наоборот на приемной стороне.

PHY FX == PCS (4b/5b), PMA, PMD. PHY FX и TX похожи.

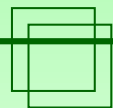
4b/5b: физ. кодирование - NRZI, сл. для того, чтобы избавиться от длинных последовательностей 0 применяют логического кодирование - 4b/5b.

Из 32 комбинаций 5 бит используется 16, остальные - под служебные.

Схема непрерывного обмена информацией. В отличие от 10BaseT, незанятая сеть наполнена символами Idle (1111) - поддерживается синхронизм и проверяется целостность сети. Есть запрещенные комбинации, сл. повышается устойчивость сети за счет отбрасывания таких символов.



Кадр Fast Ethernet

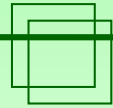


Idle	JK	Pre+SFD	DA	SA	L	data	CRC	T	Idle
------	----	---------	----	----	---	------	-----	---	------

Для отделения кадра Ethernet от символов Idle используется комбинация символов Start Delimiter (пара символов JK, также из числа избыточных символов для логического кодирования 4b/5b), а после завершения кадра перед первым символом Idle вставляется символ T - ограничитель конца потока значащих символов.

Результирующий код (4b/5b+NRZI) передается со скоростью 125Мбод (125МГц - тактовая частота), 8нс - битовое расстояние.

Физический уровень 100Base-TX



Двухпарная витая пара (5 кат. или STP 150 Ом).

PHY TX == PCS (4b/5b), PMA, TP-PMD + Auto-negotiation.

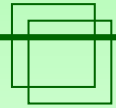
Отличия от FX - использование метода MLT-3 для передачи 5-битовых порций и договор о скорости работы порта.

Auto-negotiation - автопереговоры по принятию режима работы порта (PHY TX и PHY T4).

Автопереговоры позволяют сетевым картам проделать следующее:
сообщить о спецификации Ethernet и доп. возможностях на другой конец UTP
и договориться о максимальном приемлемом для обоих режиме (из пяти возможных по убыванию для Fast Ethernet):

- 100Base-TX full-duplex (2 пары категории 5 (или Type 1A STP))
- 100Base-T4 (4 пары категории 3)
- 100Base-TX (2 пары категории 5 (или Type 1A STP))
- 10Base-T full-duplex (2 пары категории 3)
- 10Base-T (2 пары категории 3)

Autonegotiation



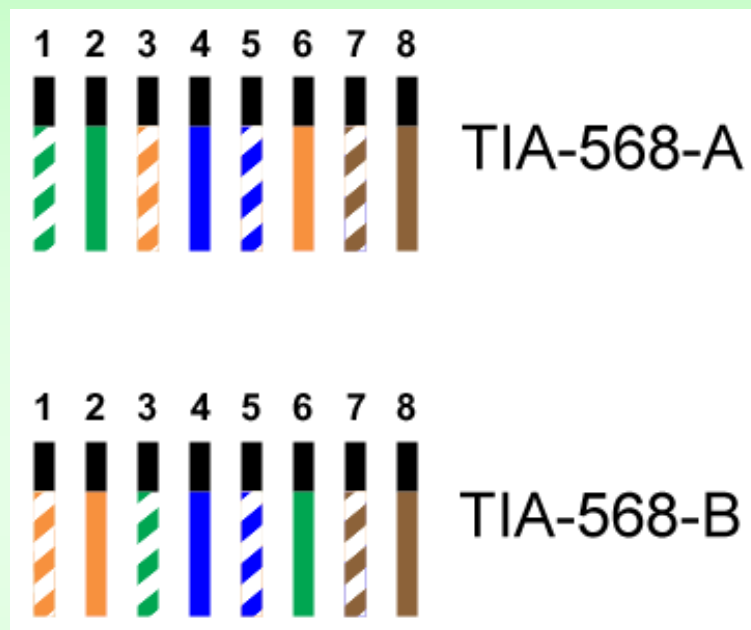
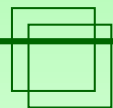
Переговорный процесс происходит при включении питания устройства, а также может быть инициирован и в любой момент модулем управления. Для организации переговорного процесса используются служебные сигналы проверки целостности линии технологии 10Base-T - link test pulses, если узел-партнер поддерживает только стандарт 10Base-T. Внутри них инкапсулируется информация переговорного процесса Auto-negotiation - Fast Link Pulse burst (FLP).

Устройство, начавшее процесс auto-negotiation, посылает своему партнеру пачку импульсов FLP, в котором содержится 8-битное слово, кодирующее предлагаемый режим взаимодействия, начиная с самого приоритетного, поддерживаемого данным узлом. Если узел не понимает автодоговора, то он шлет в сеть каждые 16мс link test pulses.

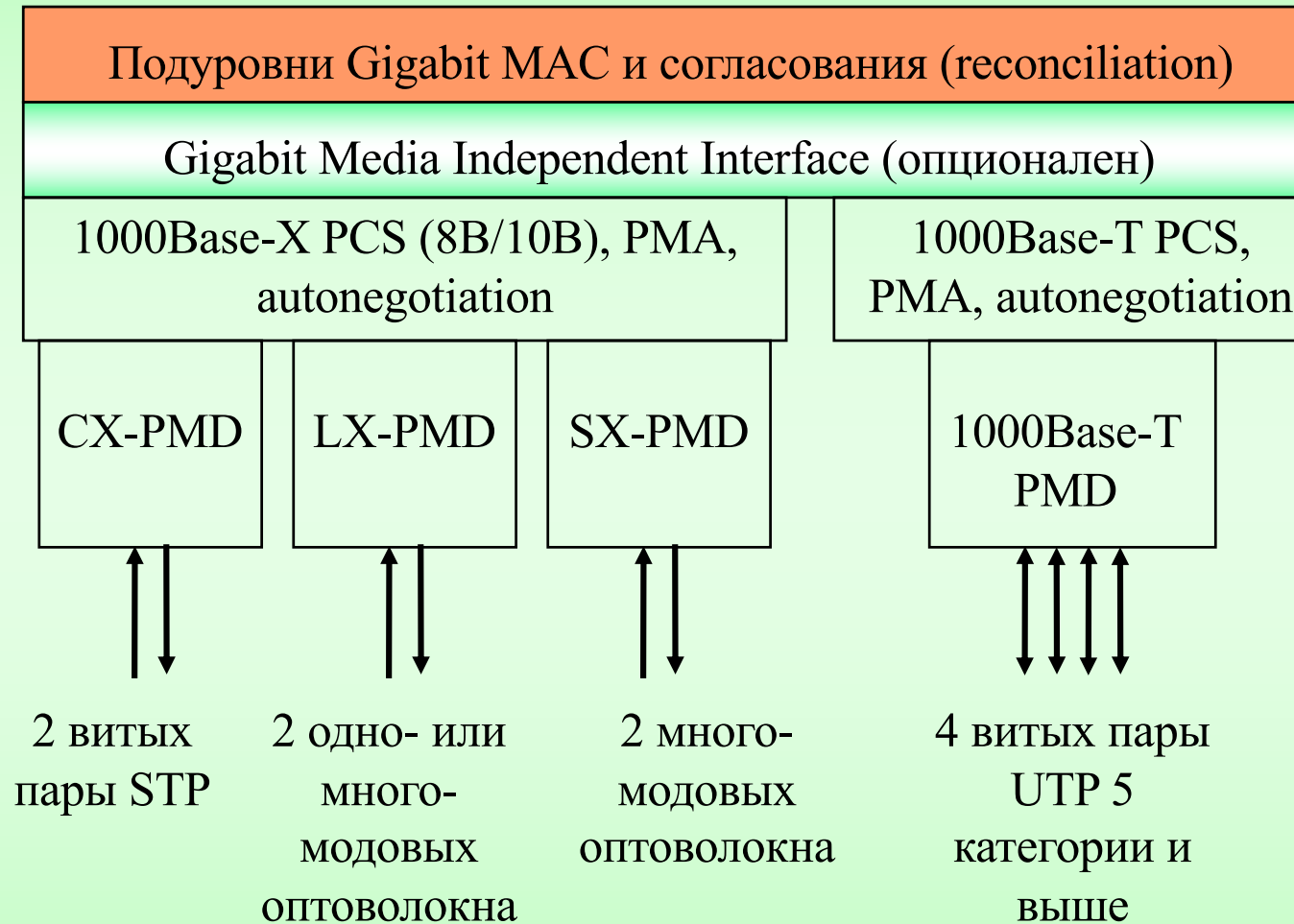
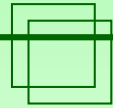
Пример: две сетевых карты 100Base-TX, но только одна может работать в полнодуплексном режиме. Установленный режим в результате autonegotiation - 100 Мбит/с полудуплекс.

10Base-T и 100Base-TX --> 10Base-T (скорее всего полудуплекс), редко бывает, что вообще не договорятся.

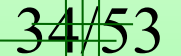
Две разводки кабеля (А и В)



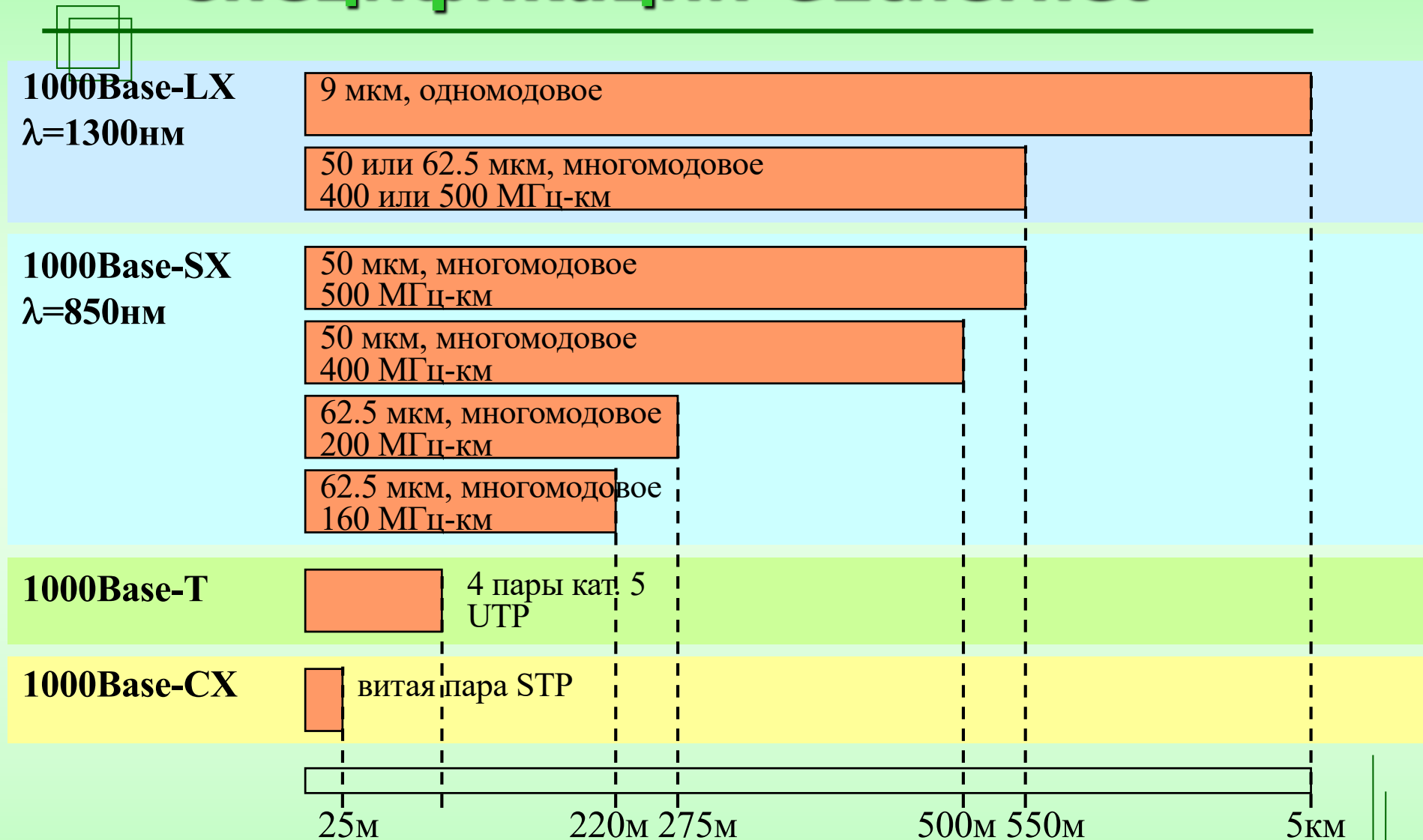
Gigabit Ethernet



номера битов

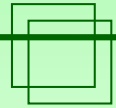


Спецификации GEthernet



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

Кодирование 8B/10B

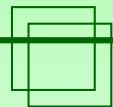


Логическое кодирование 8B/10B (8 бит --> 10 бит) применяется также в Fibre Channel.

Характеристики:

- введена избыточность (256 состояний кодируются в 1024);
- избыточность позволяет восстанавливать неправильно переданный сигнал без повторной передачи;
- возможность самосинхронизации за счет часто встречающихся фронтов импульсов;
- убран дисбаланс между количеством "0" и "1" по сравнению с 4b/5b (нет зависимости нагрева лазеров от передаваемых данных, повышается стабильность, а также нет накопления потенциала для электропроводных линий);
- кодирование позволяет отличать данные от управляющих сигналов.

Расширение кадра GEthernet



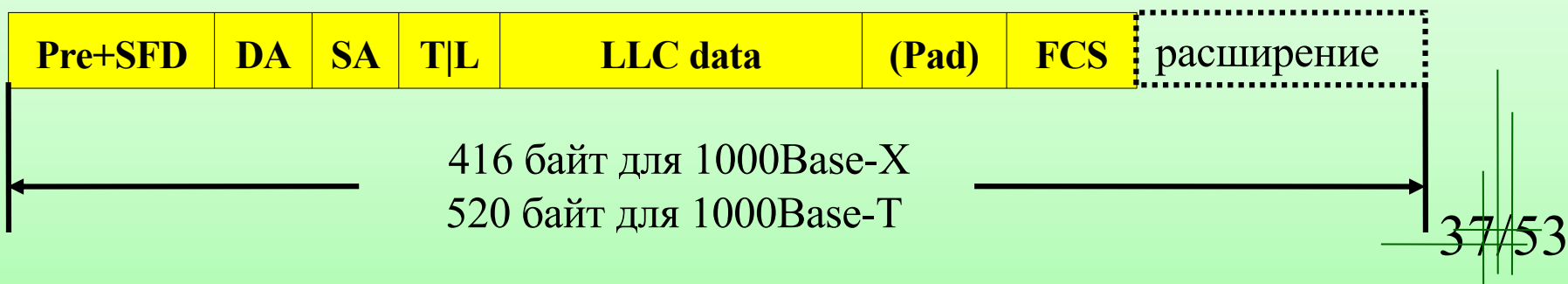
Slot_time (окно коллизий) зависит от размеров сегмента и должно быть больше, чем время двойного прохождения сигнала по среде передачи.

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

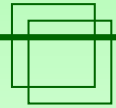
- а) уменьшить длину сегмента коллизий, а, следовательно, и Slot_time;
- б) увеличить минимальную длину кадра.

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 8B/10B для 1000Base-X. Расширение кадра игнорируется на приемной стороне.

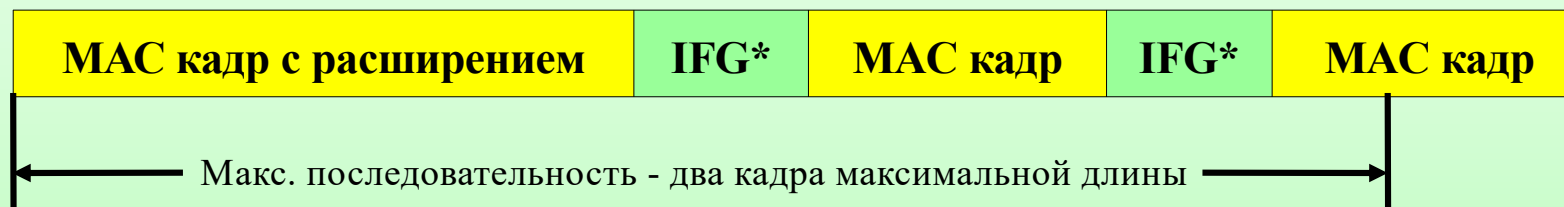


Уплотнение (Packet bursting)



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.

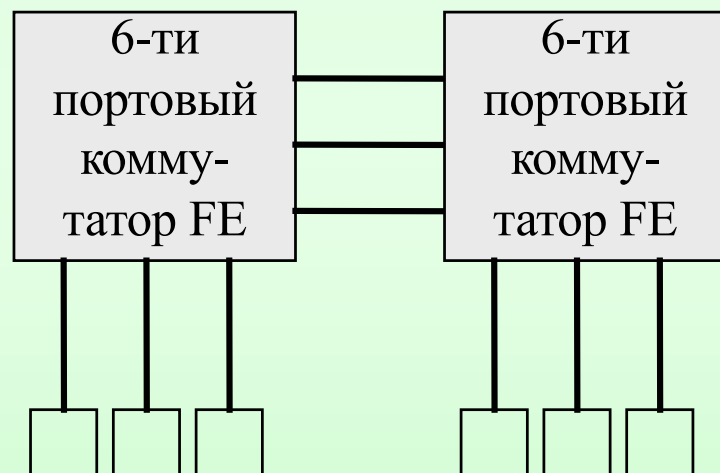
Во избежание неполного использования канала передачи используется уплотнение кадров. Первый кадр передается, если нужно, с расширением, а вместо межкадровых промежутков (IFG*), когда станция должна "молчать", она выдает в среду символы расширения (для того, чтобы другие станции не захватили среду), а 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.



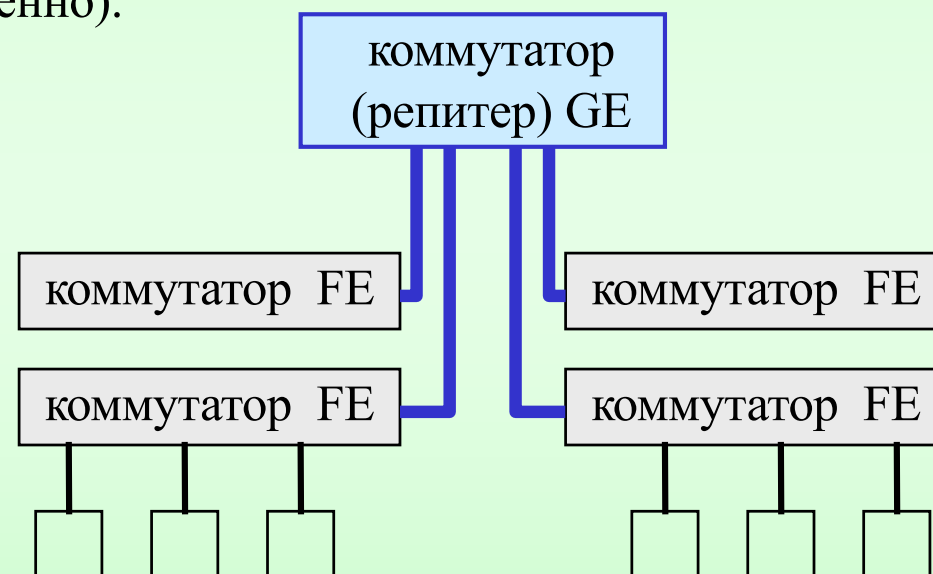
IFG* - во время межкадрового интервала станция выдает в среду передачи символы расширения кадра. Ethernet и Fast Ethernet не поддерживают расширение кадров и packet bursting.

Применение GEthernet

Переход от Fast Ethernet к более высокоскоростным сетям (напр., Gigabit Ethernet) происходит либо заменой (дополнительной закупкой) оборудования (коммутаторов, репитеров), либо благодаря использованию агрегации каналов (возможность параллельной пересылки данных между коммутаторами по нескольким витым парам одновременно).

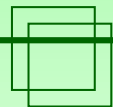


Агрегация каналов FE



Использование GE в качестве
основной сети (backbone)

10 Gigabit Ethernet



10 Gigabit Ethernet Alliance -> IEEE 802.3ae

Работа над стандартом началась в 1999 году, закончилась в середине 2002.

Особенности 10GE:

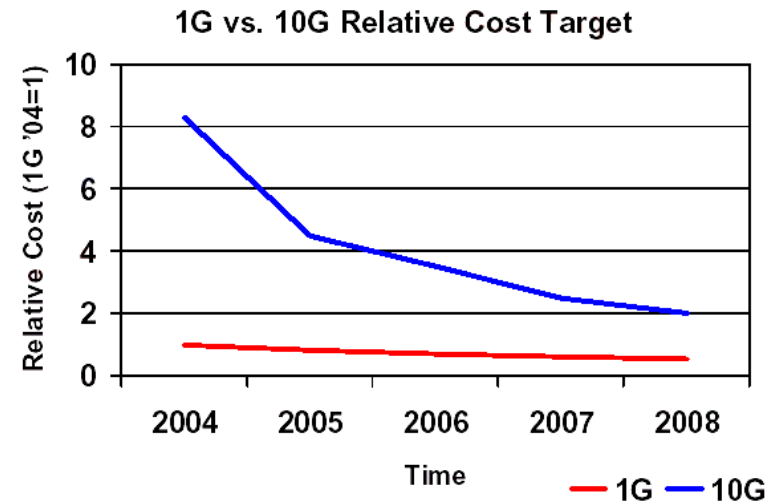
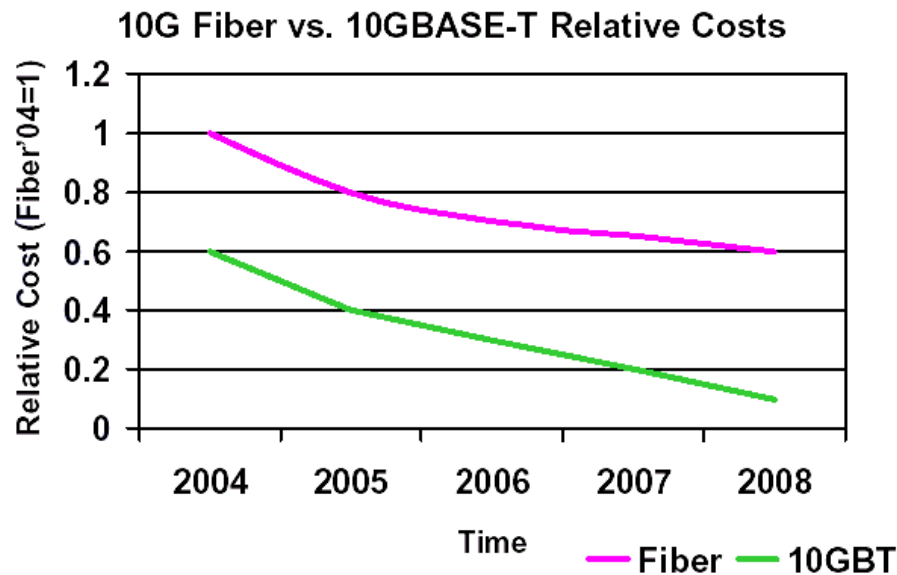
- а) сохранен формат кадра (MAC подуровень);
- б) использование оптоволокну (преимущественно одномодового) в качестве среды передачи (на 2003 год не было спецификаций на меди, но работа ведется, завершение ожидалось в 2006 году, гарантируется поддержка 100 метровых сегментов для витой пары 7 категории, 55-100 метров для 6 категории).

Для небольших расстояний в сетях на одномодовых оптоволоконках могут использоваться неохлаждаемые оптические элементы, а иногда и п/п лазерные диоды, что сильно удешевляет технологию.

Сравнение GE и 10GE

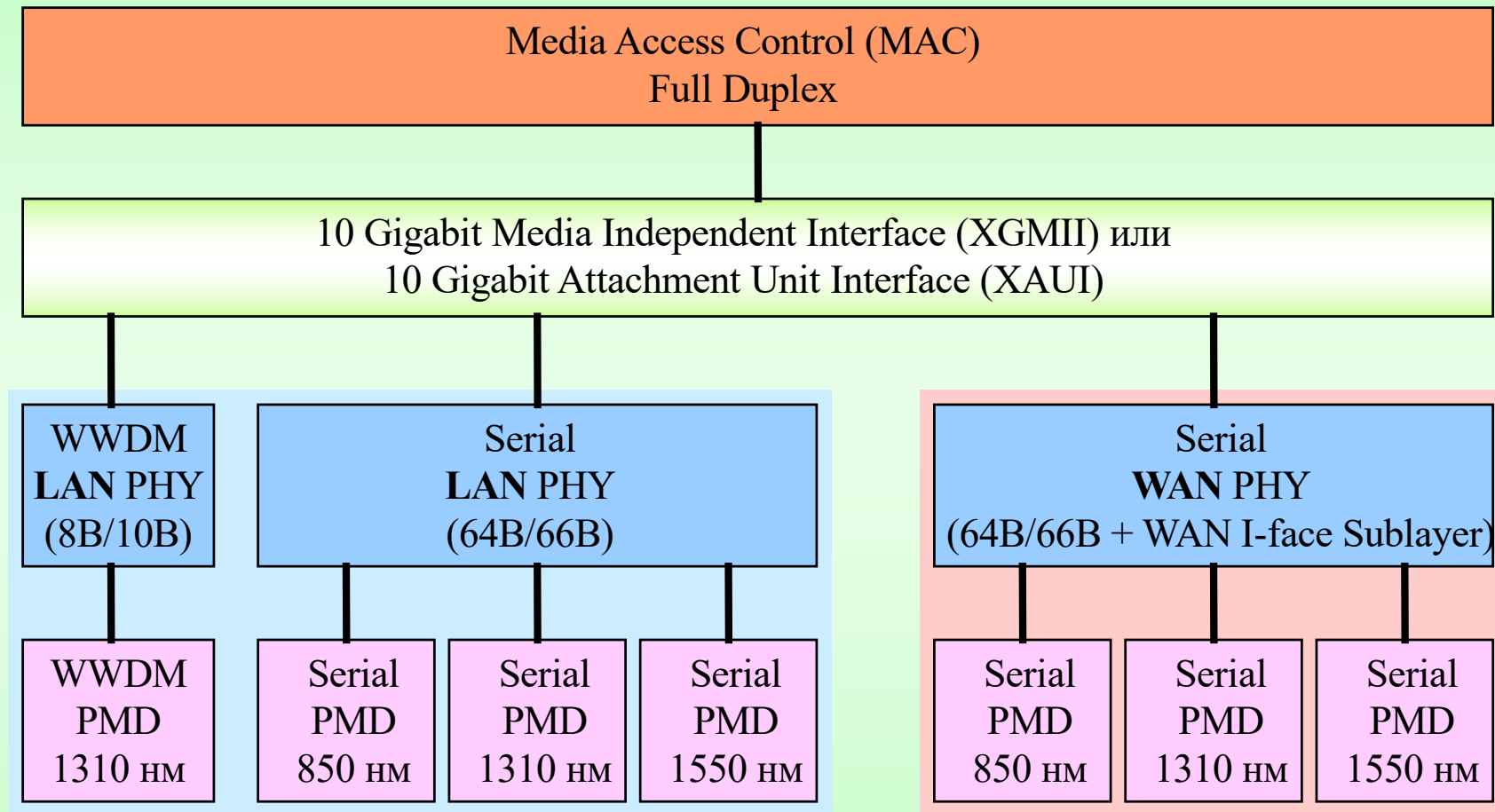
Разница в стоимости портов GE и 10GE в течение 5 лет снизилась в 3 раз (и сегодня практически отсутствует).

Источник: Cahners In-stat, CFI Group



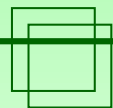
Также будут стремительно развиваться спецификации 10GE на медных проводах (в 2008 году соотношение стоимости 10 GE составляла медь/оптоволокно = 0.15).

Стек 10 Gigabit Ethernet



Две спецификации устройств физического уровня: **LAN** и **WAN** для использования в локальных и глобальных сетях соответственно.

Спецификации 10 GEthernet

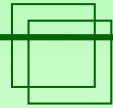


Специф-ция	8B/10B PCS	64B/66B PCS	WIS	850 нм Serial	1310 нм WWDM	1310 нм Serial	1550 нм Serial
10GBase-SR		✓		✓			
10GBase-SW		✓	✓	✓			
10GBase-LX4	✓				✓		
10GBase-LR		✓				✓	
10GBase-LW		✓	✓			✓	
10GBase-ER		✓					✓
10GBase-EW		✓	✓				✓

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.

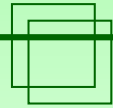
МНОГОМОДОВОЕ ВОЛОКНО И 10GE



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

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

Higher Speed Ethernet (HSE)



Gigabit Data Communications Ethernet Variants
Table 1

Ethernet Variant	Data rate (Gbps)	Min. Reach (meters)	Form Factors	Media Wavelength	Standard IEEE 802.3
1000BASE-					
T	1	100	RJ45, SFP, GBIC	TP Copper	ab
SX		300	GBIC, SFP	LOMF 850nm	z
LX		5000	GBIC,SFP	SMF 1310 nm	
CX		25	HSSDC/DB9	Twinax Copper	
ZX		70,000	GBIC, SFP	SMF 1550nm	Defacto
10GBASE-					
SR	10	300	XENPAK, XFP, X2, SFP+	LOMF 850 nm	ae-2002/-2005
LR		10,000	300-pin, XENPAK, XFP, X2, SFP+	SMF 1310nm	
LX4	4x2.5	300	XENPAK, X2	FDDI-grade MMF 1310nm	
ER	10	40,000	XENPAK, XFP, X2	SMF 1550nm	
ZR		80,000	XFP, SFP+	SMF 1550nm	
LRM		220	XFP, SFP+	FDDI-grade MMF 1310nm	aq-2006/-2008
CX4		15	MicroGigaCN	Twinax Copper	ak-2004/-2005
T		100	RJ45 CAT6A or above	TP Copper	an-2006/-2008
CR		15	SFP+ Direct Attach Copper	Twinax Copper	SFF standard
40GBASE-					
CR4	4x10G	7	QSFP+ Direct Attach Copper	Twinax Copper	ba
SR4		100/125	QSFP+	LOMF 850nm	
LR4		10,000	QSFP+, CFP	SMF 1310nm	
FR	40G	2,000	CFP	SMF 1310/1550nm	bg
100GBASE-					
CR10	10x10	7	CXP Direct Attach Copper	Twinax Copper	ba
SR10		100/125	CXP, CFP	LOMF 850nm	
LR4	4x25	10,000	QSFP+, CFP	SMF 1310nm	
ER4		40,000	CFP	SMF 1550nm	
LR10	10x10	2,000	CFP?	SMF 1310nm	Not supported

<http://www.connectorsupplier.com/020513-CS-Ethernet-400-gbs-huff>

Higher Speed Ethernet (HSE)

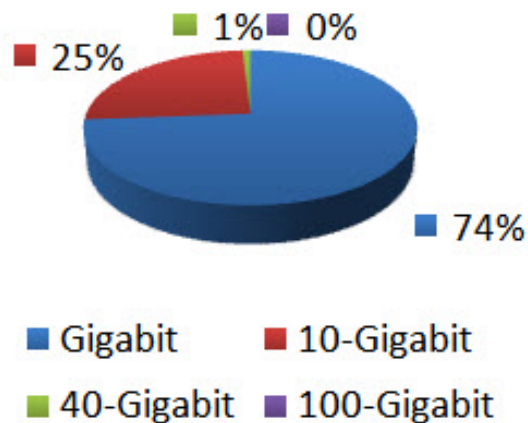
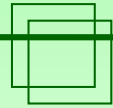


Figure 5: Total Worldwide Ethernet Connectivity Components Revenue 2013

2013

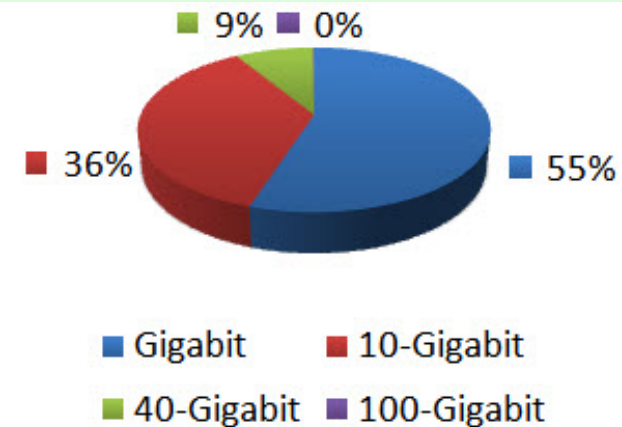
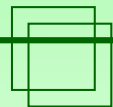


Figure 6: Total Worldwide Ethernet Connectivity Components Revenue 2017

2017

Применение 10GE и HSE



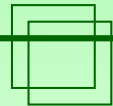
Скорость передачи данных, время задержки и другие характеристики ставят 10GE и HSE в один ряд с высокоскоростными интерфейсами (Fibre Channel, HIPPI, Ultra SCSI, ATM), применяемыми для связи серверов обработки данных и блоков их хранения.

Применение:

- коммутатор-коммутатор
- коммутатор-сервер (серверный стек)
- между зданиями
- сеть городского масштаба (для одномодового волокна до 40 км. для излучения с длиной волны 1550 нм., и 10 км. для 1310 нм.)

В отличие от синхронных сетей SONET/SDH, где вся сеть привязана к одному генератору, и где нельзя задерживать кадры на промежуточных устройствах, 10GE (как и любой Ethernet) не может обеспечить синхронность, поскольку устройства канального и сетевого уровня могут буферизировать и обрабатывать данные на основании алгоритмов производителей данной аппаратуры.

Поддержка VLAN



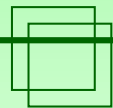
VLAN - Virtual Local Area Networks, возможность создания виртуальных локальных сетей на коммутаторах (1998 год).

Технология коммутации кадров позволяет сделать логическую конфигурацию локальной сети независимой от ее физической инфраструктуры.

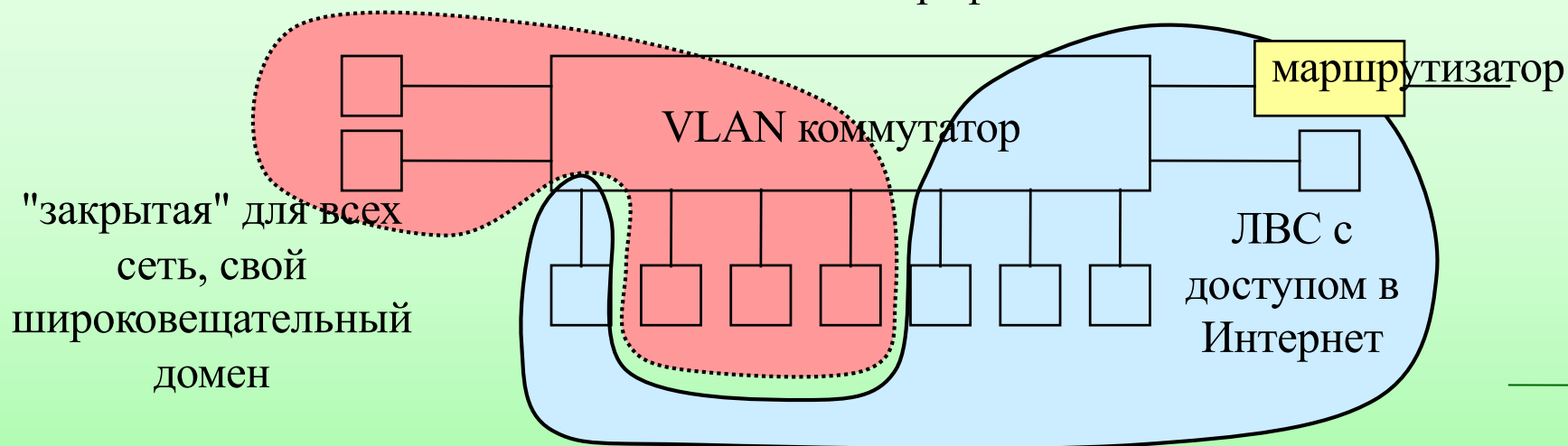
Цели нововведения:

1. обеспечить средства поддержки приложений, критичных ко времени задержки и стабильности пропускной способности;
2. позволить объединять станции в независимые логические группы, обеспечить коммуникацию внутри группы, разграничив внутренний и внешний трафики (коммутаторы отсылают кадры, в том числе широковещательные, только станциям в группе, идентификатор которой обнаружен в заголовках кадра);
3. упростить конфигурирование локальных сетей.

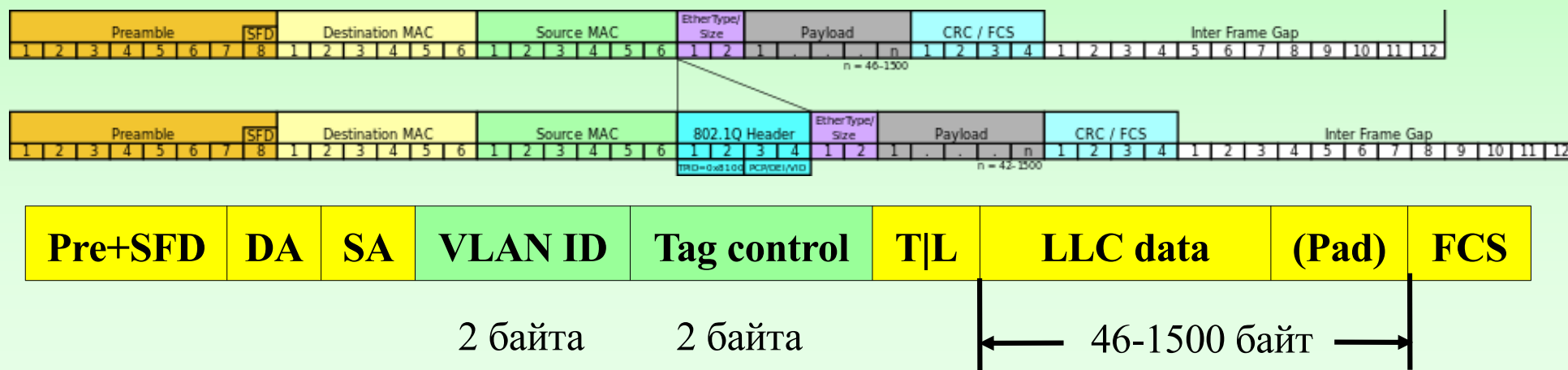
Реализация VLAN



- Появилась возможность защищать корпоративные сети благодаря выделению части станций в недоступную для всех VLAN.
- Показателем правильной конфигурации топологии VLAN и размещения информационно-вычислительных ресурсов является соотношение объема внутрисетевого трафика к трафику, передаваемому в другие VLAN. Хорошим соотношением является 80/20, когда 80% трафика передается в рамках одной VLAN и не требует маршрутизации, а обмен данными с другими виртуальными сетями составляет 20%.
- Желательно, чтоб каждая виртуальная сеть имела канал с маршрутизатором (или маршрутизаторами), адекватный по пропускной способности интенсивности межсетевого трафика.



Кадр с тегом VLAN (802.1q)



Кадр MAC уровня был увеличен до 1522 байт (добавлено 4 байта).

Заголовок VLAN состоит из двух полей:

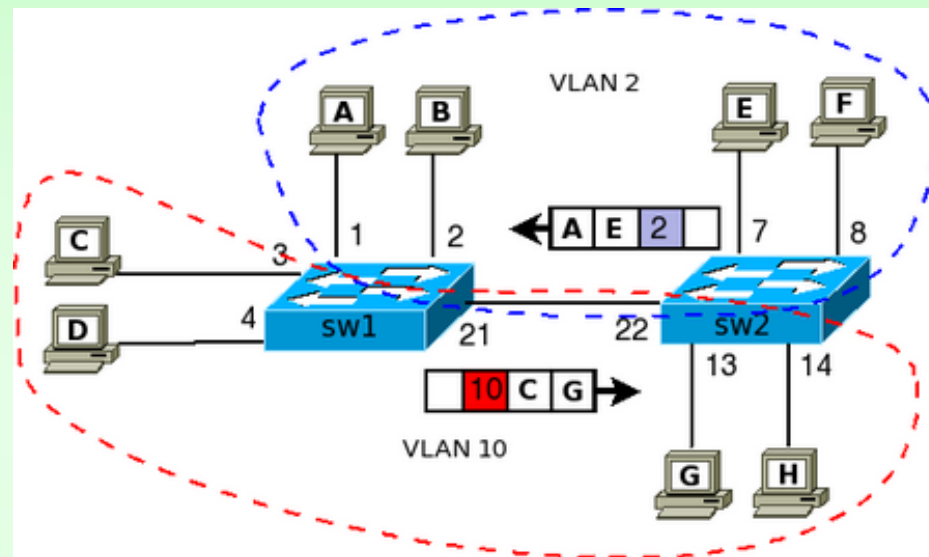
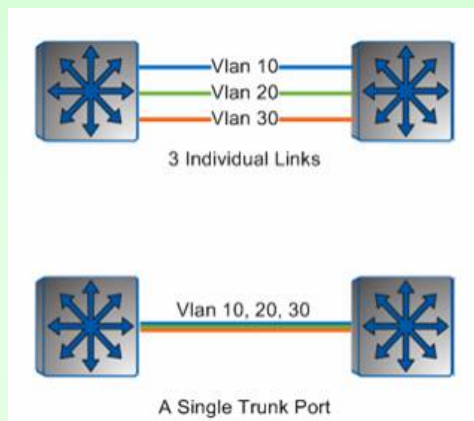
VLAN type ID (0x8100, два байта на прежнем месте поля T/L) и

Tag Control Information (два байта, указывающие на приоритетность кадра (0-минимальный, 7 - максимальный), Canonical Format Indicator (1 бит, 0 для Ethernet), а также на идентификатор конкретной VLAN, 12 бит).

Информацией в заголовке VLAN пользуется коммутаторы при принятии решения в какой(ие) порт(ы) переправлять кадр. При принятии кадра VLAN конечной станцией, она выбрасывает информацию в теге VLAN и обрабатывает кадр как обычно.

Для функционирования сетей VLAN необходимо, чтобы все станции "понимали" этот формат кадра!

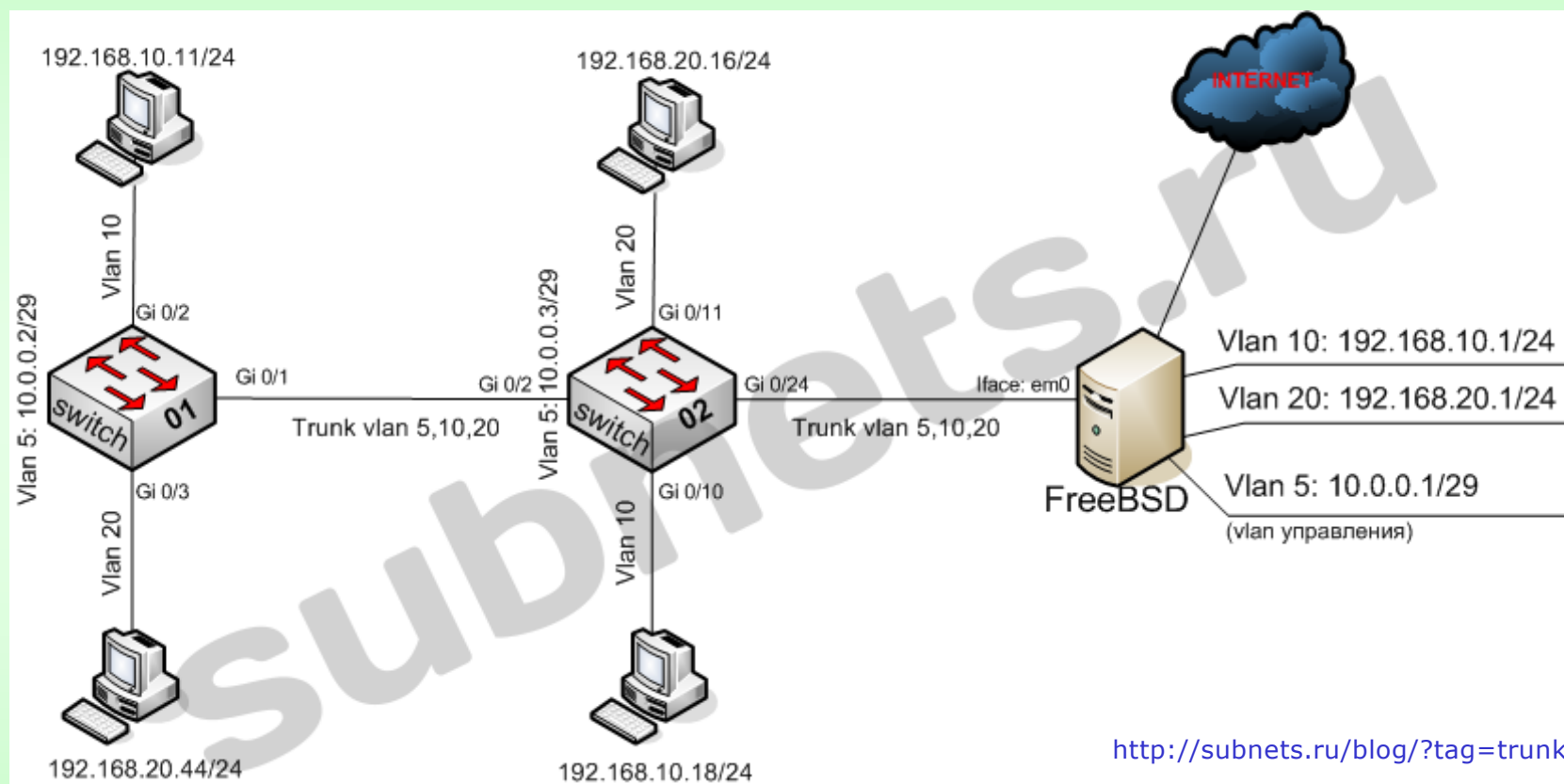
Тегирование трафика (VLAN)



- Уменьшение количества широковещательных доменов (broadcast domains).
- VLAN коммутаторы вставляют q-метки в кадры Ethernet (и изымают их), формируют trunk VLAN-каналы. Тегированный и нетегированный трафик.
- Порты 21 коммутатора sw1 и 22 коммутатора sw2 – тегированные. остальные порты – нетегированные.

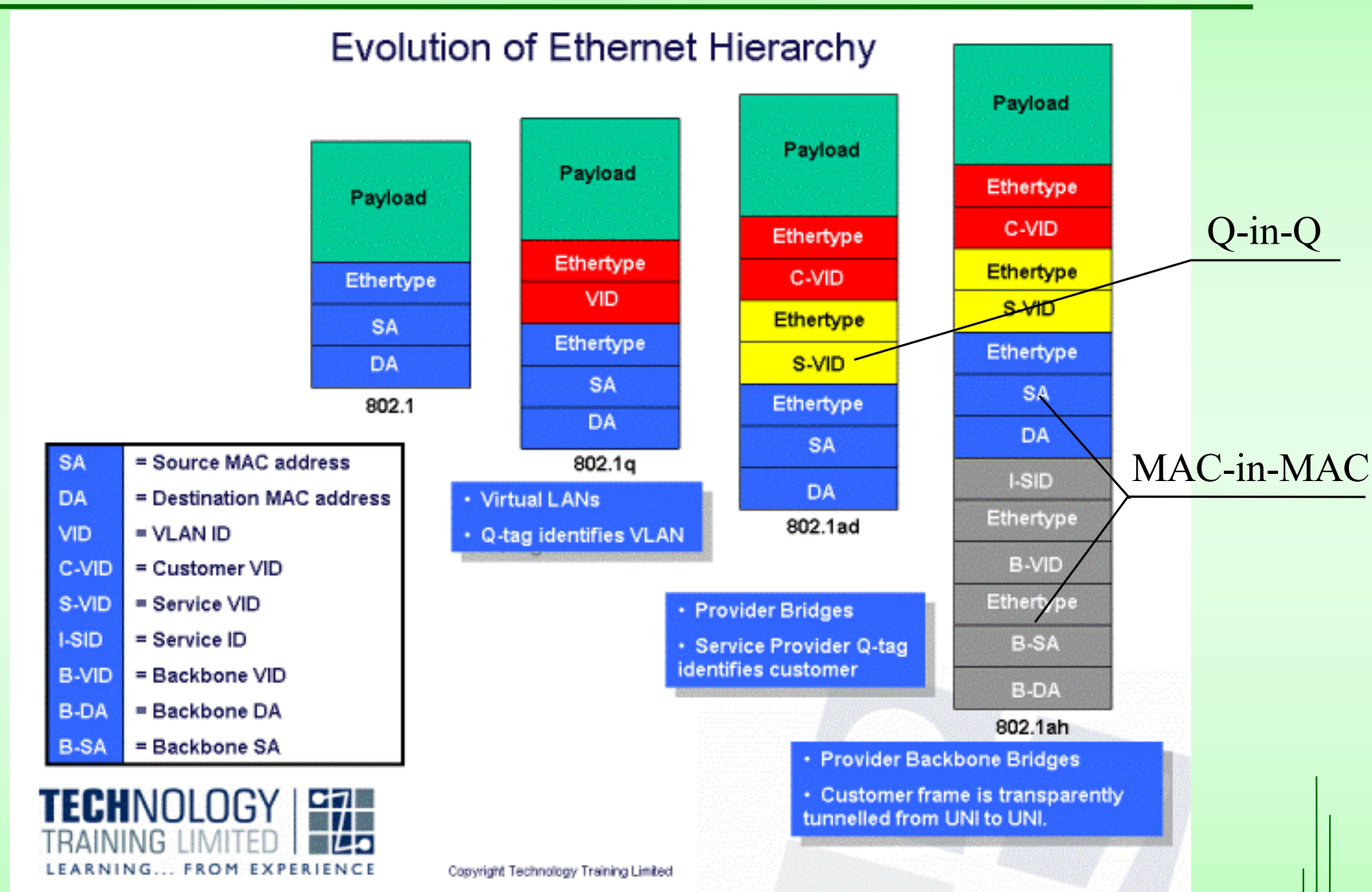
<http://xgu.ru/wiki/VLAN>

Тегирование трафика (VLAN)



Совмещение VLAN-сетей с IP-сетями.

Эволюция кадра Ethernet (VLAN)



От разделения сетей (802.1q) к разделению сервисов в Ethernet (802.1ah) — 53/53

http://www.technology-training.co.uk/carrierethernetandproviderbackbonebridging_33.php