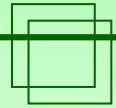
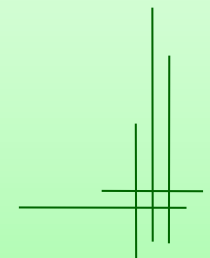


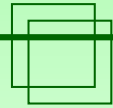
Сети ЭВМ и телекоммуникации



**Цифровая передача,
физическое кодирование,
коммуникационные устройства,
коммутация, маршрутизация**



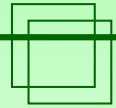
Нек. аспекты сетевого взаим-я



Литература по данной лекции:

- <http://www.ecolan.ru/coding.htm>
- <http://mynetwork.h10.ru/0014.htm>
- <http://www.osp.ru/>
- <http://www.citforum.ru/nets/protocols2/default.htm>
- Internetworking Technology Handbook (Cisco Systems)
- Г.Хелд. Технологии передачи данных.

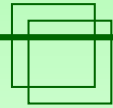
Цифровая передача



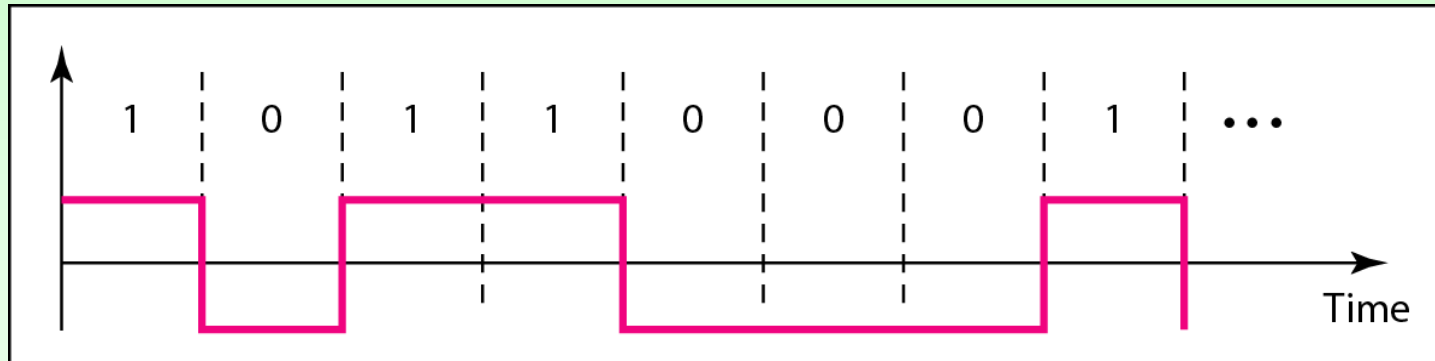
Некоторые аспекты цифровой передачи:

- ✓ синхронизация источника и приемника
- ✓ преобразование последовательности битов в электрический сигнал
- ✓ уменьшение полосы частот (спектра) с помощью фильтров
- ✓ передача сигнала с урезанным спектром
- ✓ усиление сигнала и восстановление его формы приемником
- ✓ преобразование электрического аналогового сигнала в цифровой

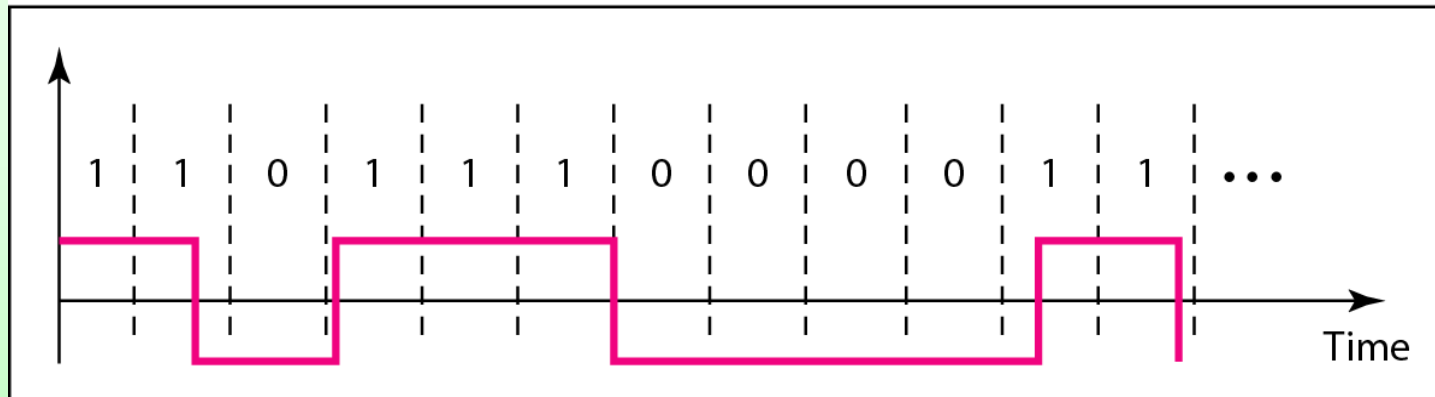
Синхронизация



Эффект потери синхронизации

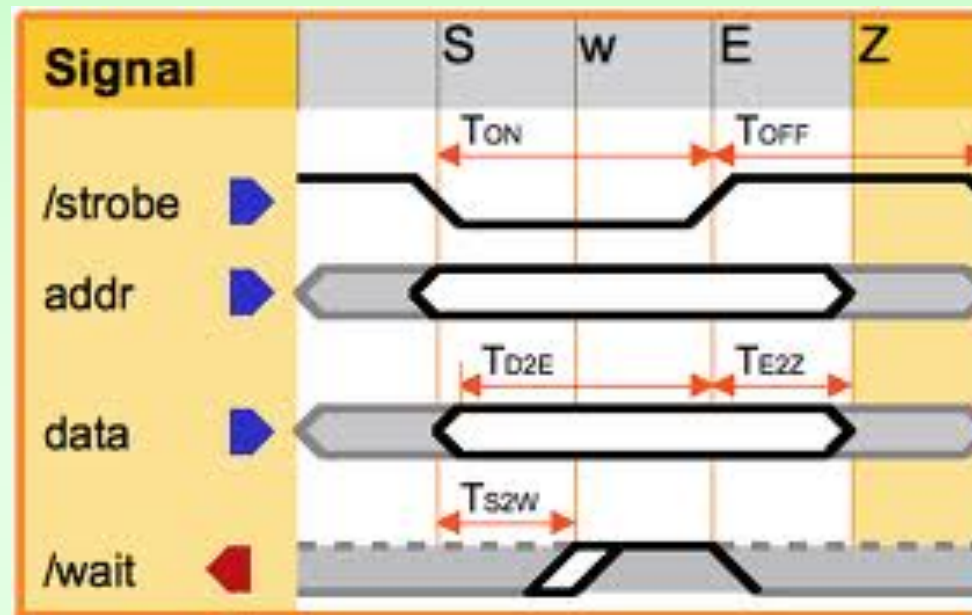
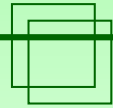


a. Sent



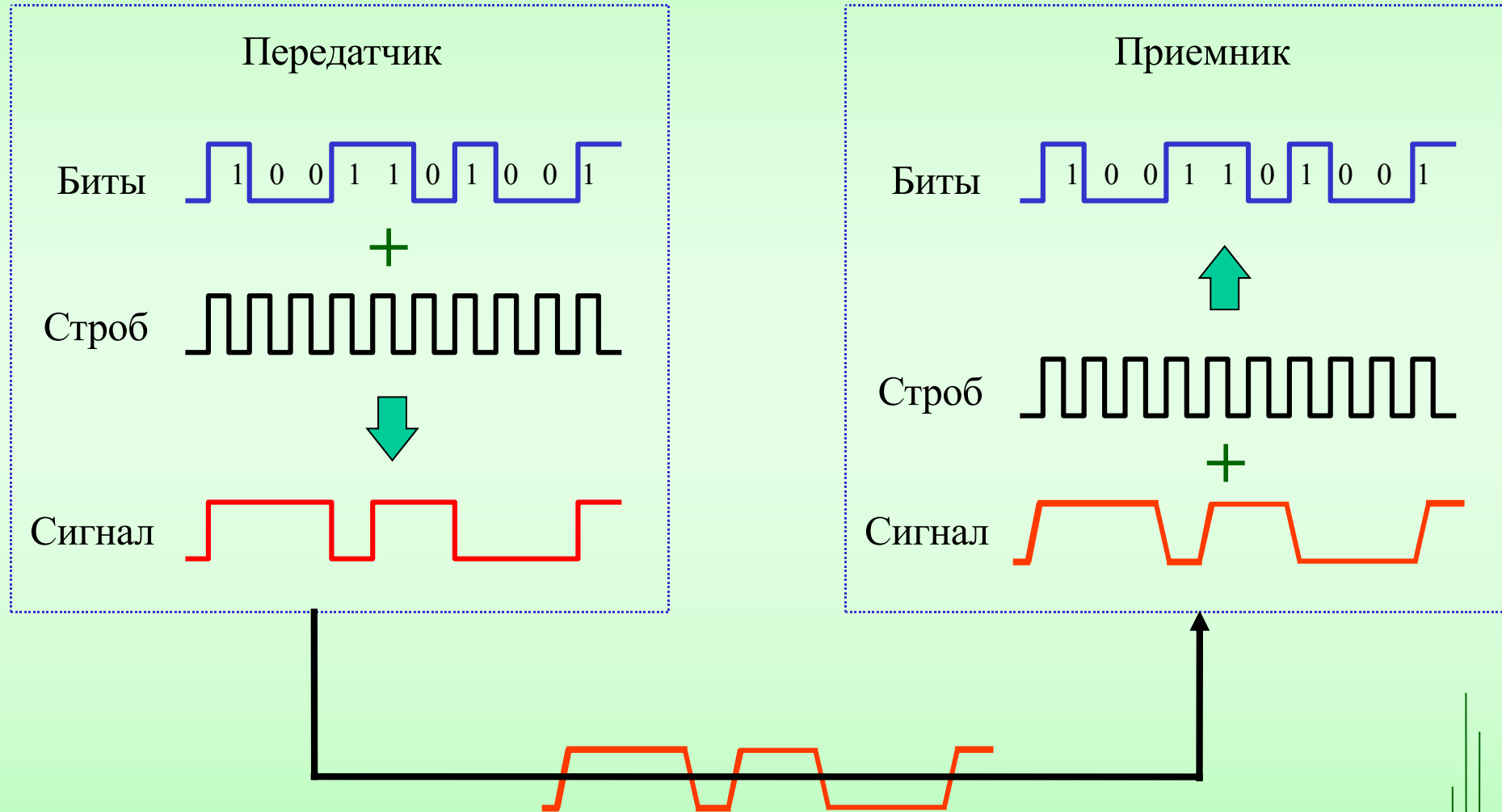
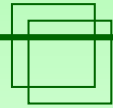
b. Received

Синхронизация

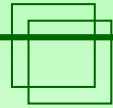


Для каналов передачи данных, содержащих линию синхронизации (например, сигнал /strobe), чтение запись данных по шине осуществляется по фронту сигнала /strobe.

Самосинхронизация



Физическое кодирование



Кодирование информации на физическом уровне.

NRZ

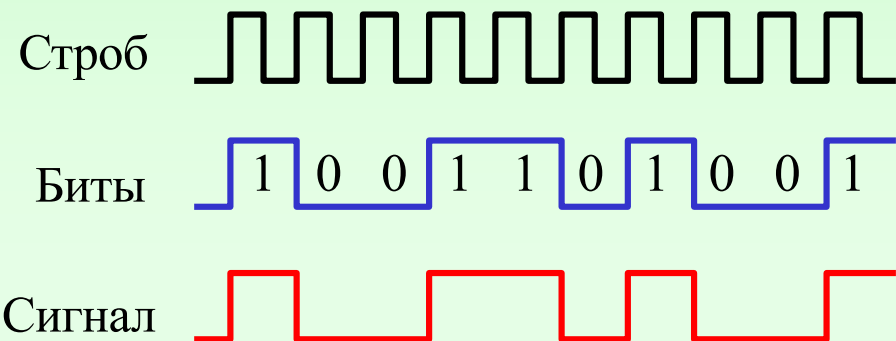
Not Return to Zero

Достоинство: простота

Недостаток: отсутствует

самосинхронизация

Применение: RS232 (S8N1)



NRZI

Not Return to Zero Inverted

(переход только для логических "1")

Почти полный аналог NRZ

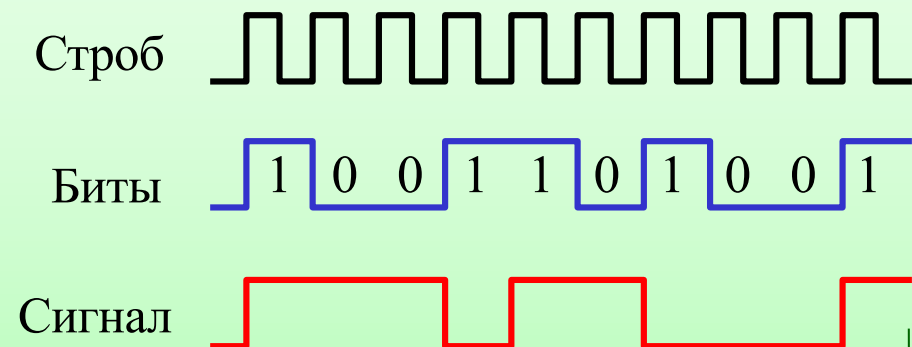
Применение: 100BaseFX, FDDI,

обычно используется

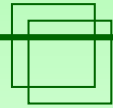
дополнительное логическое

кодирование для предотвращения

длинных последовательностей 0



Физическое кодирование



RZ

Return to Zero

Трехуровневый код

Достоинство: хорошая

самосинхронизация

Недостаток: требуется в два раза
большая полоса пропускания, чем
для NRZ

Строб

Биты

Сигнал

Manchester II

Двухуровневый дифференциальный,

самосинхронизация,

лучшая помехозащищенность

("0" - переход вверх, "1" - переход
вниз посередине бита)

Достоинство: отсутствие постоянной
составляющей, в спектре только две
частоты (5 и 10 МГц для 10Мбит/сек)

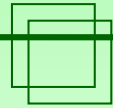
Применение: 10BaseTX

Строб

Биты

Сигнал

Физическое кодирование



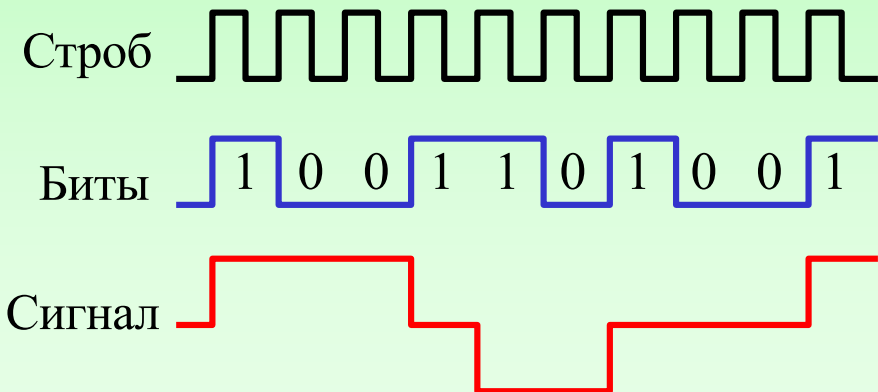
MLT-3

MultiLevel Transition 3

Трехуровневый код,
последовательный переход с одного
уровня на другой, если "1"

Недостаток: отсутствие
самосинхронизации

Применение: 100BaseTX



РМ-5

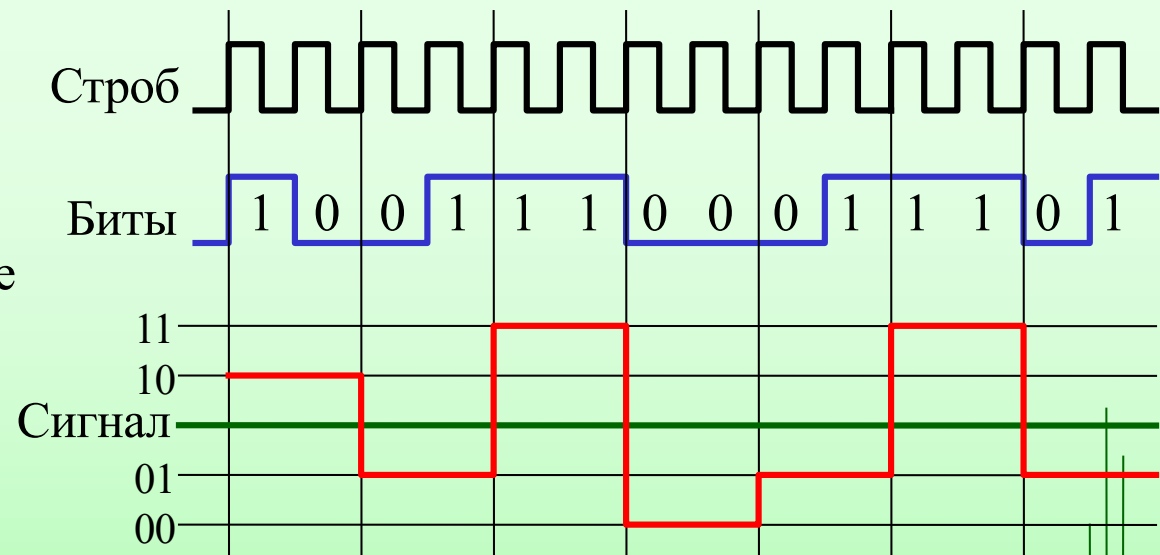
Похож на 2В1Q (2 бита - 1
квартет)

Пятиуровневый, кодирование

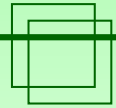
- пара бит - 4 потенциала

Достоинство: ниже
требования к пропускной
способности кабельной
системы

Применение: 1000BaseT



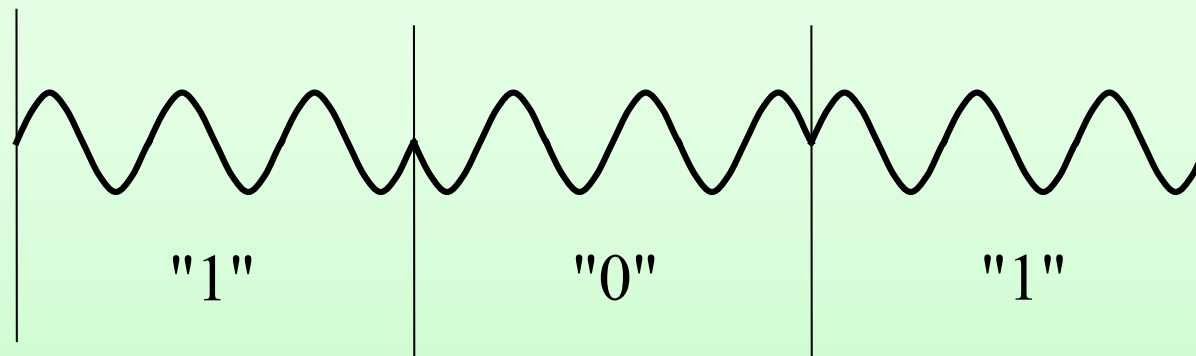
Физическое кодирование



Временное физическое кодирование ("0" - малая длительность импульса, "1" - большая, код Морзе)

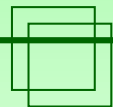
Частотное ("0" и "1" - импульсы с заполнением разными частотами)

Фазовое (импульсы переменного тока разных фаз)

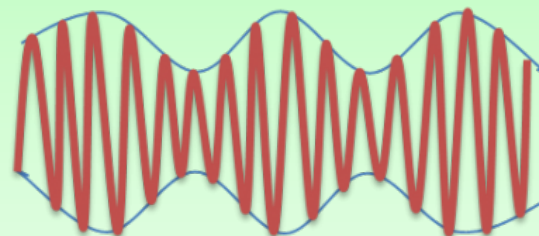


BPSK - Binary Phase Shift Key

Физическое кодирование



Амплитудная
модуляция

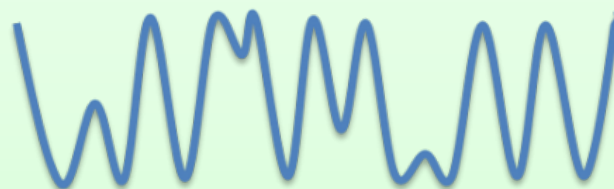


Частотная
модуляция

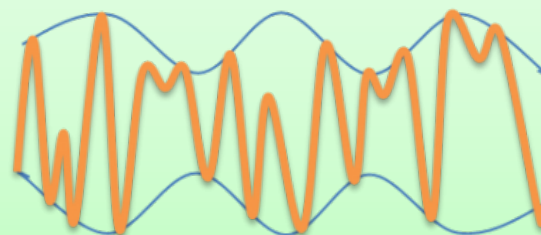


или

Фазовая
модуляция

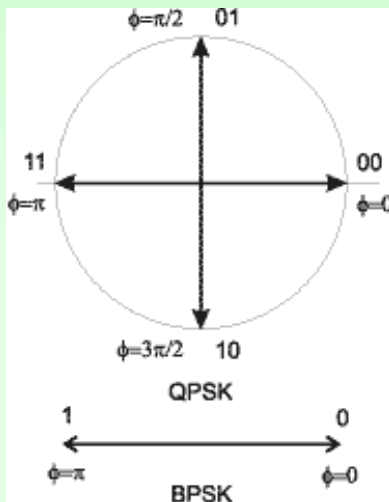


Одновременная
амплитудная и
фазовая
модуляция



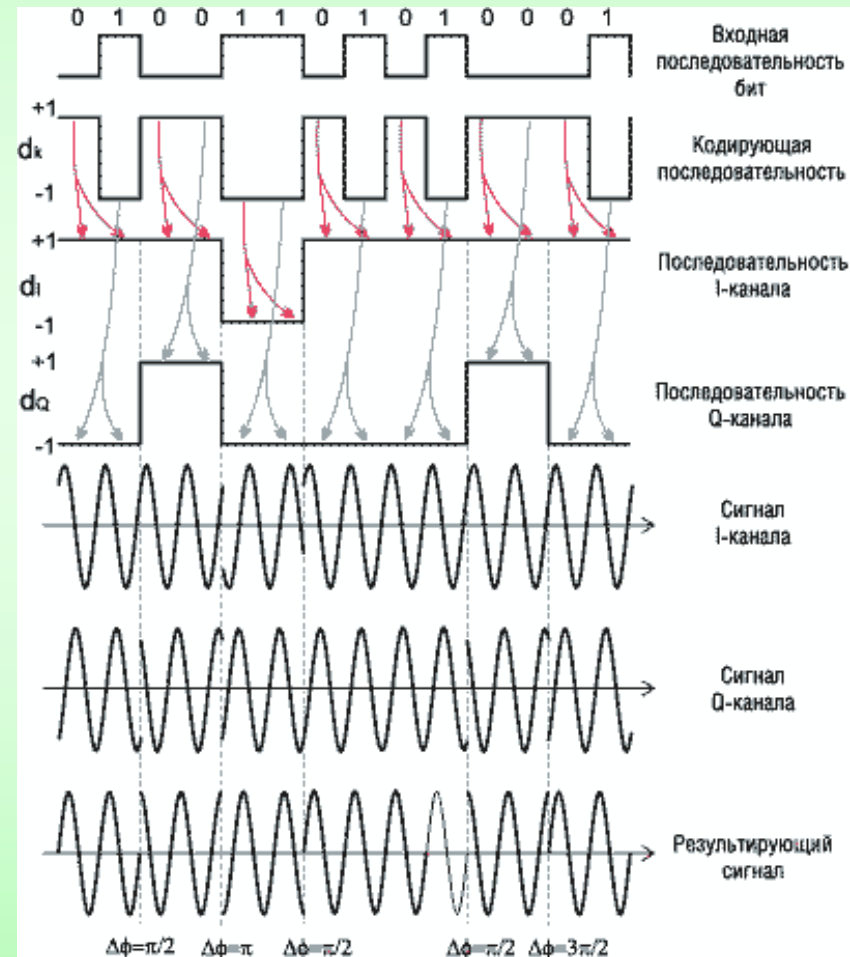
Физическое кодирование

Квадратурная модуляция (QPSK)



BPSK - Binary Phase Shift Key
QPSK - Quadrature Phase Shift Key

Только фаза!

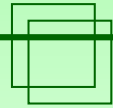


http://kunegin.narod.ru/ref7/wifi/80211b_2.htm

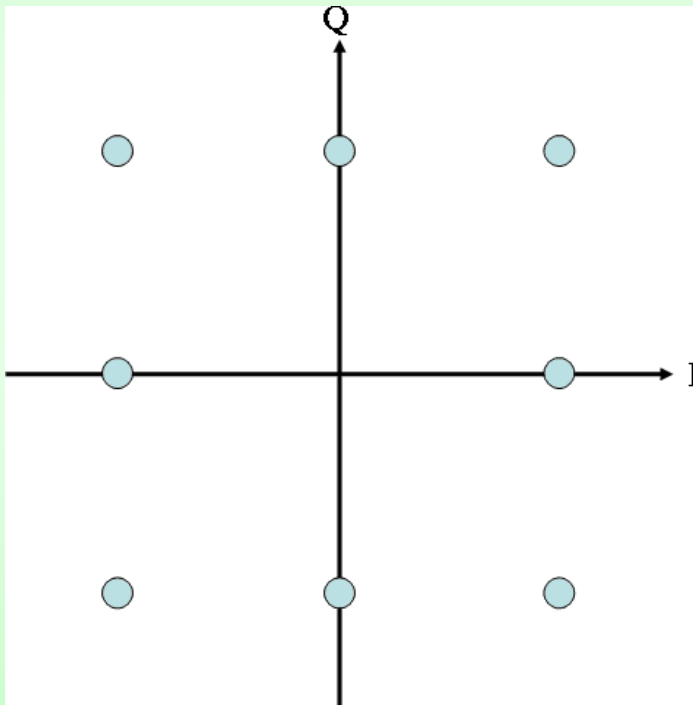
QPSK

12/36

Физическое кодирование



Квадратурная модуляция (8QAM)

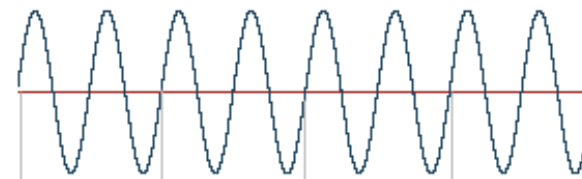


<http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/QAM>

From Computer Desktop Encyclopedia
© 2007 The Computer Language Co. Inc.

DIGITAL QAM (8QAM)

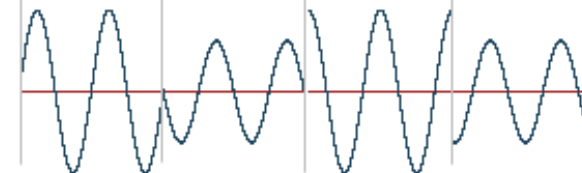
Carrier



Modulating value from three bits.

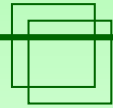
0	6	1	7
(000)	(110)	(001)	(111)

Modulated Result



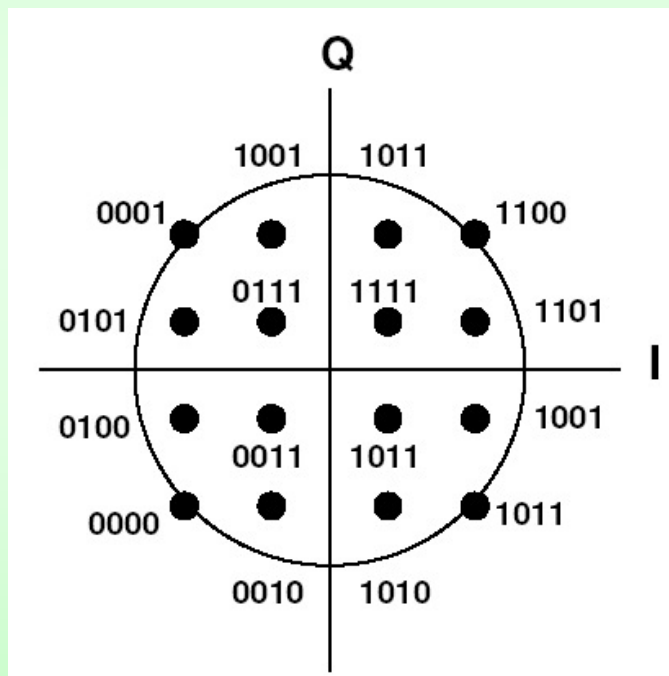
Note: Only four (0, 6, 1 and 7) out of the eight possible modulation states (0-7) are shown in this illustration.

Физическое кодирование

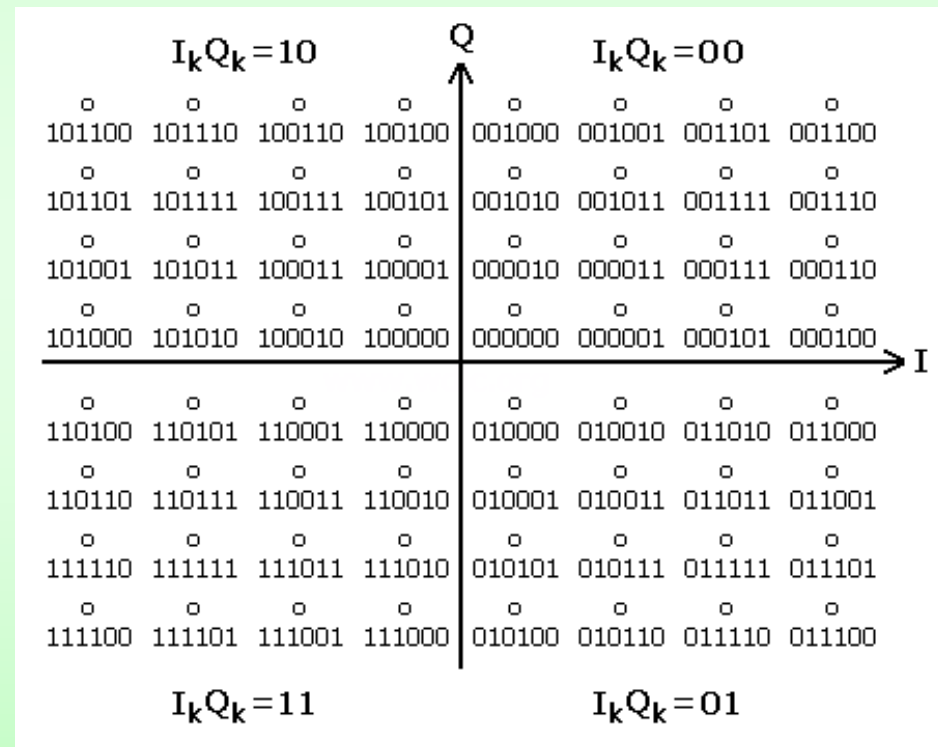


Квадратурная модуляция (манипуляции с амплитудой и фазой сигнала)

Меняются и фаза и амплитуда

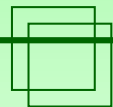


QAM-16

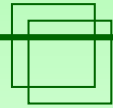


QAM-64

Далее дополнение



Беспроводные сети



Способы передачи:

инфракрасное излучение (прямое, рассеянное, отраженное),

лазер (прямая видимость),

радиопередача в узком спектре (необходимо вкладывать большую мощность в одну частоту - помехи окружающим),

радиопередача в рассеянном спектре (в безлицензионном диапазоне)

а) Метод скачущей частоты (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS)

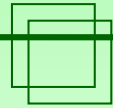
Передача коротких серий данных на одной частоте, потом на другой, потом на третьей... Сложно декодировать (подслушать), приемник должен знать алгоритм перепрыгивания по частотам. Помехи друг другу, в результате, при совпадении частот у двух передатчиков они вынуждены будут снова передать небольшую серию.

б) Метод прямой последовательности (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS)

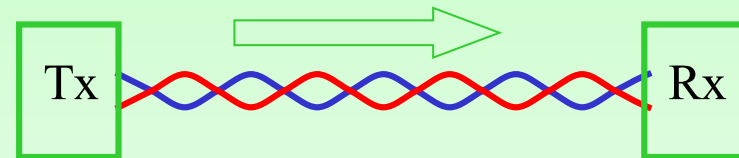
Каждый бит заменяется псевдослучайной последовательностью более 10 бит, таким образом повышается частота модулируемого сигнала, а сл. более размытый спектр. Псевдослучайность гарантирует "хорошее" размытие. Сигнал очень сложно декодировать, т.к. надо знать заранее этот алгоритм кодирования, а также из-за спектрального размытия сигнал очень похож на шум.

Напр., сначала "0" кодируется 0100011011, потом 0111101001 и т.д.

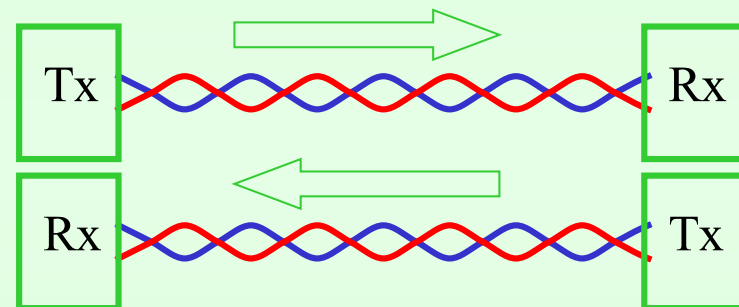
Способы передачи



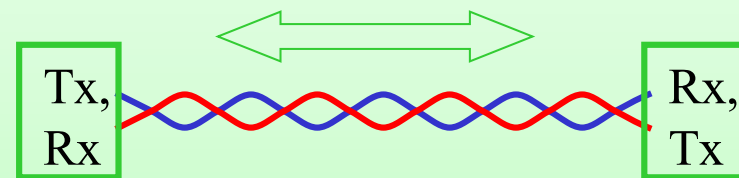
Симплексная передача
(однонаправленная)



Дуплексная (полнодуплексная)
(одновременная передача в двух направлениях, не менее двух витых пар или оптоволокон)

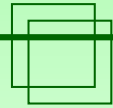


Полудуплексная (в разное время передача ведется в разном направлении, может быть только один канал передачи).



Tx - передатчик
Rx - приемник

Типы последоват. передачи



Асинхронная передача

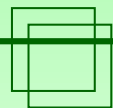
Посимвольная: старт бит, данные, бит четности, стоп бит(ы), невозможность отследить множественные ошибки, простая, отработанная, недорогая, треть пропускной способности канала теряется на передачу служебных битов.

Например, передача в RS-232: 8N1.

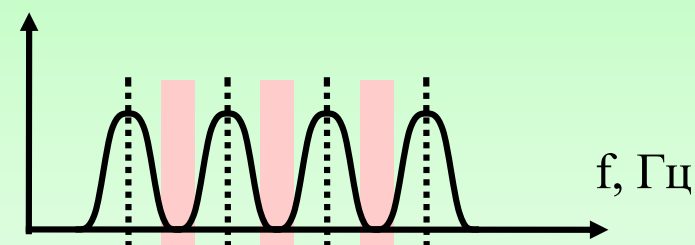
Синхронная передача

Передача блоками, последовательность синхронизирующих битов и закрывающих битов, высокая скорость передачи информации (до неск. Гб/с), надежный механизм обнаружения ошибок (протокольный), более дорогая аппаратура.

"Уплотнение" линий связи

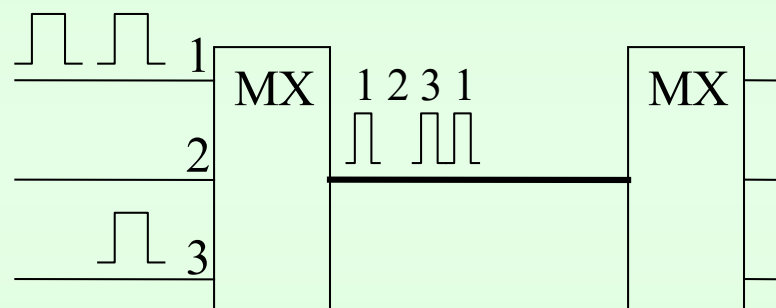


Частотное (широкополосная передача, защитные частотные интервалы, стабильность несущих).

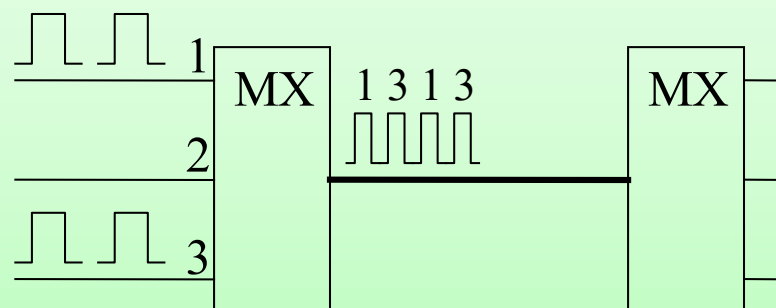


Временное:

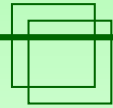
синхронное (всем мультиплексируемым линиям всегда равные промежутки времени)



асинхронное (более "живым" линиям - больше временных отрезков отдается, более сложное).



Способы коммутации

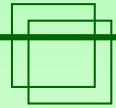


- **некоммутируемые каналы;**
- **коммутация каналов** (длительное время установки физических соединений, нет необходимости иметь большой буфер в устройствах коммутации);
- **коммутация сообщений** (стирание сообщения в предыдущем узле происходит по получению сигнала обратной связи от последующего, пропускная способность каналов может быть различна, большие задержки при передаче сообщений, большой объем памяти в узлах, пример: продвижение почтовых сообщений от отправителя к адресату);
- **пакетная коммутация** (у каждого пакета есть заголовок и порядковый номер, уменьшение времени передачи за счет распараллеливания потоков пакетов, уменьшение объема памяти в узле).

Два способа передачи пакетов при пакетной коммутации:

- **дейтаграммный** (разные маршруты и сборка пакетов) и
- **способ виртуального канала** (передача сообщения из цепочки пакетов, усложняет алгоритмы управления в узле коммутации).

Адресация в сетях



Типы адресов у сетевых устройств:

- ❖ адрес канального уровня (MAC адрес)
- ❖ логический адрес сетевого уровня (напр., IP адрес)
- ❖ номерная портовая адресация (например, TCP и UDP)
- ❖ символьный адрес (напр., символьное доменное имя)

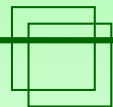
Адреса приемника.

- Широковещательный **Broadcast** (пакет с таким адресом обрабатывается всеми станциями в сети)
- Групповой **Multicast** (принимается и обрабатывается группой станций)
- Уникальный **Unicast** (пакет предназначается только определенному узлу)

Традиционная схема глобальной адресации (сетевого уровня модели OSI/RM) - иерархическая A.B.C...Z. В Интернете - каждый хост имеет 32х битный IP адрес. Каждый адрес состоит из адреса сети и адреса компьютера (хоста, интерфейса). Поля цифровых значений разделяются точкой (десятично-точечная нотация).

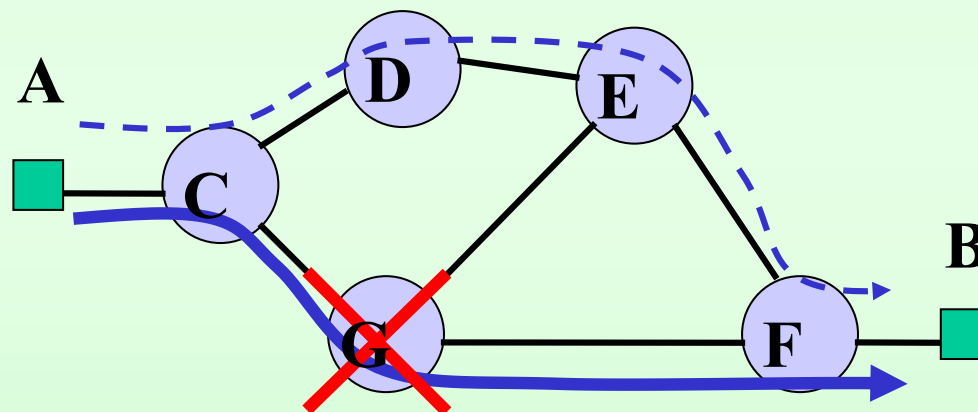
Примеры: 192.168.1.250, 10.0.0.35, 117.255.13.2.

Маршрутизация в сетях



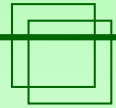
Маршрутизация - процесс перенаправления и движения данных от узла к узлу (сетевой уровень). Промежуточные узлы в пути - маршрутизаторы.

Адаптивный выбор маршрута.



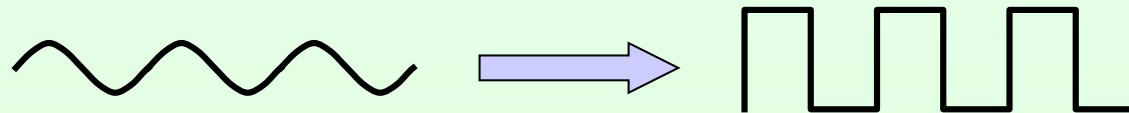
A, B - компьютеры,
C, D, E, F, G - промежуточные маршрутизаторы

Коммуникационные устройства

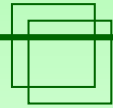


Репитер (концентратор, хаб, повторитель, физический уровень)

Просто усиление или преобразование в оптический для дальнейшей передачи.



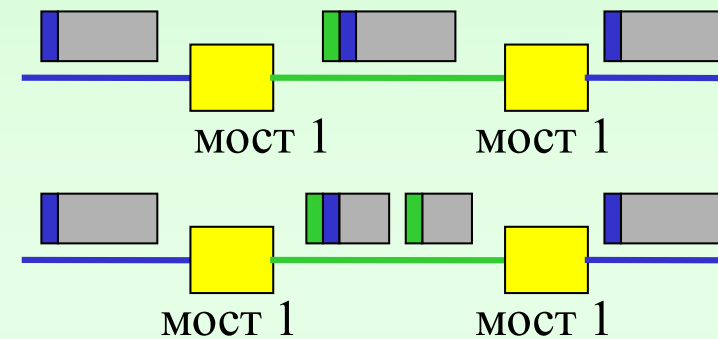
Коммуникационные устройства



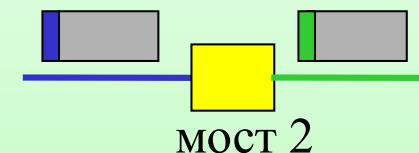
Мост (bridge, физический и канальный).

Соединяет две идентичные сети с некоторыми физическими различиями на уровнях 1 и 2.

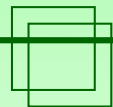
Мост 1 типа никак не обрабатывает пакеты, а просто упаковывает их в стандарт смежной сети (инкапсуляция, иногда фрагментация). Эти мосты для связи двух однотипных сетей через некую другую.



Мост 2 типа извлекает содержимое пакета, извлекает данные и управляющую информацию и переупаковывает его в стандарт смежной сети. Этот тип мостов используется для соединения сетей, использующих разные протоколы. Мосты могут фильтровать те сообщения, которые идут к ним в сеть.



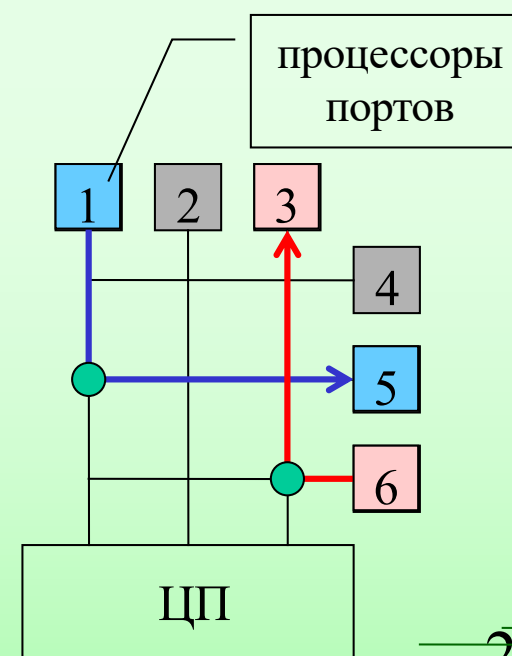
Коммуникационные устройства



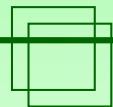
Коммутатор (switch, канальный уровень)

Высокоскоростной многопортовый мост. Не только перенаправляет кадры, но и в некоторых случаях исследует конфигурацию сети. Возможность параллельной обработки кадров, поступающих с разных портов. Подвержены широковещательным штормам (обязаны пропускать дальше широковещательный трафик). На входе и выходе могут быть различные архитектуры сетей (Token Ring | Ethernet).

Различные схемные решения: схема с коммутирующей матрицей (см. рисунок), с разделяемой многовходовой памятью, с общей шиной (высокоскоростной магистралью в режиме разделения времени). Если есть входной буфер у портов коммутатора, то есть отбраковка испорченных кадров (напр. при проверки поля CRC).



Режимы коммутации



Существует три способа коммутации (время ожидания vs надежность передачи).

- **С промежуточным хранением (store-and-forward)**

Коммутатор читает всю информацию в кадре, проверяет его на отсутствие ошибок, выбирает порт коммутации и после этого посылает в него кадр.

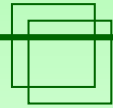
- **Сквозной (cut-through)**

Коммутатор считывает в кадре только адрес назначения и после выполняет коммутацию. Этот режим уменьшает задержки при передаче, но в нём нет метода обнаружения ошибок.

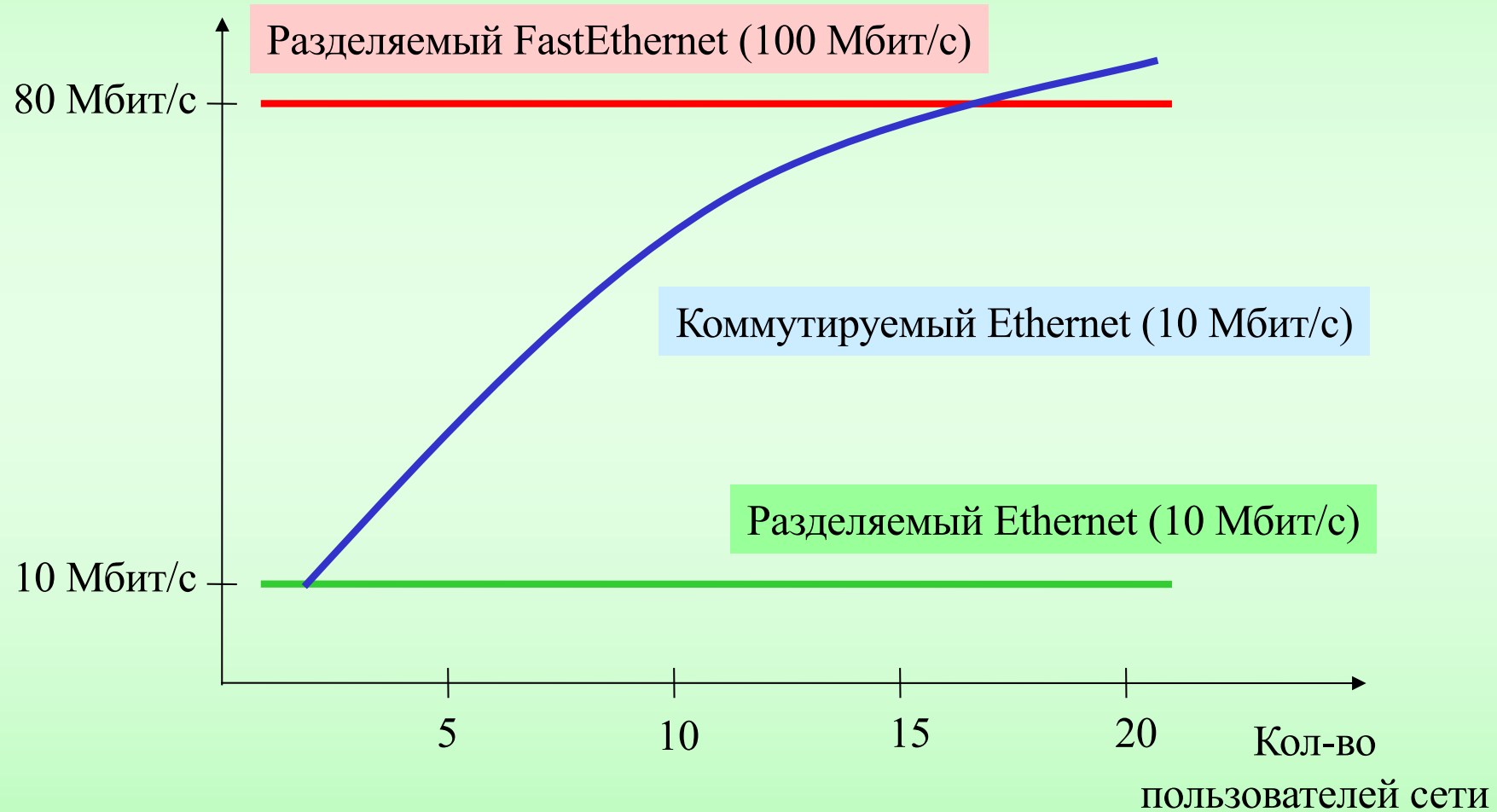
- **Бесфрагментный (fragment-free) или гибридный**

Этот режим является модификацией сквозного режима. Передача осуществляется после фильтрации фрагментов коллизий (кадры размером 64 байта обрабатываются по технологии store-and-forward, остальные – по технологии cut-through).

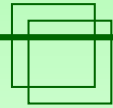
Пропускная способность



Общая пропускная способность локальной сети



Свойства коммутаторов

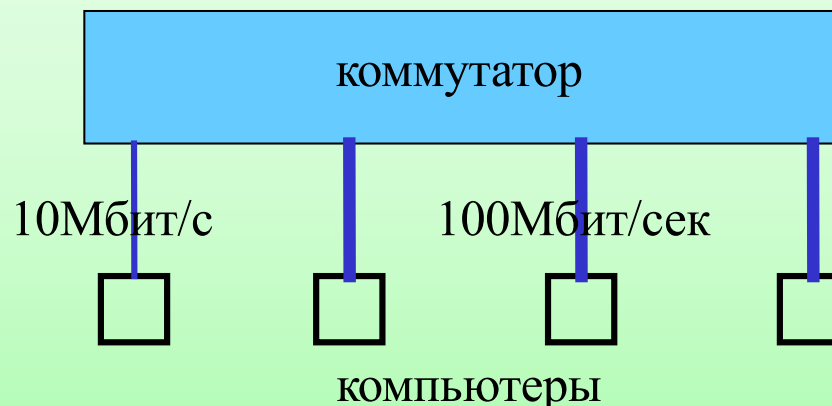


Разгрузка коммутаторов (устарело)

В случае, если коммутатор перегружен, т.е. вынужден отбрасывать входящие пакеты из-за того, что не справляется с трафиком, он может попытаться уменьшить его.

Агрессивное поведение (сам коммутатор засоряет сеть, посылая в свои порты кадры, чтоб хотя бы на время передачи не было входящей информации) и метод обратного давления (коммутатор посылает в ответ на каждый кадр один свой фиктивный, занимая среду передачи).

Без коммутаторов невозможна совместная работа сети с устройствами 10 и 100Мбит/сек. на скорости 100Мбит/сек.



Действия коммутаторов

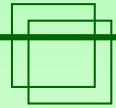


Таблица соответствия MAC адресов номерам порта (СОМ-таблица)

MAC 1 == порт 1

MAC 2 == порт 2

MAC 3 == порт 1

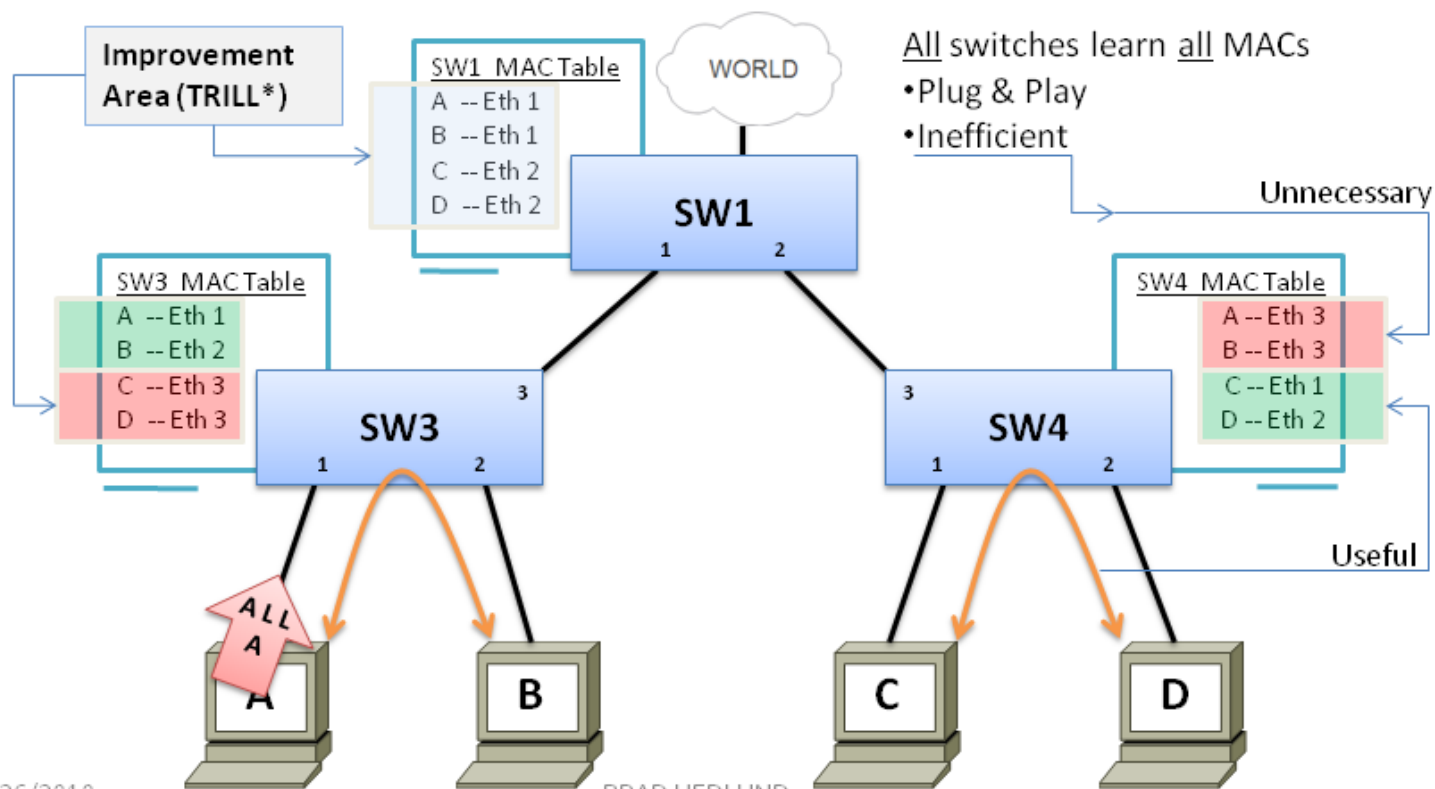
MAC 4 == порт 3

Данная СОМ-таблица формируется по мере поступления кадров на разные порты коммутатора. При поступлении кадра на один из портов коммутатор читает MAC адрес отправителя и заносит его в таблицу.

Если MAC адрес получателя известен коммутатору, он перенаправляет кадр в соответствующий порт, если нет - во все порты кроме того, с которого пришел кадр.

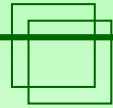
Действия коммутаторов

Classical Ethernet MAC Learning

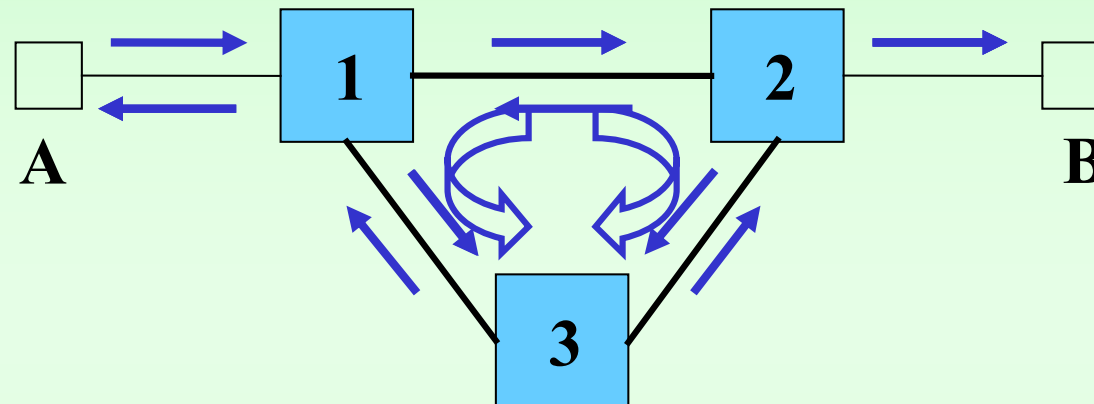


<http://bradhedlund.com/2010/05/07/setting-the-stage-for-trill/>

Логические петли



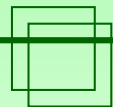
Логические петли при работе коммутаторов



Широковещательные штормы

Коммутаторы подвержены широковещательным штормам, поскольку обязаны перенаправлять широковещательные (для всех станций сети) кадры во все порты кроме входящего. Т.е. рассылая широковещательные запросы и требуя ответы одна станция может сильно загрузить связку коммутаторов.

Spanning Tree Algorithm



Spanning Tree Algorithm (алгоритм охватывающего дерева)

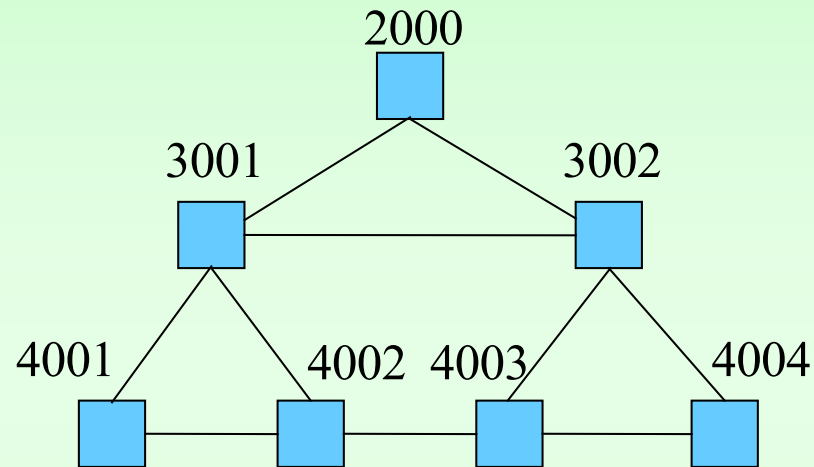
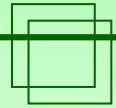
Создан для предотвращения появления логических петель.

Каждому коммутатору администратором приписывается уникальный номер (например, приоритет + MAC адрес в случае моста), чем меньше номер, тем главнее коммутатор.

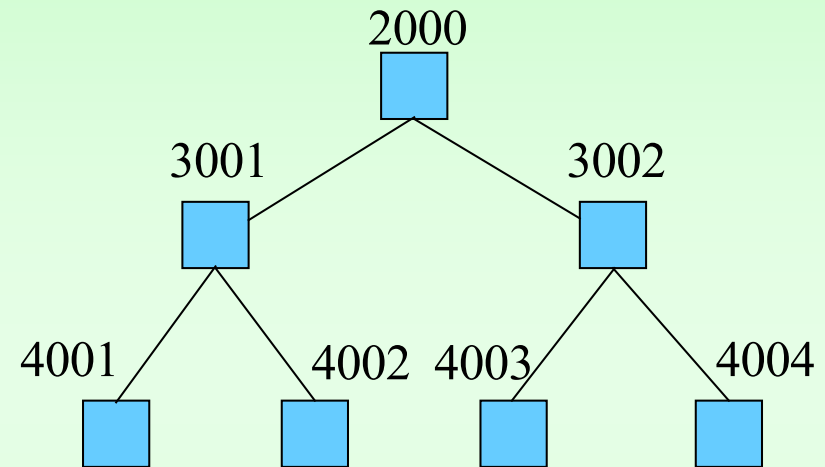
В начале работы все коммутаторы шлют в сеть **BPDU** (Bridge Protocol Data Unit) пакеты, в которых в качестве корневого коммутатора указывают свой адрес и идентификатор. Если какой-то коммутатор получил пакет с меньшим чем свой ID, то он начинает слать всем этот полученный ID. Таким образом, все узнают корень, который в дальнейшем только и будет рассылать пакеты BPDU.

Для определения структуры дерева в пакеты включается информация о стоимости своего канала. Корневым портом каждого коммутатора назначается тот, на который приходит BPDU пакет с минимальной ценой. Все остальные порты в дальнейшем не реагируют на BPDU пакеты. Если долго нет BPDU, то коммутатор снова переходит в состояние обучения.

Spanning Tree Algorithm



До

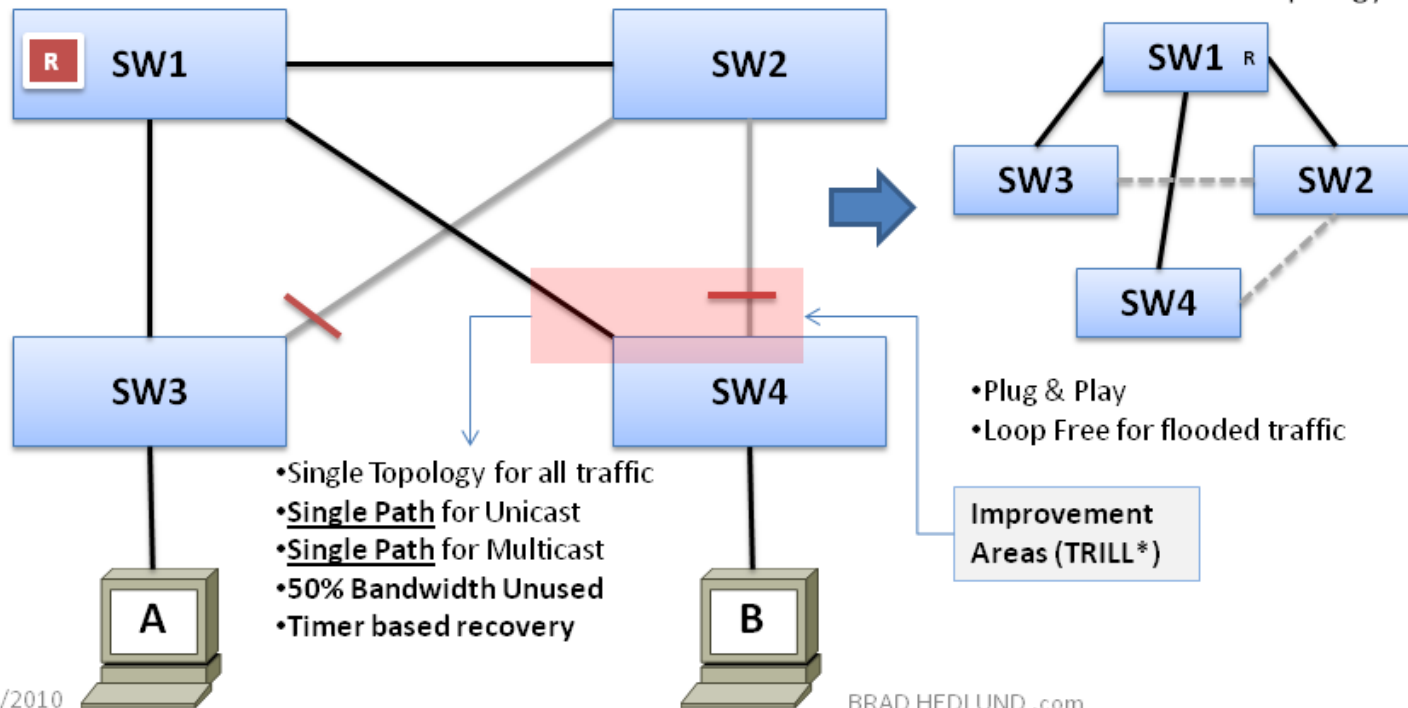


После

Spanning Tree Algorithm

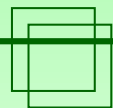
Classical Ethernet Loop Prevention

Spanning Tree Protocol (STP)



<http://bradhedlund.com/2010/05/07/setting-the-stage-for-trill/>

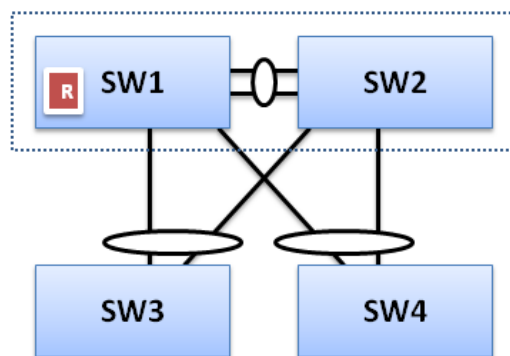
Spanning Tree Algorithm



Multi Path with Classic Ethernet

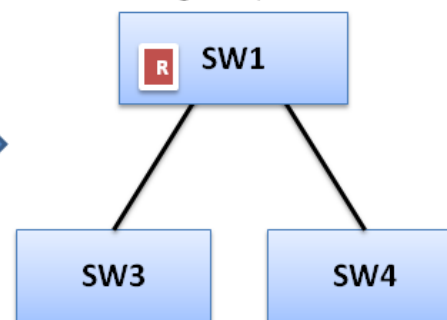
Multi Chassis Ether Channel (MCEC) aka Virtual Port Channel (vPC)

State Synchronization at Tier 1



Not a trivial accomplishment!
Several different states must be synced

STP finds a Loop Free Topology
No Blocking Paths, All links active



- ✓ STP Roles
- ✓ MAC learning
- ✓ LACP
- ✓ Interface states/config
- ✓ Split Brain detection

Improvement area (TRILL)
Multi path with minimal
state/sync complexity

5/26/2010

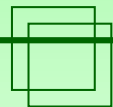
BRAD HEDLUND .com

<http://bradhedlund.com/2010/05/07/setting-the-stage-for-trill/>

Петли создаются только широковещательным (broadcast) трафиком. Unicast передача может и должна пользоваться "блокированными" линками. Существует несколько способов (коммутатор знает путь по умолчанию и спец.тоннель дальше в направлении следования).

Внимание! Напоминает маршрутизацию.

Коммуникационные устройства



Шлюз (gateway, работает на одном из пяти верхних уровней)

шлюз - аппаратура и программатура для соединения различных систем, сетей по различным протоколам.

Примеры:

- ⌘ маршрутизатор (router), сетевой уровень;
- ⌘ преобразование пакетов из одного стека протоколов в другой и маршрутизация (TCP/IP $\Leftrightarrow$ IPX/SPX), действия выше сетевого уровня;
- ⌘ почтовый шлюз (интернет-почта $\Leftrightarrow$ корпоративная почта внутренней системы документооборота), SMTP, прикладной уровень OSI/RM;
- ⌘ шлюзы интернет-почта/sms, заполненная html-форма (cgi скрипт)/ICQ сообщение.