

Канално ниво в локалните мрежи

6. Методи на достъп до
съобщителната среда в Ethernet.

7. Управление на канала в Ethernet.

Превключватели и мостове.

Виртуални локални мрежи и протокол
Spanning Tree.

LANs - мрежите с общодостъпно предаване

Мрежите с общодостъпно предаване се характеризират с общ комуникационен канал, който се споделя от всички машини, включени в мрежата.

Всеки изпратен кадър минава през общия канал и достига до всички машини в мрежата. Адресно поле в кадъра посочва за кой е предназначен този кадър.

Когато една машина получи кадър, тя проверява дали той е предназначен за нея. Ако това е така, кадърът се приема и обработва, в противен случай се отхвърля.

Мрежи с общодостъпно предаване

При мрежите с общодостъпно предаване основен проблем е да се определи кой да започне да използва канала, дали да има състезание или поредност.

Протоколите, които разрешават този проблем се отнасят към подниво на каналния слой, наречено **подниво за достъп до средата** (**medium access control - MAC**). Наричат се още протоколи за множествен достъп (**Multiple Access**)

Регионалните мрежи използват връзки "точка-точка" (point-to-point), докато общодостъпни многоточкови (**multipoint**) канали се използват най-вече при локалните мрежи.

Мрежи с общодостъпно предаване

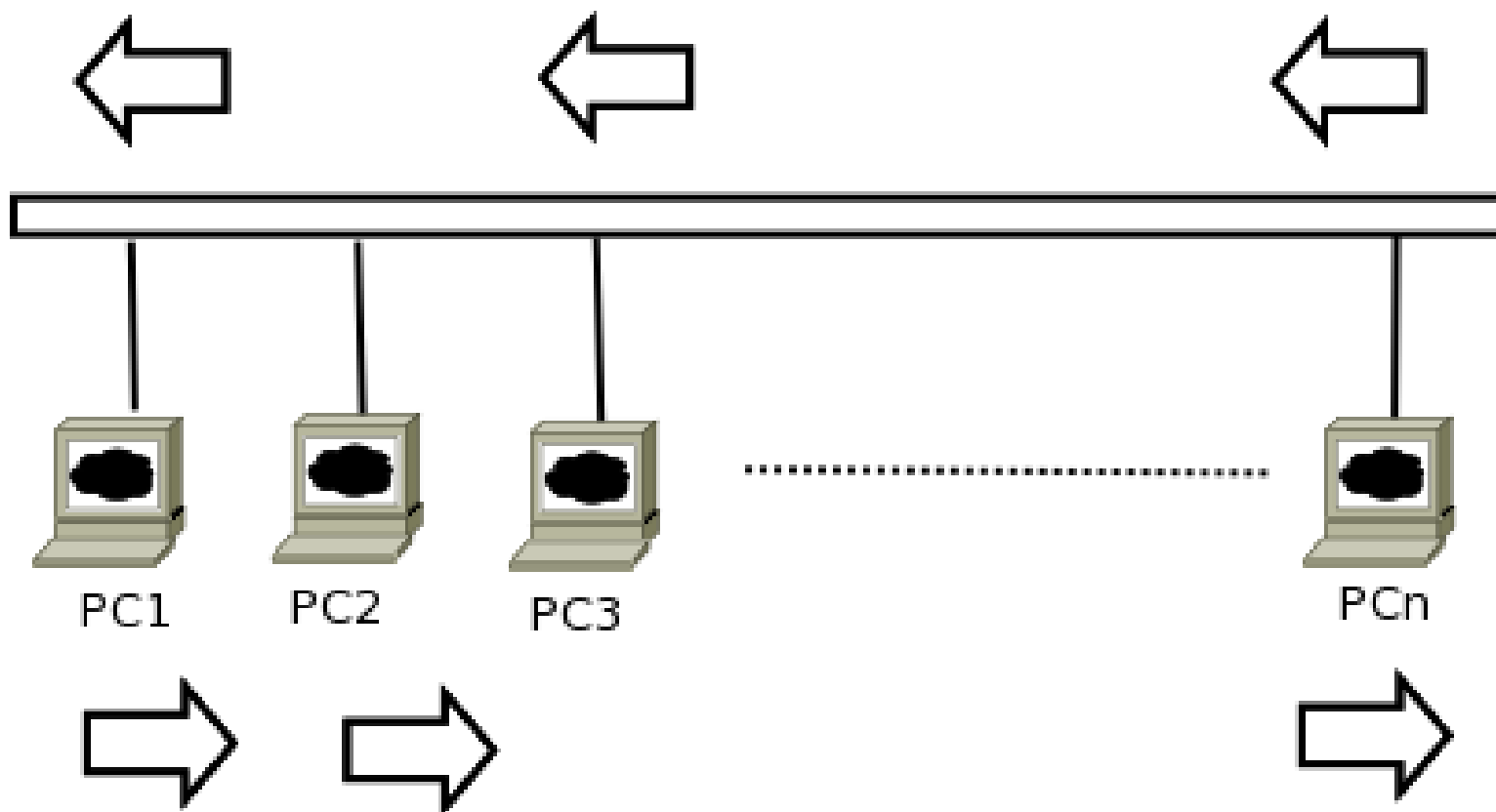
Протоколите (процедурите) за достъп до канала се делят на две основни групи:

- детерминирани и
- състезателни

От първите най-известни са **Token Ring** (разработка на IBM) и **FDDI**. Те могат да се сравнят с кръгово кръстовище, регулирано със светофари.

Поради сложността им бяха изместени изцяло от състезателните. По-нататък ще се занимаваме с тях.

Локална мрежа Token Ring



“Чиста” ALOHA

Идва от мрежата в Университета в Хонолулу –
Хавайските острови.

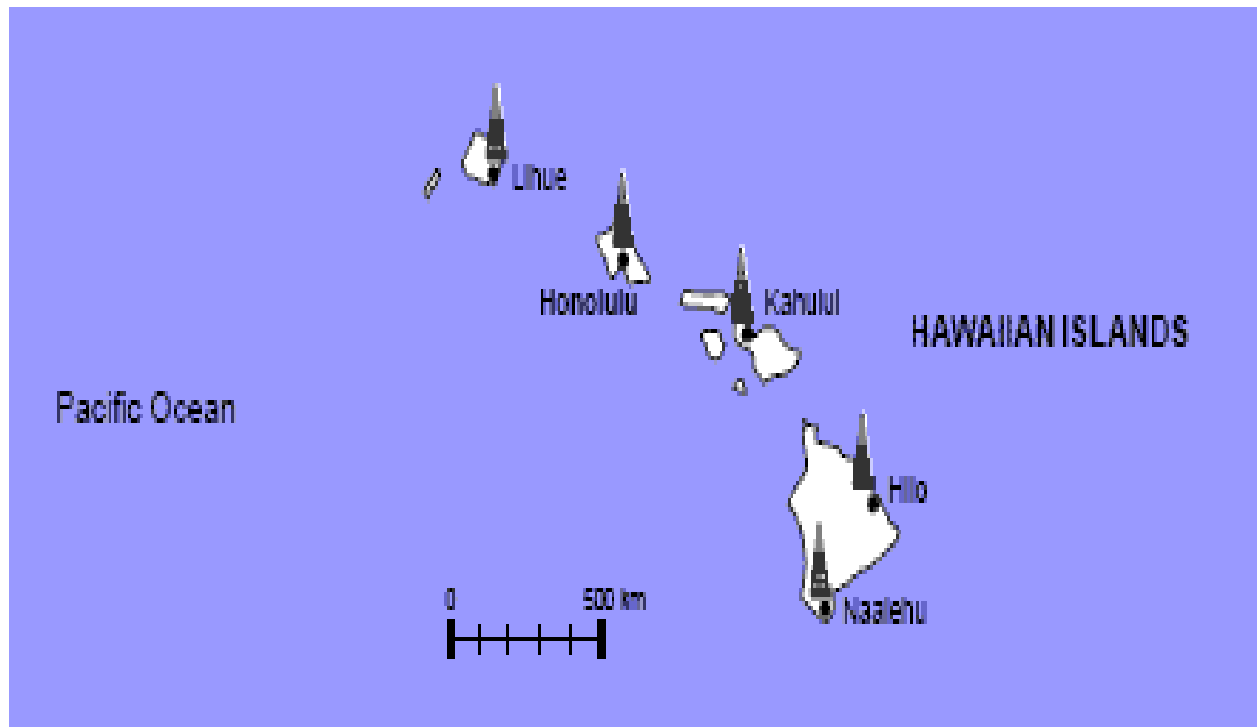
Множество радиостанции, разположени на
различните острови.

Всяка предава, “когато си поиска”, без да се
съобразява с другите.

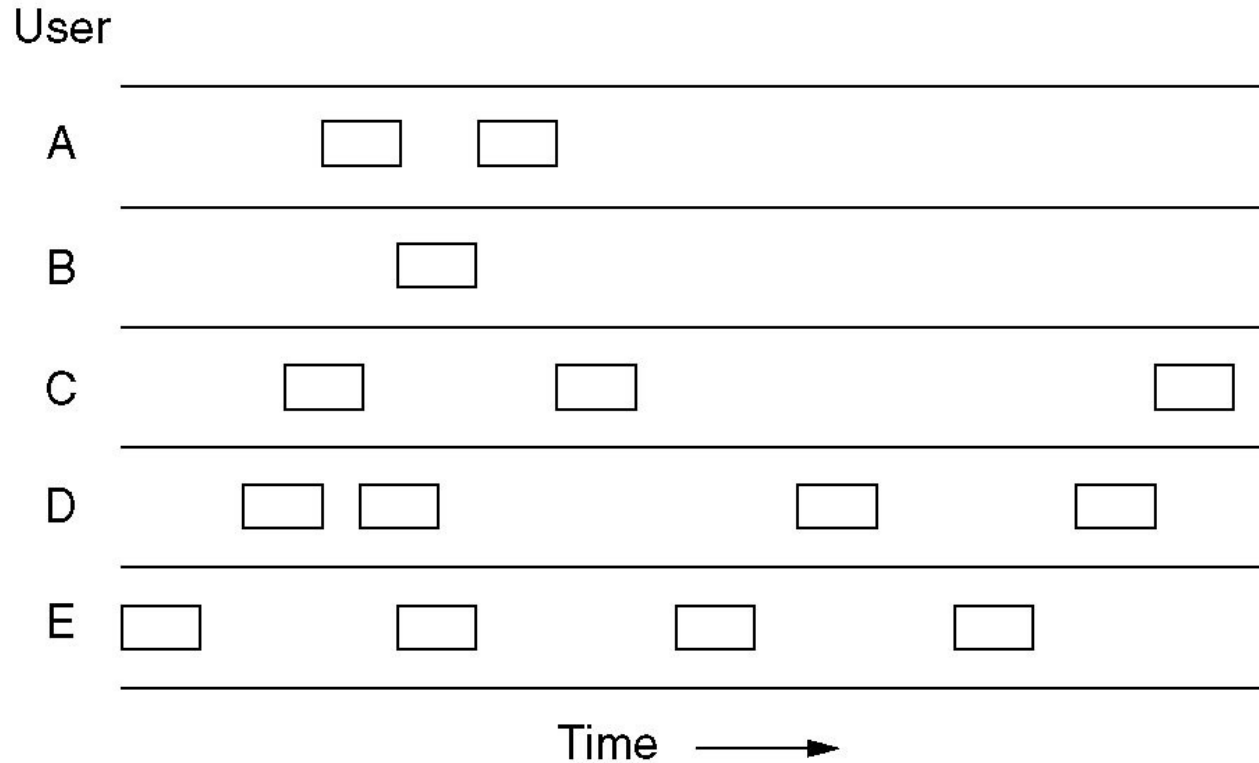
Aloha си е Multiple Access (МА) и

Съответства на “нерегулируемо кръстовище”

ALOHA

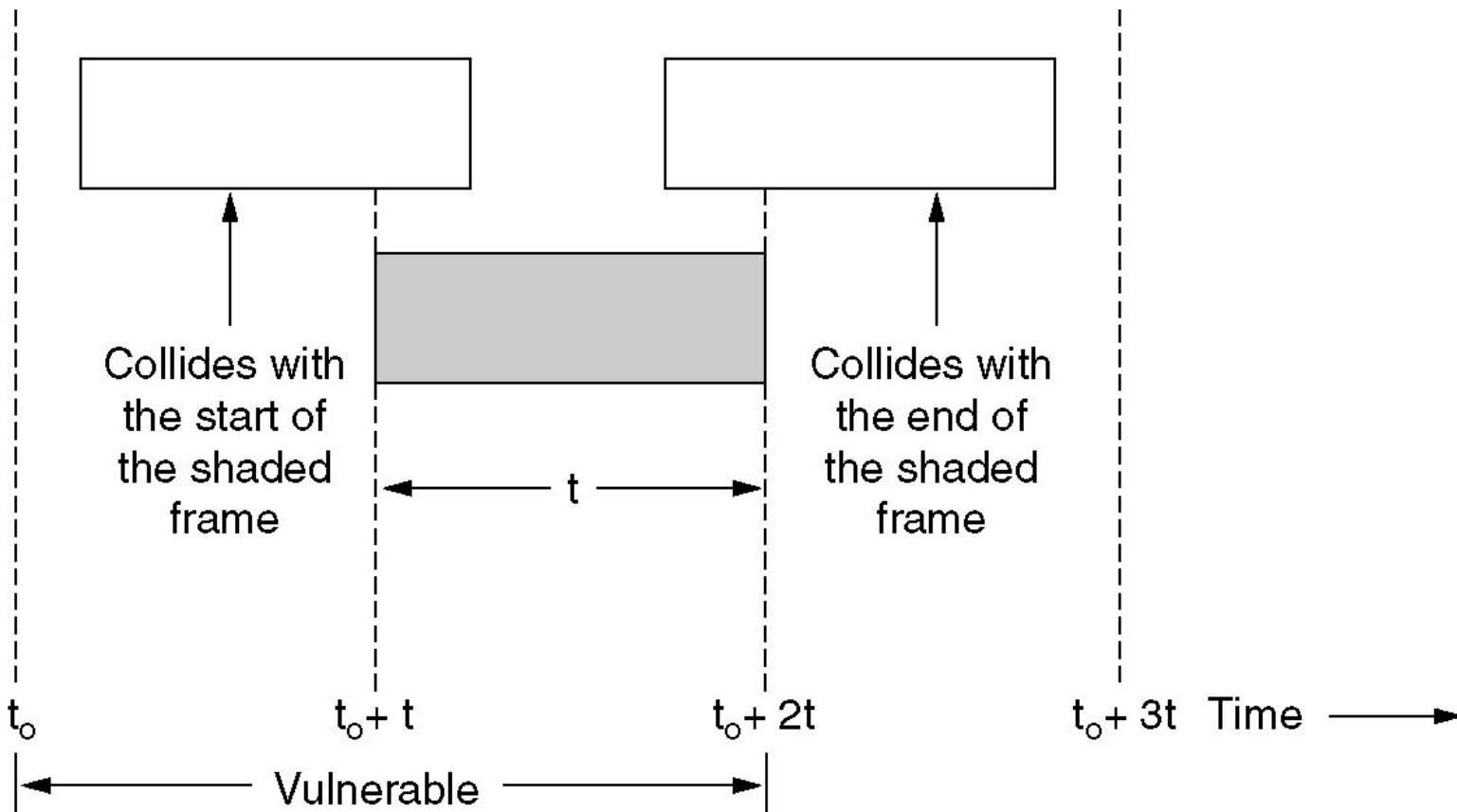


Чиста АЛОНА



Кадрите се предават в произволно време.

Чиста АЛОНА. Колизии.

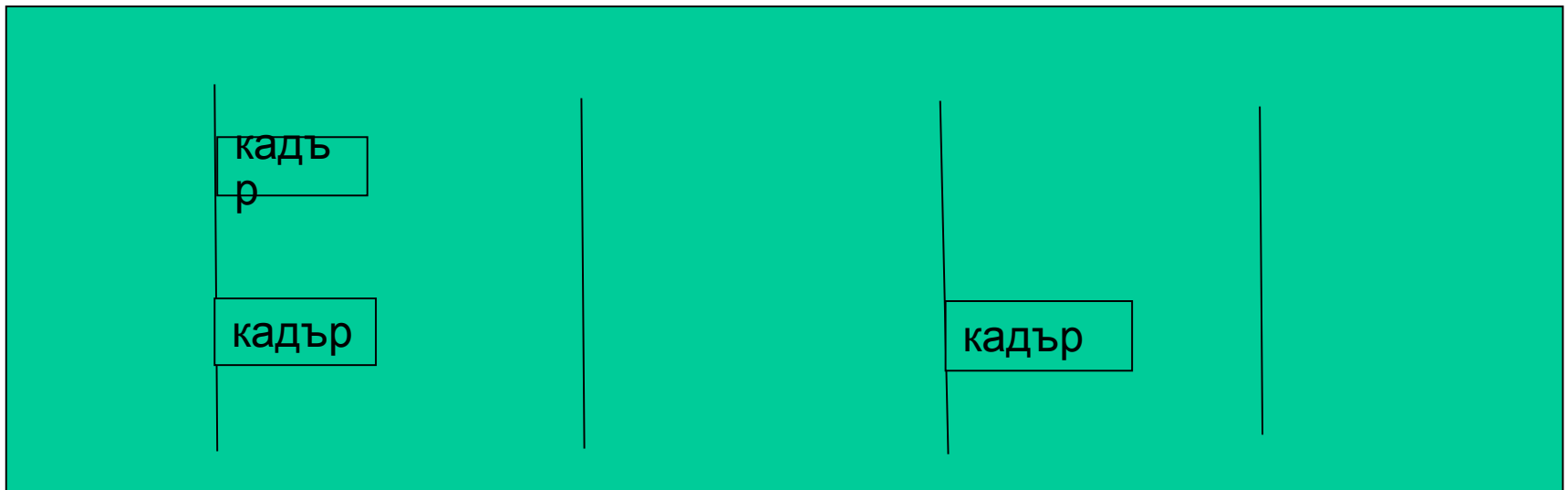


Колизии с началото и края на долния кадър.

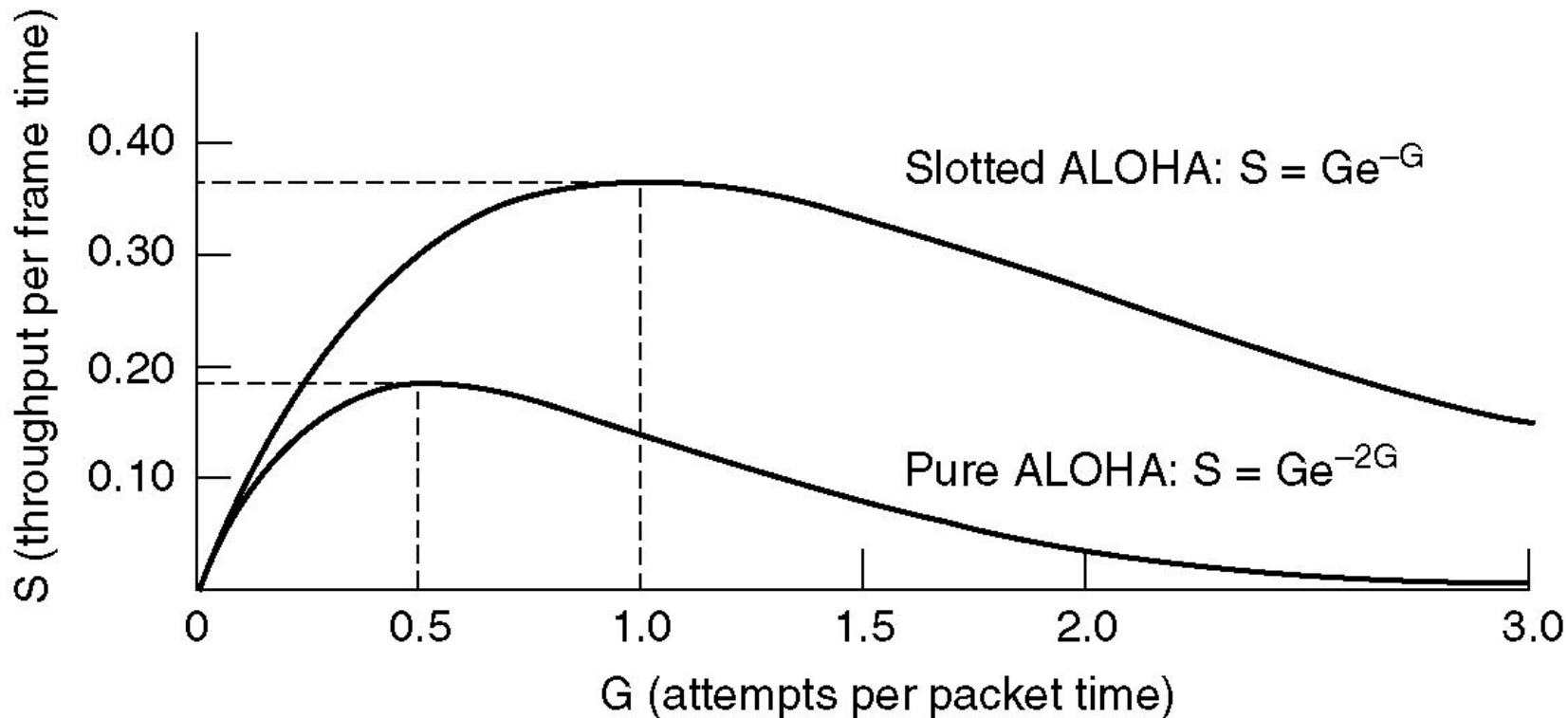
Slotted ALOHA

Предава само в началото на синхронизирани отрязъци от време - “slot times”

Колизии се ограничават само във времето на предаване на един кадър

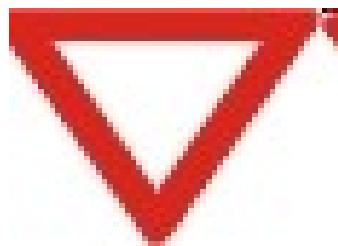


Pure vs. Slotted ALOHA



Пропускателна способност спрямо ниво на трафика

Carrier Sense Multiple Access (CSMA)



Можем да го сравним със знака „Пропусни движещите се по пътя с предимство!“

Протоколите, които прослушват носещата, се наричат **carrier sense multiple access** (множествен достъп с откриване на носещата – **МДОН**).

Предложени са от **Kleinrock и Tobagi** (1975), които са анализирали техни варианти.

Един от тях се нарича **1-persistent CSMA** (1 **настойчив**).

Протоколът се нарича **1-persistent**, защото станцията започва да предава с вероятност 1, ако има свободен канал.

Nonpersistent CSMA

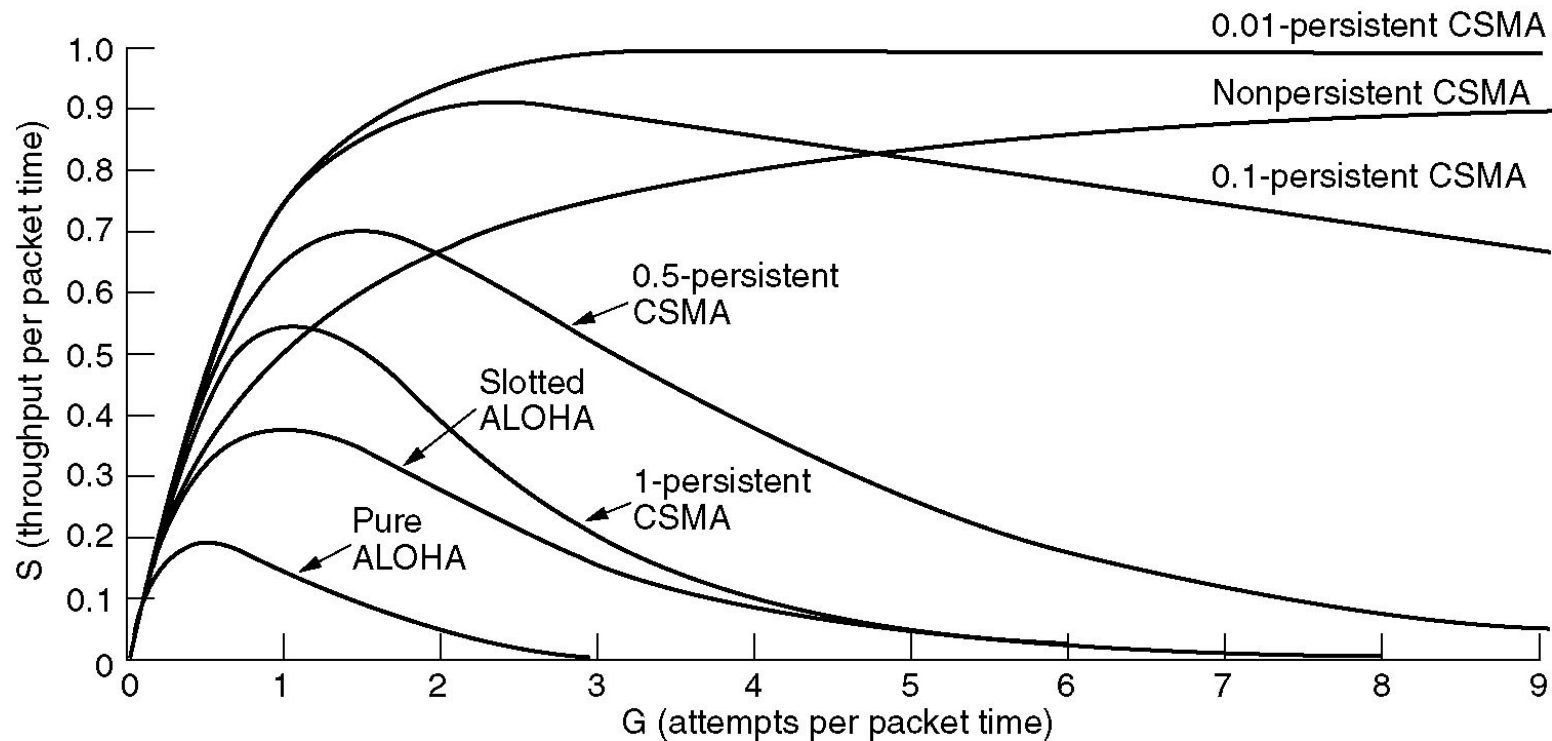
Този протокол не е толкова “лаком”. Станцията прослушва канала, ако никой не предава, започва тя. Ако каналът е зает, станцията не продължава да прослушва, а изчаква произволен период от време, след което повтаря алгоритъма.

Постига се по-добро оползотворяване на канала от 1-persistent CSMA.

p-persistent CSMA се отнася към канали с времеделене (time slot).

Ако каналът е свободен готовата станция започва да предава с вероятност p . С вероятност $q = 1 - p$ отлага за следващия слот. Ако и той е свободен, или предава, или отлага с вероятност p или q .

Persistent и Nonpersistent CSMA



Използване на канала спрямо натоварването

CSMA плюс Collision Detection



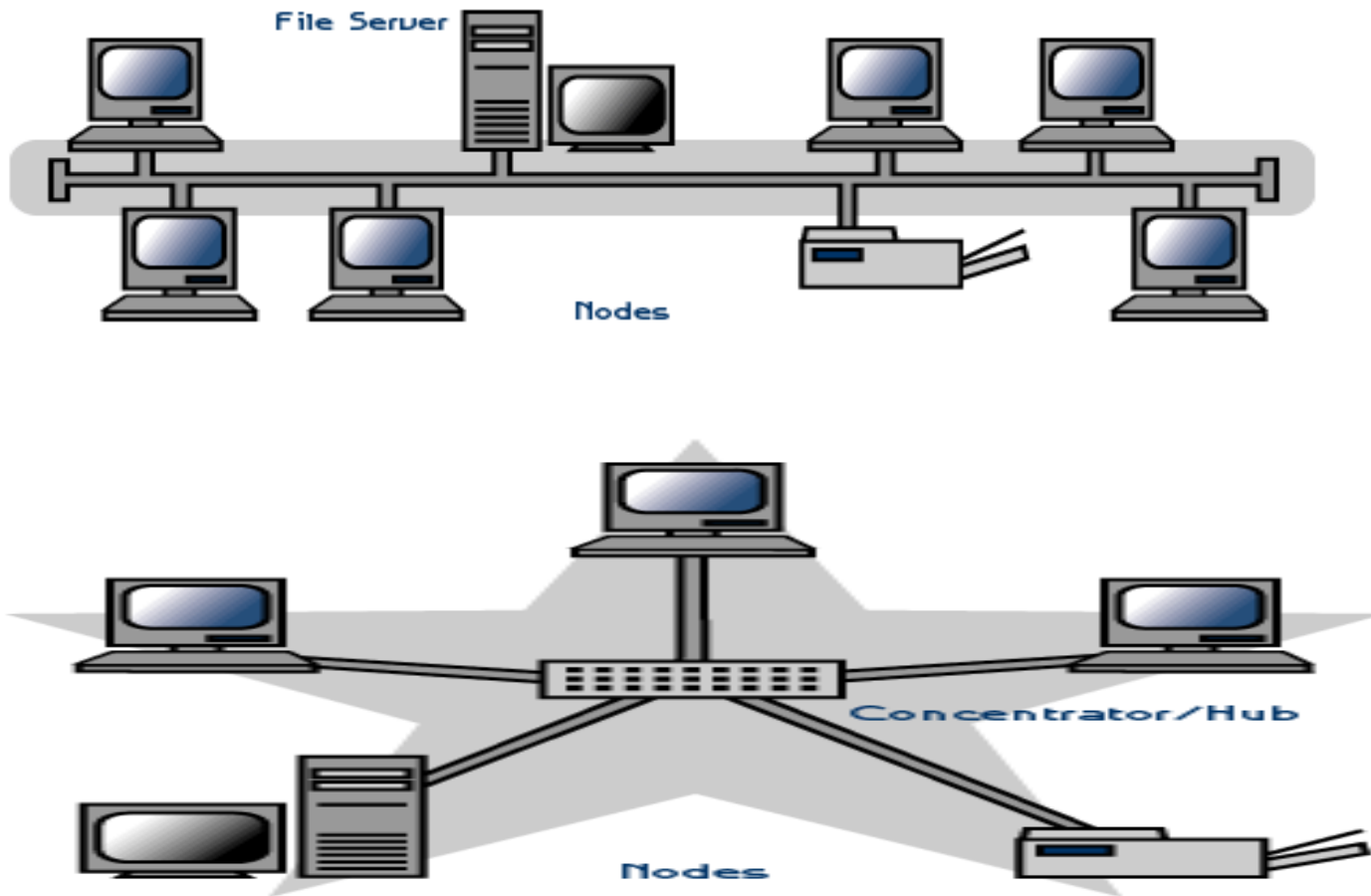
Друго подобрене е станциите да прекратятват предаването в момента, когато “забележат” колизия.

Т.е, ако две станции открият свободен канал и започнат да предават едновременно, едновременно ще разпознаят и колизията.

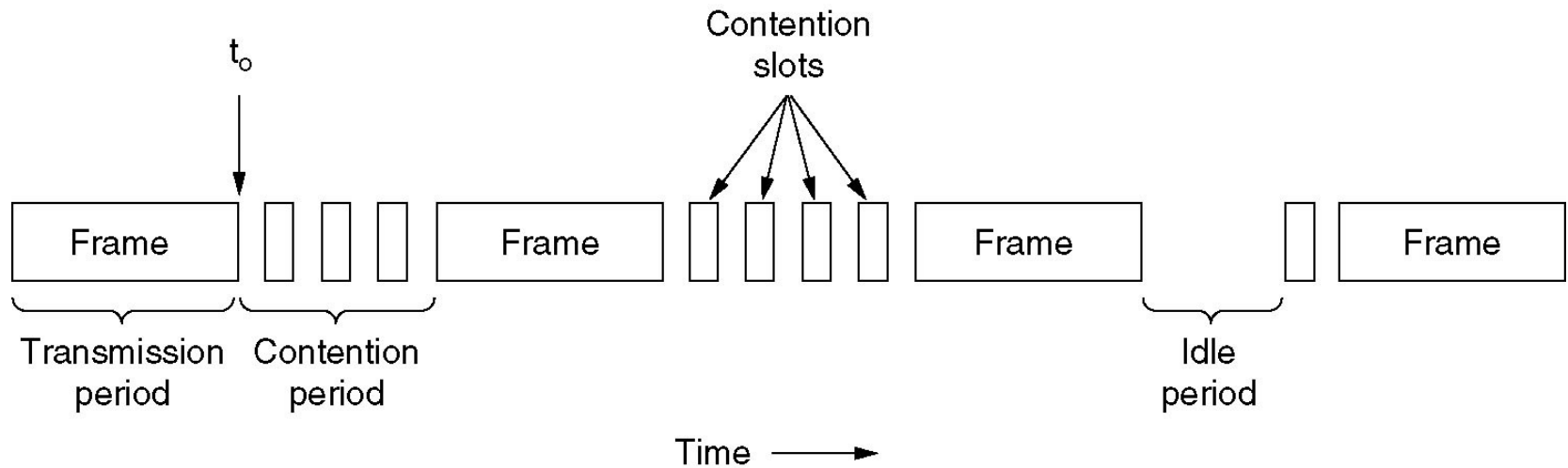
Те спират предаването веднага щом разпознаят колизията.

Този протокол е **CSMA/CD** (**CSMA with Collision Detection**) и се използва в LAN **Ethernet**.

Ethernet. Логическа шина.



CSMA/CD



CSMA/CD е в едно от трите състояния: състезание, предаване и свободно.

CSMA/CD

Малко по-подробно за състезателната процедура.
Нека двете станции започнат да предават в момент t_0 . Колко време им трябва да разберат за колизията?

Най-лошият случай. Нека времето за пътуване между двете най-отдалечени станции е τ . В t_0 една станция започва да предава. В $\tau - \epsilon$ най-отдалечената също започва да предава. Тя веднага разпознава колизията и спира, но

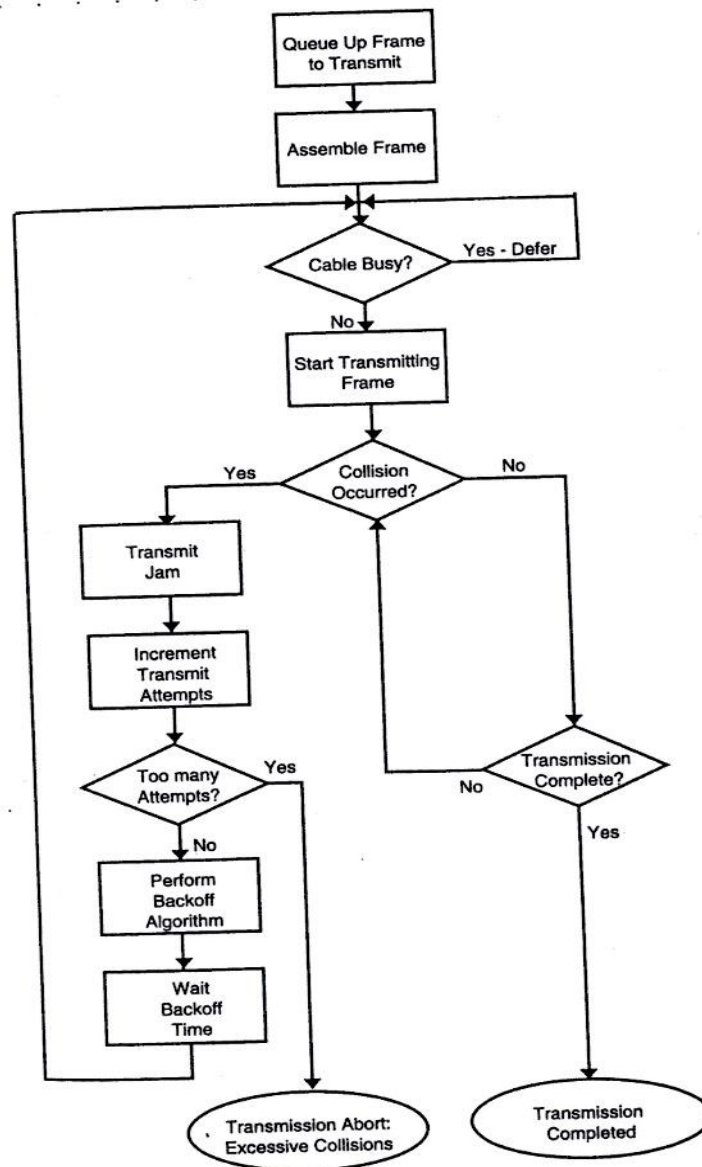
CSMA/CD

Шумът от колизията достига до оригиналната за време $2\tau - \epsilon$.

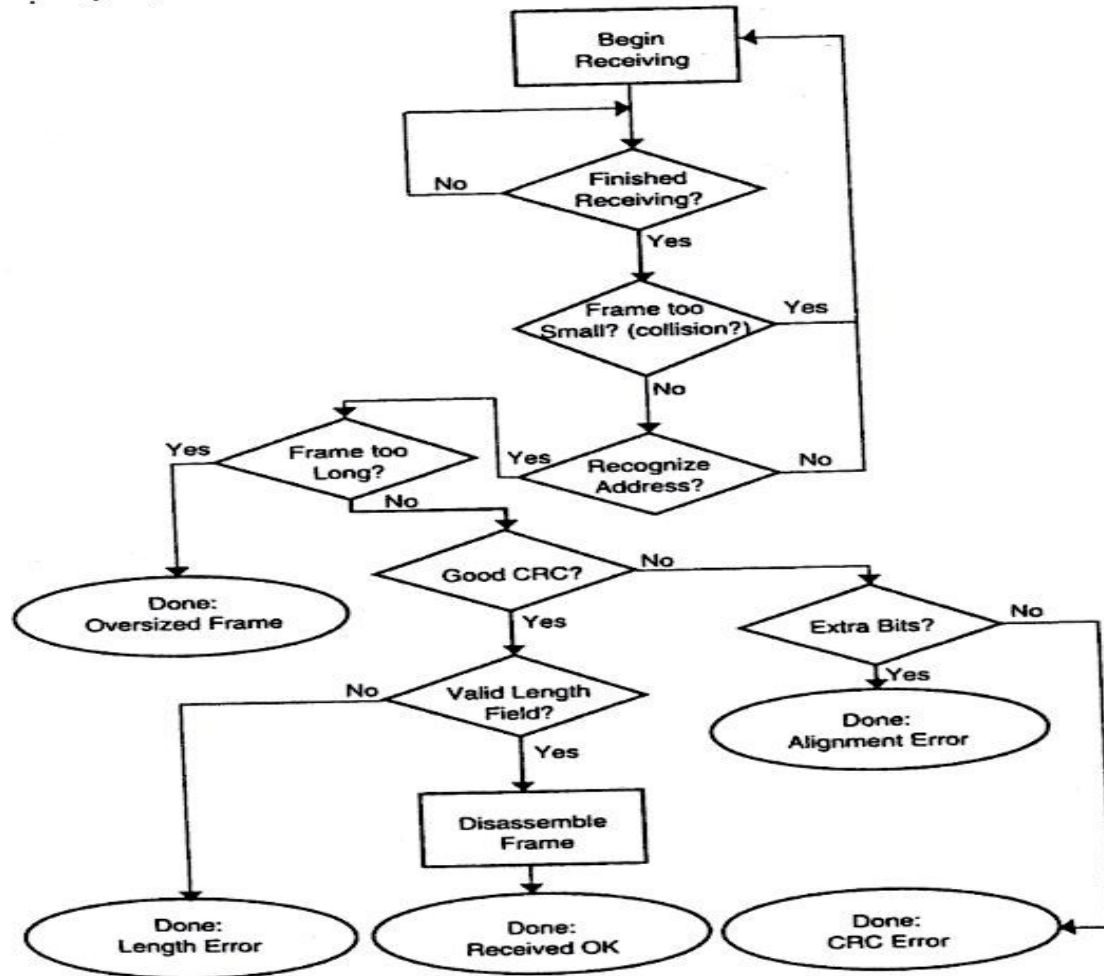
Т.е, в най-лошият случай една станция не може да е сигурна, че е “хванала” канала, докато не е предавала за 2τ , без да е чула колизия.

В 1-km коаксиален кабел $\tau \approx 4.8 \mu\text{sec}$.

Предаване на Ethernet кадри



Приемане на Ethernet кадри



Robert M. "Bob" Metcalfe. Една жива легенда.

Откривателят на Ethernet



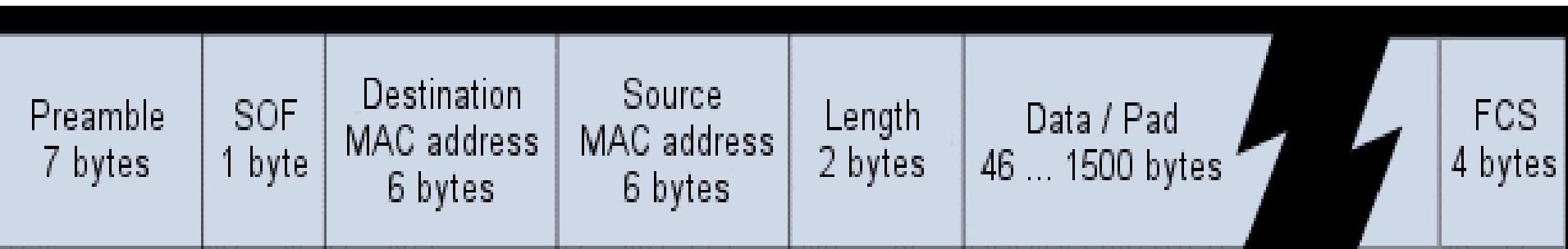
ART: DALE STEPHANOS

Най-разпространената LAN Ethernet

Описана в стандарта **IEEE** (Institute of Electrical and Electronic Engineers) **802.3**, издаден през 70-те години.

Един персонален компютър се свързва в Ethernet мрежа с помощта на **NIC** (**Network Interface Card**), която изпраща и приема кадри (**frames**).

802.3 Кадр (Novell raw)



Preamble = 56 бита 0-и и 1-ци.

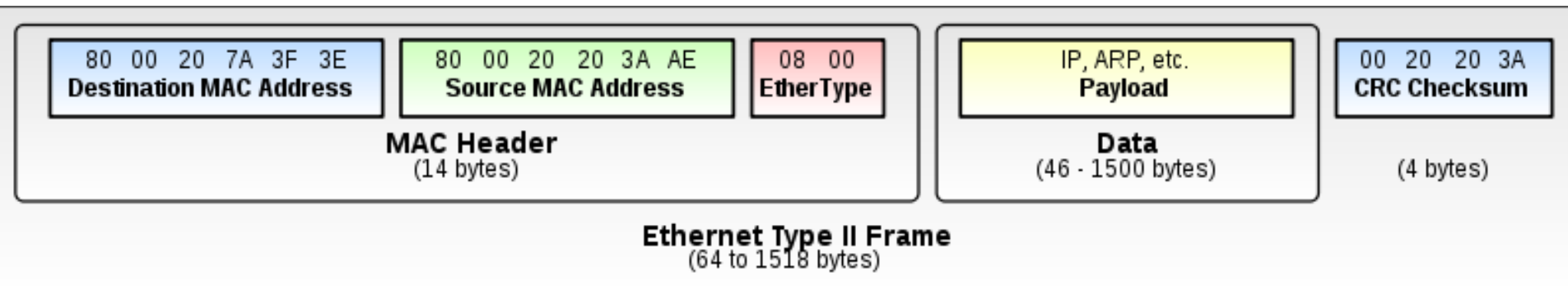
SOF = Start of frame: "10101011"

Data / Pad = ако няма достатъчно данни (**payload**), полето за данни се допълва, за да имаме минимален размер на кадъра

FCS = Frame check sequence – **CRC**

Днес се използва **Ethernet II frame**, **DIX** frame (DEC, Intel и Xerox); директно от **Internet Protocol**.

Ethernet II кадър (DIX)



Destination address съдържа адресът на получателя на кадъра
Source address - адресът на изпращача на кадъра.

Най-младшият бит на най-старшия байт на адреса на получателя е 0 за нормален адрес и 1 за **групов** адрес. При групов адрес, кадърът е предназначен за група станции (**multicast**). Адрес на получател, състоящ се **само от 1** означава, че кадърът е предназначен за всички станции (**broadcast**).

Полето *EtherType*: 0x0800 кадърът носи IPv4 дейтаграма; 0x0806 - ARP, 0x8100 - IEEE 802.1Q и 0x86DD - IPv6.

Формат на кадрите в Ethernet

Данните се съдържат в полето *Data* и максималната им дължина е **1500 байта**. Това е т.нар. **payload**.

Освен максимална дължина на кадъра има и **минимална дължина** на кадъра.

В стандарта 802.3 минималната дължина на кадъра е **64 байта**.

Защото времето за разпознаване на колизия (конфликт) е времето за предаване на 64 байта.

Полето *Pad* за запълване на кадъра до 64 байта.

Полето *Checksum* е контролна сума, която се използва за откриване на грешки при предаването.

Maximum Transmission Unit (MTU)

В компютърните мрежи **MTU** в протокол на даден слой е максималната дължина на полето за данни (в байтове), който може да понесе дадения слой. Т.е. максималния **payload**.

По-голям **MTU** означава по-висока ефективност:

- един пакет носи **повече потребителски данни**;
- **по-малко** служебна информация (**overhead**).

Но, по-големите пакети окупират за по-голям период **бавните линии**. Например, 1500-байтов Ethernet кадър “захваща” за цяла секунда 14.4k модемна линия. Затова се налага **фрагментиране**.

Ефективност и нетна скорост

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Payload size}}{\text{Frame size}}$$

Максимална ефективност се постига с максимален payload:

$$\frac{1500}{1538} = 97.53\%$$

за **untagged** ethernet кадри и е $\frac{1500}{1542} = 97.28\%$

за **802.1Q VLAN tagging**.

Net bit rate: Net bit rate = Efficiency × Wire bit rate

Максималната нетна скорост за 100BASE-TX Ethernet без 802.1Q is **97.53 Mbit/s**.

MTU. Jumbo Frames.

jumbo frames са Ethernet кадри с дължина по-голяма от 1500 байта **payload (MTU)**. Приема се, че **jumbo frames** носят до **9000 bytes**.

Много, не и всички, Gigabit Ethernet суичове и карти поддържат **jumbo frames**, но всички Fast Ethernet поддържат само стандартните 1500 байта.

Дължина на Ethernet кадъра от 1518 байта е избрана въз основа на оценка на надеждността и скоростта на канала.

От друга страна, ако увеличим размера, по-големи обеми от данни ще се предадат с по-малко усилия:

- по-малко CPU цикли;
- по-малко прекъсвания;
- CPU се съсредоточава върху потребителските данни.

Jumbo Frames.Super Jumbo Frames

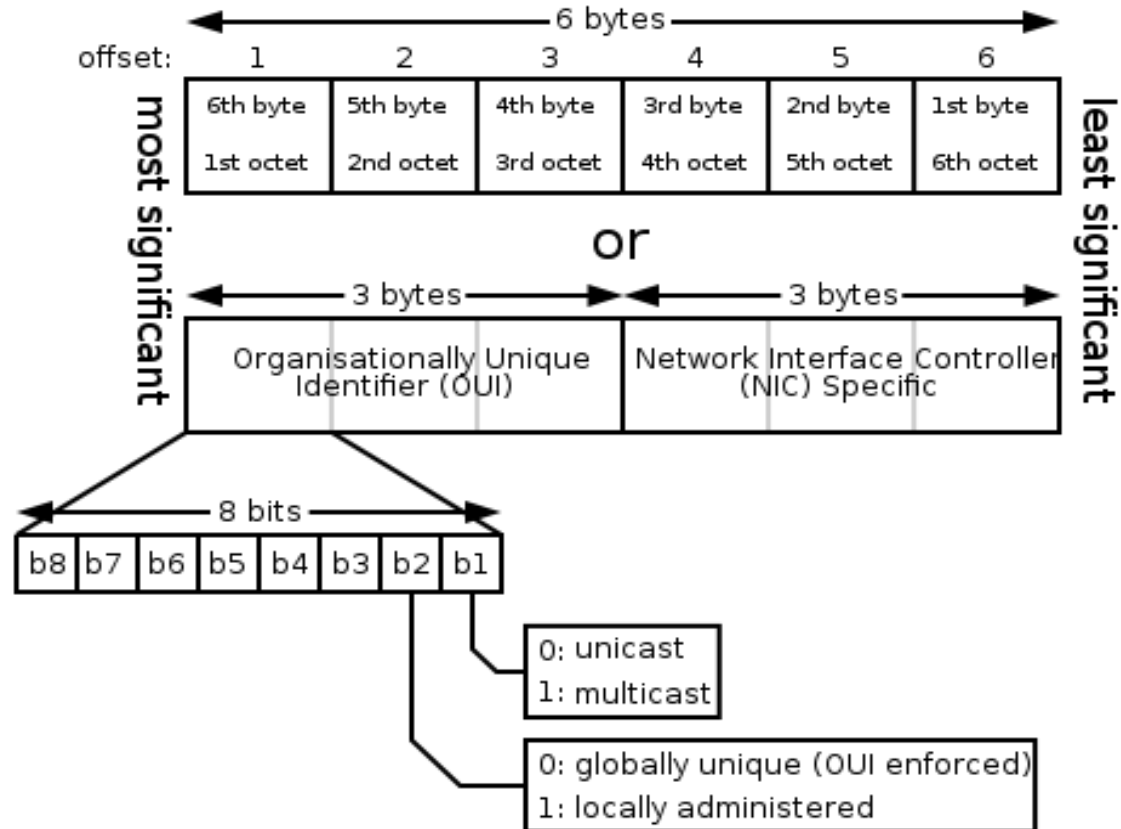
9000 байта като предпочитан размер на jumbo frames е резултат от споразумение между Joint Engineering Team of Internet2 и правителствените мрежи в САЩ.

Super jumbo frames (**SJFs**) са кадри с дължина над 9000 байта.

С растежа на скоростта на линията пропорционално би трябвало да расте и payload. Това обаче зависи от възможностите на логическите схеми, обработващи пакетите.

Колкото и да са трудни преговорите в тази насока, възможно е да се достигне дължина от 64000 байта.

Формат на MAC адрес



Формат на MAC адрес

Media Access Control адресът (MAC адрес), Ethernet Hardware Address (ЕНА) или хардуерен адрес, адрес на адаптера или физически адрес е квазиуникален идентификатор, присвоен на мрежов адаптер или NIC от производителя. В този случай MAC адресът съдържа закодиран идентификатора на производителя.

IEEE дефинира три схеми за формулиране на MAC адрес: MAC-48, EUI-48 и EUI-64. Търговски марки на IEEE са "EUI-48" и "EUI-64" (EUI - Extended Unique Identifier). Разликата между EUI-48 и MAC-48 е чисто семантична (но не и синтактическа): MAC-48 се използва за мрежов хардуер, а EUI-48 идентифицира други устройства и софтуер.

MAC spoofing

Макар че е смятан за перманентен и глобално уникален, днес е възможно да се смени MAC адреса (т.е не е “прогорен”) - **MAC spoofing**.

Оригиналният IEEE 802 MAC произлиза от Xerox Ethernet. Съдържа 2^{48} или **281,474,976,710,656** възможни адреси.

Според IEEE MAC-48 пространството няма да се изчерпи до 2100 г.

Адресите могат да бъдат “**универсално администрирани**” или “**локално администрирани**”.

Формат на MAC адрес

Универсално администриран е присвоен от производителя, още “прогорен” - "burned-in addresses" (BIA). Първите три октета показват организацията, издала идентификатора - Organizationally Unique Identifier (OUI).

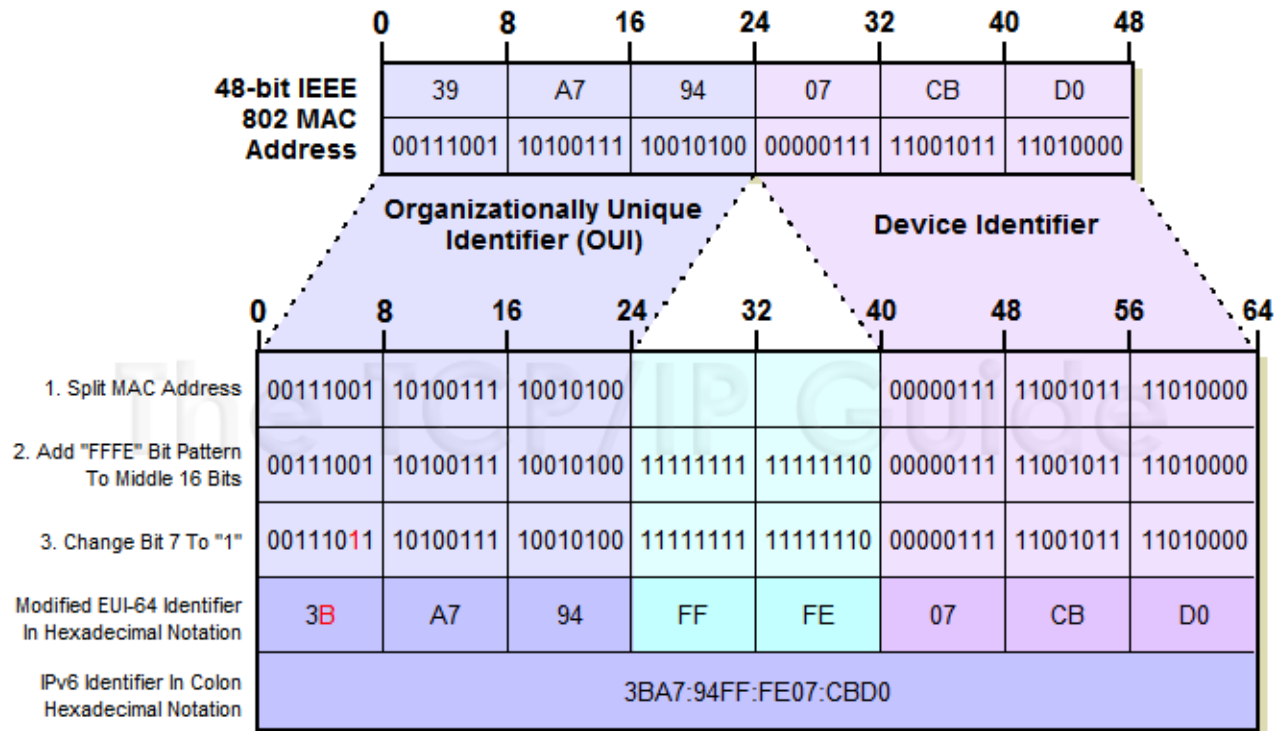
Следващите три октета (MAC-48 и EUI-48) или пет (EUI-64) се дават от самата организация.

Локално администриран се присвоява от мрежовия администратор, отменяйки “прогорения”. Те нямат OUI.

Разпознават се по bit 2 (2^1) в най-старшия октет на MAC-а. Ако е 0, адресът е универсален. Ако е 1, адресът е локален. Т.е е 0 на всички OUI-та.

Ако най-младшият бит – bit 1 (2^0) е 0, кадърът е предназначен за конкретна NIC - unicast. Ако е 1, кадърът трябва да достигне няколко (група) NIC-ве. Нарича се групов - multicast.

EUI-64 формат



64-Bit IPv6 Modified EUI-64 Interface Identifier

EUI-64 формат

EUI-64 се използват:

- * FireWire
- * IPv6 (младшите 64 бита в unicast мрежов адрес или [link-local](#) адрес)

Преобразуване на 48-бит MAC адрес в IPv6 модифициран EUI-64 идентификатор:

1. Вземаме 24-бит OUI частта и я поставяме в най-левите 24 бита на interface ID. А 24-бит локална част слагаме в най-десните 24 бита на interface ID.
2. В оставащите в средата 16 бита на interface ID поставяме стойността “11111111 11111110” (“FFFE” hex).
3. Така адресът ни е в EUI-64 формат. Променяме “[universal/local](#)” бита (бит 7 отляво) от 0 на 1.

И получаваме модифицирания [EUI-64 interface ID](#).

Манчестърски код

При физическото предаване кадрите се кодират в **манчестерски код (Manchester Encoding)**.

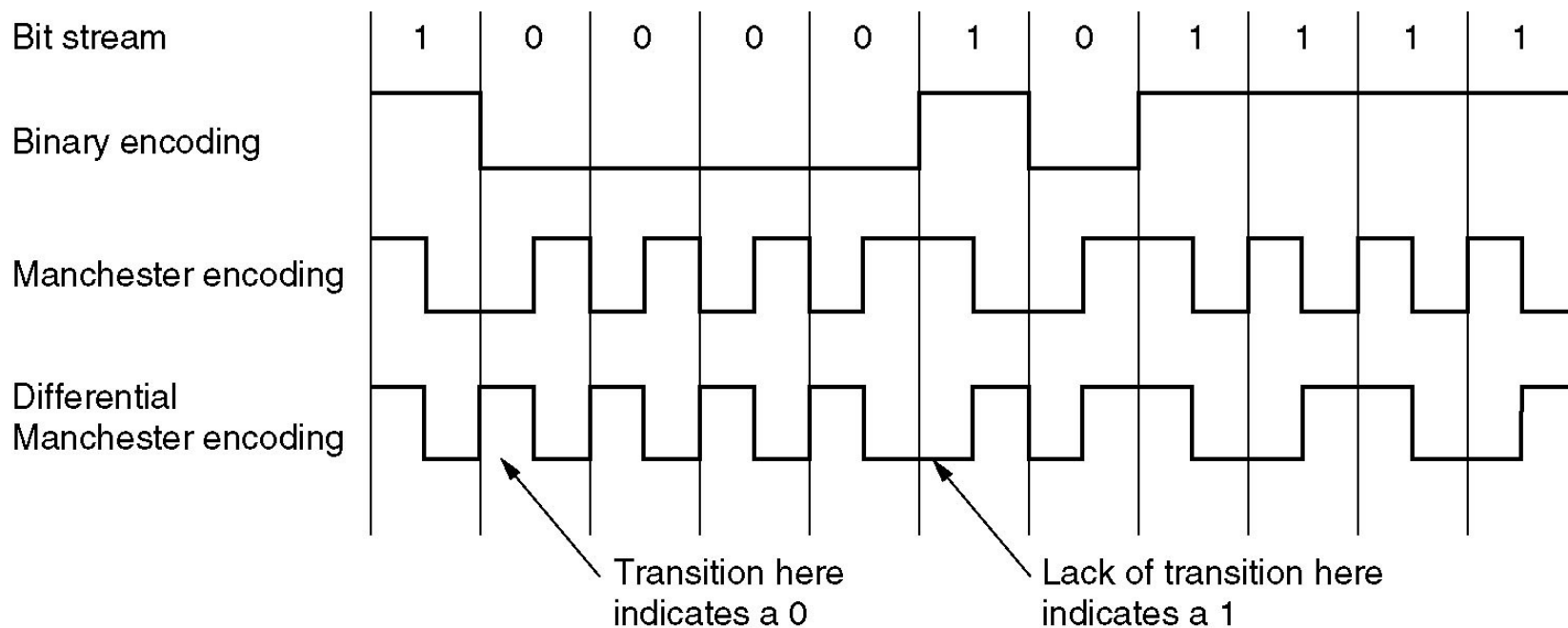
Периодът за предаване на един бит се разделя на две равни части.

Логическа **1** се кодира високо напрежение в първия период и ниско напрежение във втория период.

Логическа **0** се кодира с ниско напрежение в първия период и високо напрежение във втория период.

Преходът в средата на периода служи за синхронизация. По този начин няма нужда от паралелен синхронизиращ сигнал.

Манчестърски код



- (a) Двоичен код, (b) Манчестерско кодиране,
(c) Диференциално Манчестерско кодиране.

Ethernet кабели и топологии

Name	Cable	Max. seg.	Nodes/seg.	Advantages
10Base5	Thick coax	500 m	100	Original cable; now obsolete
10Base2	Thin coax	185 m	30	No hub needed
10Base-T	Twisted pair	100 m	1024	Cheapest system
10Base-F	Fiber optics	2000 m	1024	Best between buildings

100BASE-TX: Използва 2 чифта по Category 5 ([IEEE 802.3u](#)).

100BASE-FX: 100 Mbit/s Ethernet по FO.

1000BASE-T: 1 Gbit/s over Category 5e copper cabling ([802.3ab](#)).

1000BASE-SX: 1 Gbit/s по MM FO.

1000BASE-LX: 1 Gbit/s по SM FO (големи разстояния).

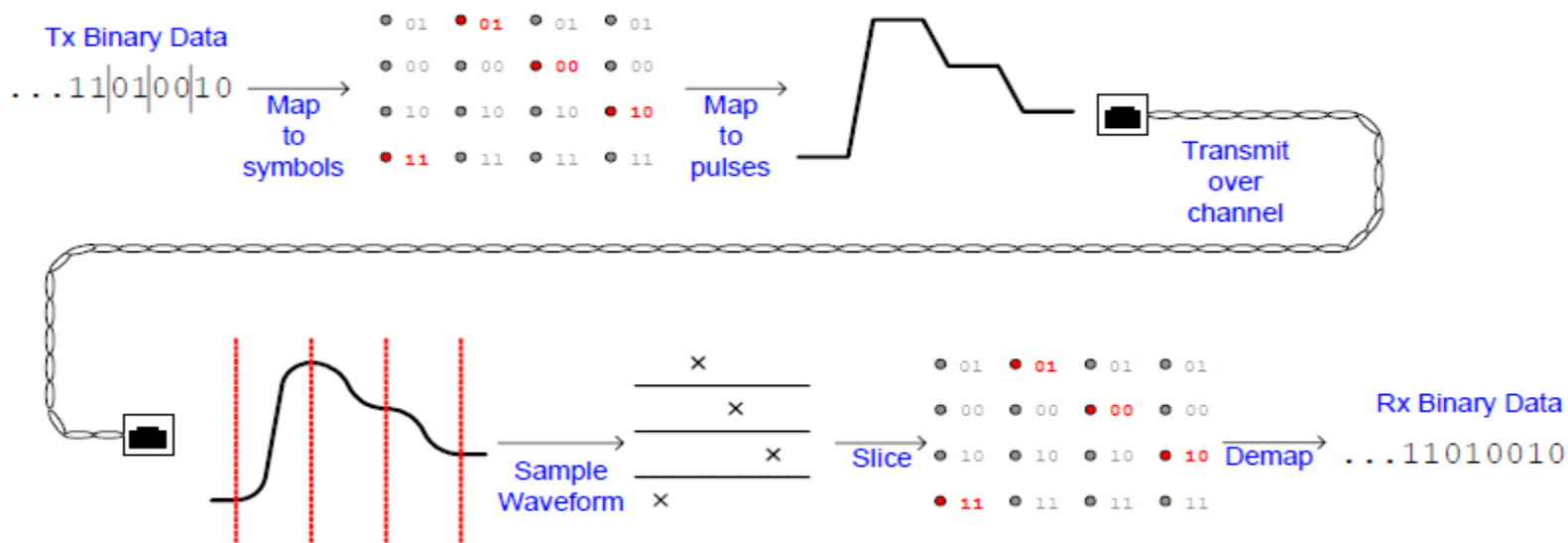
10GBASE-LX4: WDM - 240 m и 300 m по MM FO. 10 km по SM FO ([802.3ae](#)).

10GBASE-LR и **10GBASE-ER:** 10 km и 40 km по SM FO.

10GBASE-SW, **10GBASE-LW** и **10GBASE-EW.** Върху WAN PHY

10GBASE-T: меден кабел Категория 6a ([802.3an](#))

Сигнали с много нива

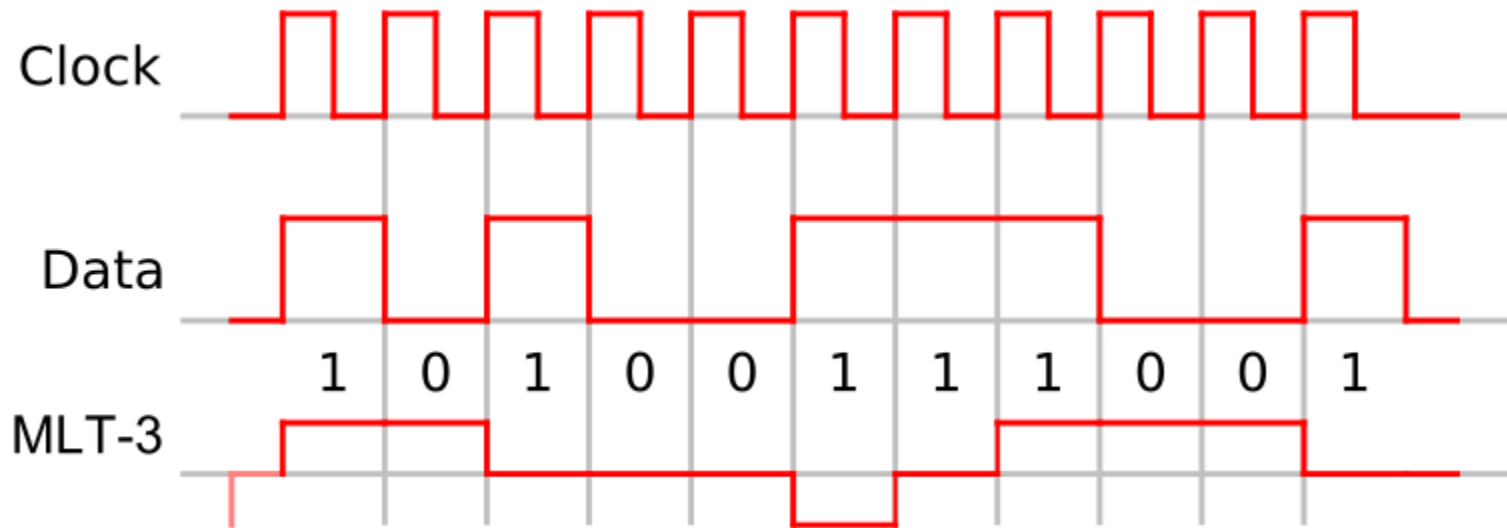


Предавайки сигнали с много нива на напрежение, **кодираме групи от битове**, а не с две нива да се кодира един единствен бит.

$$bw \sim 1/\text{бр.нива}$$

На фигурата имаме **4 нива**, кодираме **два бита** на ниво.

100BASE-TX MLT-3

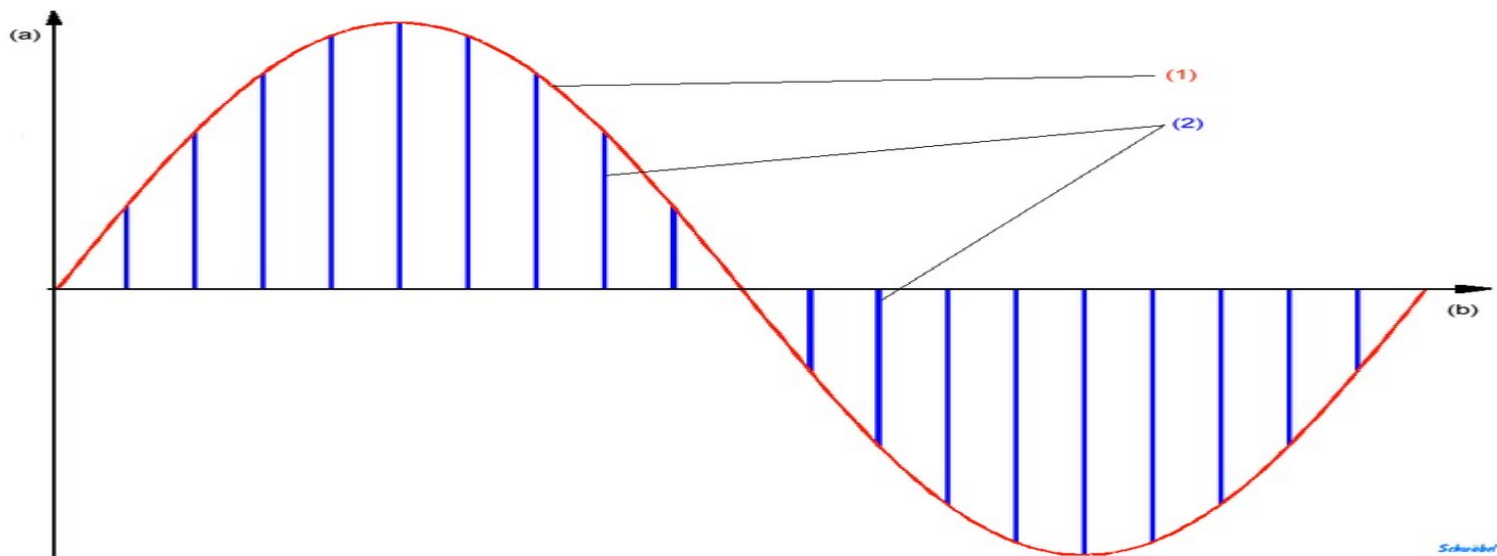


MLT-3 имама 4 прехода (бода - **baud**) за пълен цикъл.

Основната честота **$f_0 = 1/4$ baud rate**.

По-лесно се пренася по медните жици.

1000Base-T



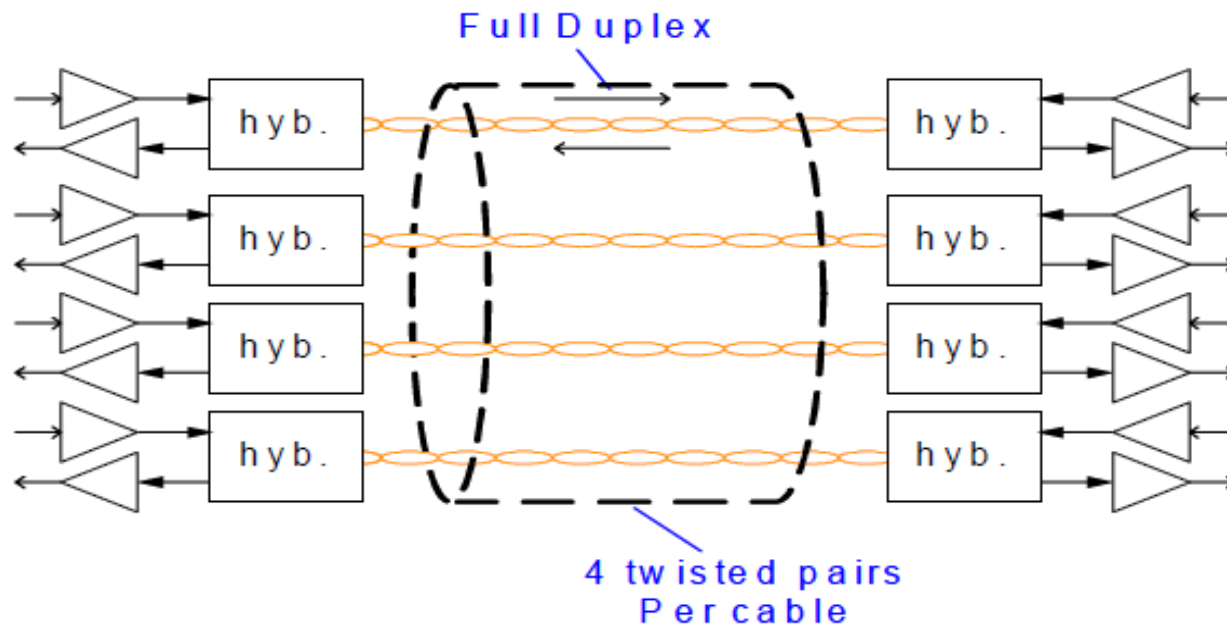
1G Ethernet по Category 5e кабели.

5 нива $\{-2, -1, 0, +1, +2\}$ PAM-5 (Pulse Amplitude Modulation) \equiv MLT-5 на всеки чифт, за да кодира два бита с информация.

250 Mbit/s = 125 Msymbols per second на чифт.

2 бита – 4 нива. Петото ниво в PAM-5 - за резервираност, контролни символи, по-висока производителност.

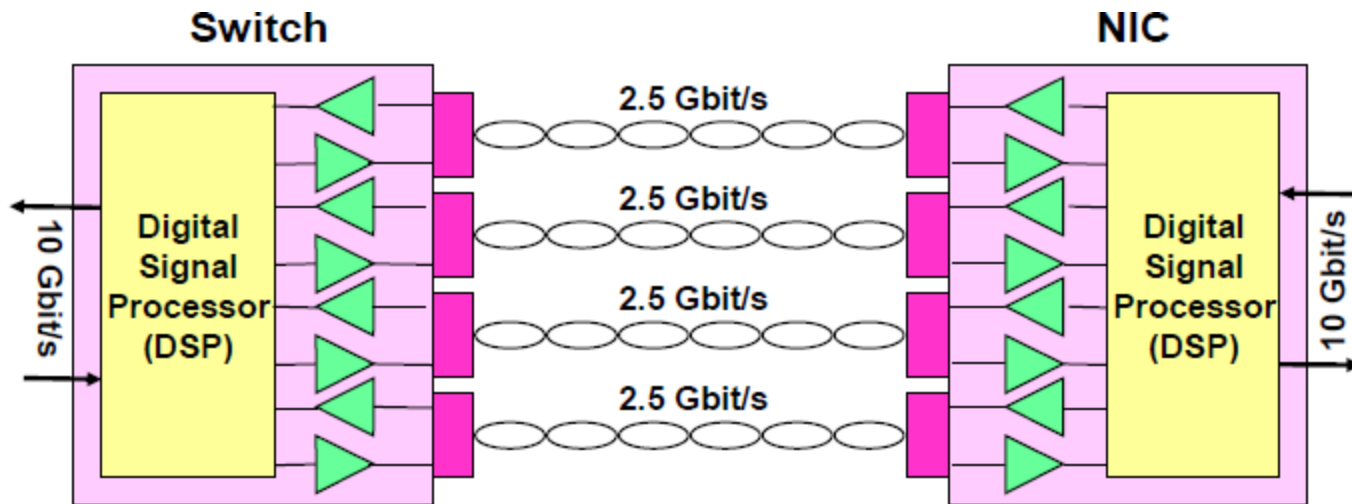
1000Base-T



1000BASE-T Twisted-pair cabling (Cat-5, Cat-5e, Cat-6, or Cat-7) 100 meters

1000BASE-TX Twisted-pair cabling (Cat-6, Cat-7) 100 meters. Не се използва.

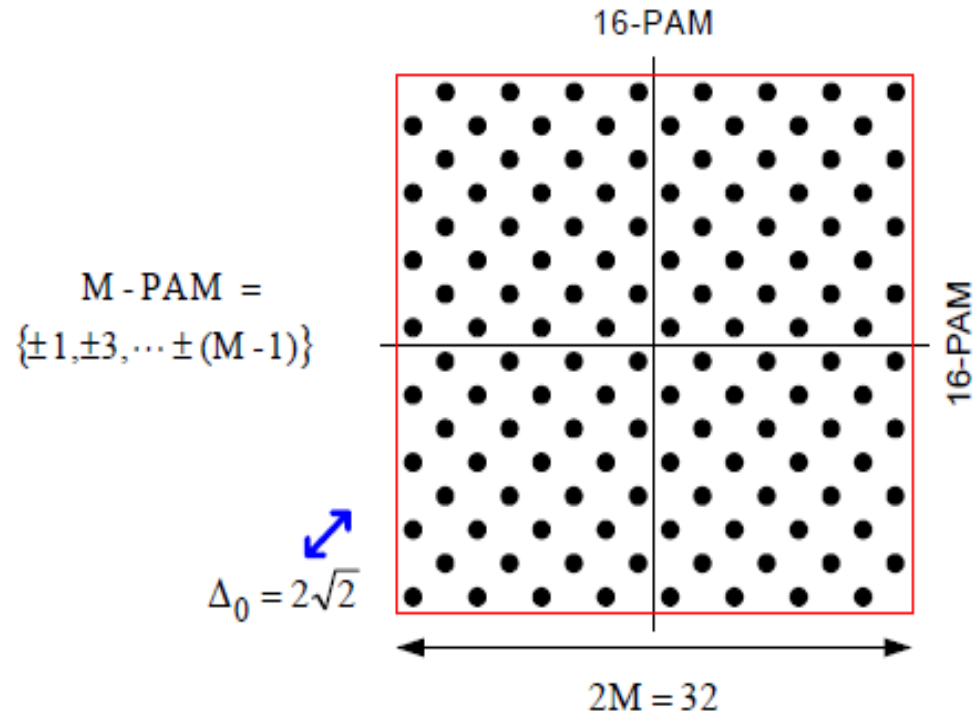
10GBase-T



10GBASE-T предава и по 4-те чифта - 100 m SFTP кабел (Cat. 6a).

2.5 Gbit/s на чифт.

10GBase-T



10GBase-T - 2-измерен PAM-16 signaling.

40/100 Gigabit Ethernet

PHY	40 Gigabit Ethernet	100 Gigabit Ethernet
at least 1 m over a backplane	40GBASE-KR4	
approximately 7 m over copper cable	40GBASE-CR4	100GBASE-CR10
at least 100 m over OM3 MMF	40GBASE-SR4	100GBASE-SR10
at least 125 m over OM4 MMF ^[7]	40GBASE-SR4	100GBASE-SR10
at least 10 km over SMF	40GBASE-LR4	100GBASE-LR4
at least 40 km over SMF		100GBASE-ER4

40 Gigabit Ethernet (40GbE) и 100 Gigabit Ethernet (100GbE) са разработени от IEEE P802.3ba.

Ethernet кадрите се предават по множество 10 Gb/s или 25 Gb/s ленти. (50/125 μm (OM2) и 62.5/125 μm (OM1) multi-mode fiber. 50/125 μm "лазерно оптимизиран" OM3 fiber.)

Към Terabit Ethernet

Terabit Ethernet изисква подобрене на PCI Express стандарта.

Голямо предизвикателство за технологията.

Интегриране на оптика в силициеви чипове - 40 лазера, всеки предаващ по 40Gbps.

Ethernet кабели и топологии



Ethernet кабели и топологии

В началото в Ethernet се използва **коаксиален кабел** и скоростта на предаването е достигала 10 Mb/s.

По-нататък се въвежда използването на **хъбове (hub)**. При окабеляване 100Base-T4 каналните станции се свързват към хъба чрез четири усукани двойки **UTP Category 3**

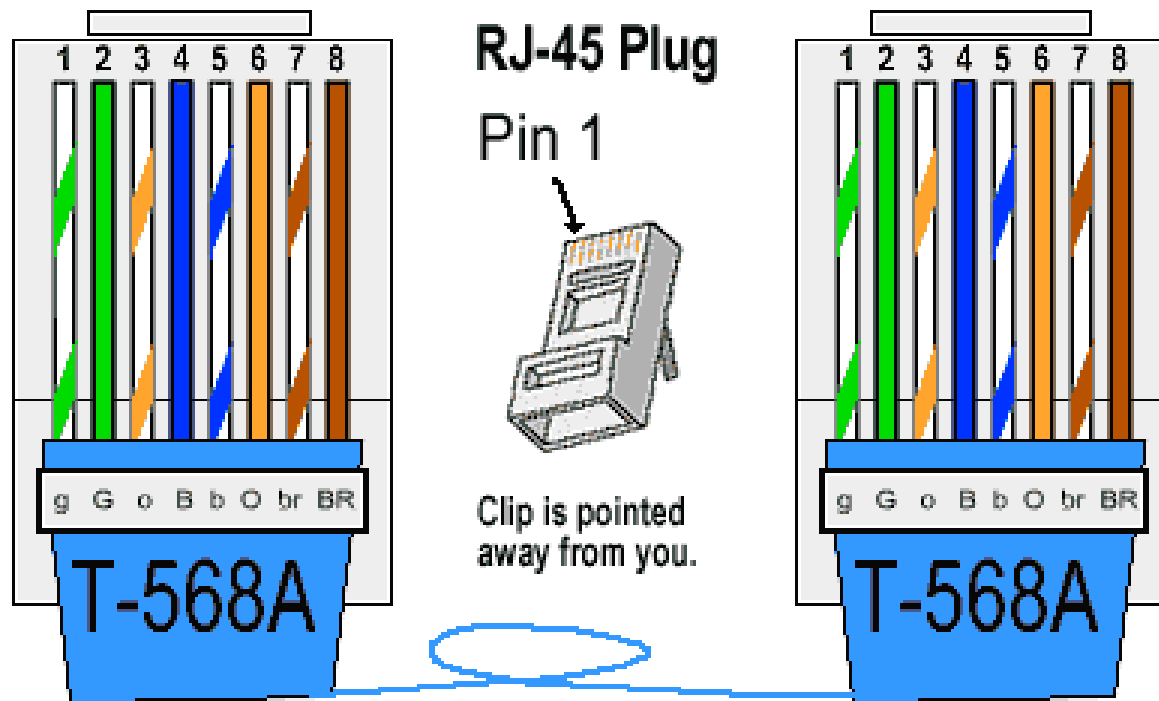
100Base-TX чрез две усукани двойки (**UTP Category 5**). По една от усуканите двойки се предава към хъба, а по другата се приема от него (при 100Base-T4 останалите две усукани двойки се превключват по посока на предаването). Скоростта на предаване достига 100 Mb/s

Ethernet кабели и топологии

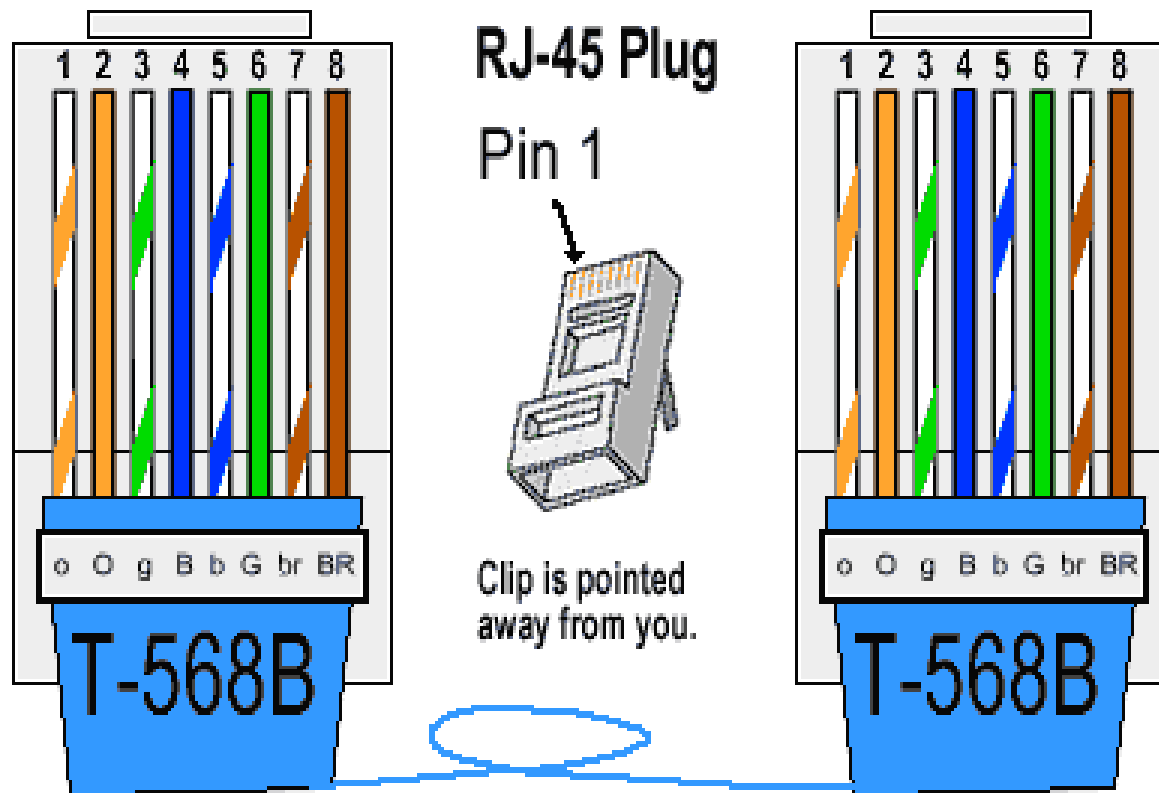
Станциите се свързват към хъба в **прав кабел**, т.е. предаващата двойка на всяка станция съответства на предаващата двойка на хъба и съответно приемащата двойка на всяка станция съответства на приемащата двойка на хъба.

При свързване на два хъба чрез усукана двойка, обаче, се използва **кръстосан (cross) кабел**, т.е. предаващата двойка на единия хъб се свързва с приемащата двойка на другия хъб и обратно.

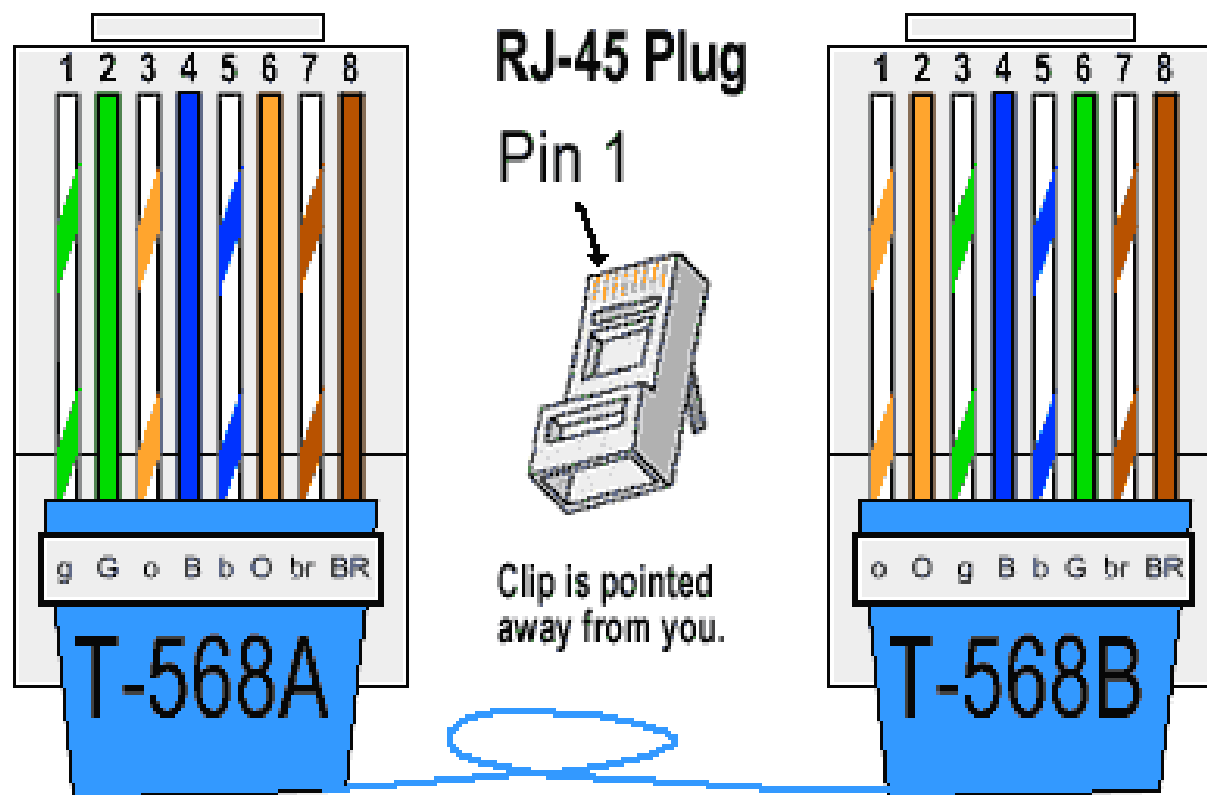
Прав (Straight-Through) кабель



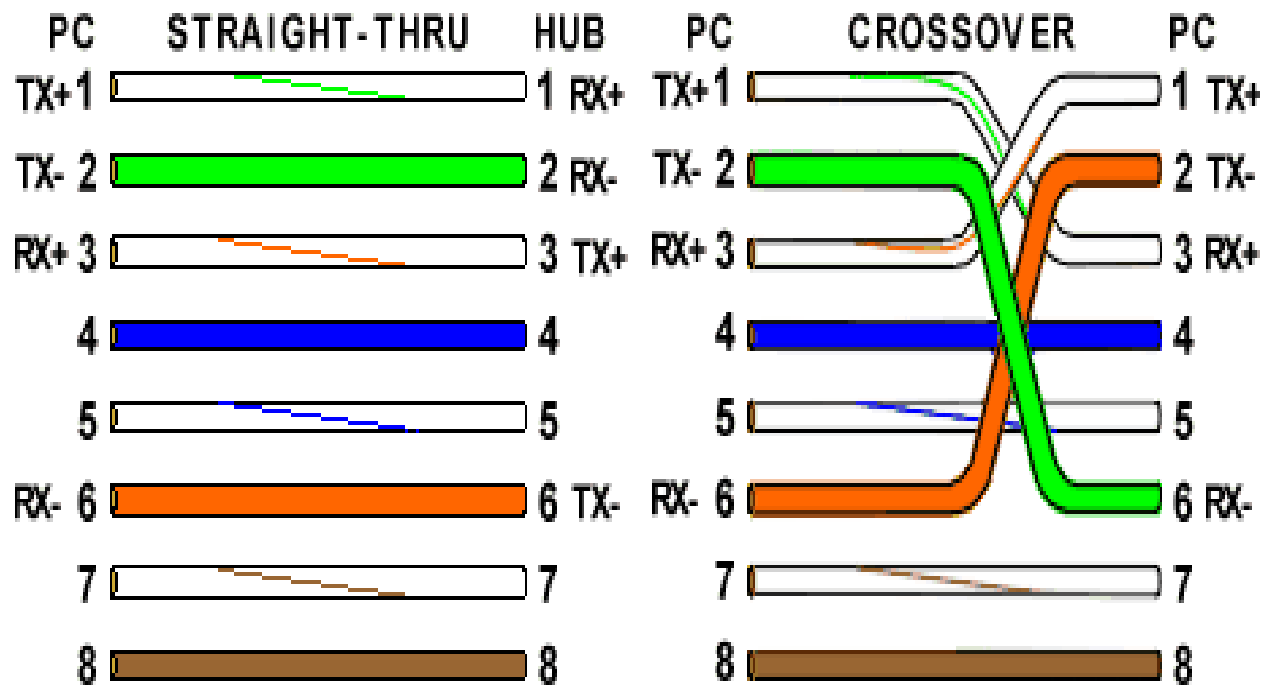
Прав (Straight-Through) кабель



Кръстосан (Crossover) кабел



Straight vs. Cross (теория)



Хъб и повторител

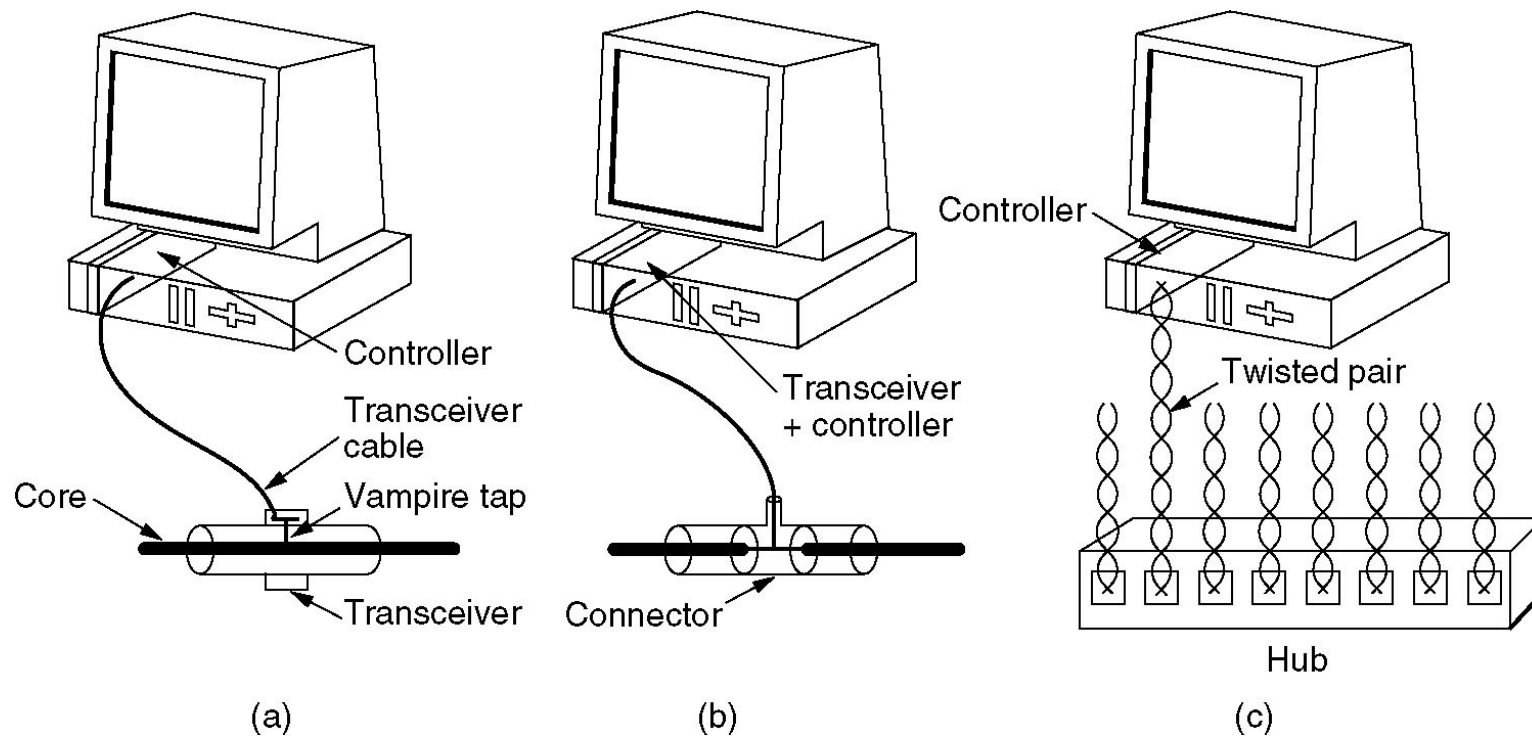
Ако хъбът получи кадър по някоя линия, той изпраща този кадър по всички останали линии. Хъбът не знае адресите на каналните станции.

Хъбът е пример за устройство, чрез което се препредават кадри от един кабел към друг. Той **работи на физическо ниво**.

Друго подобно устройство на физическо ниво е **повторителят (repeater)**.

Той приема сигнал на единия си порт, усилва го и предава сигнала на другия си порт. По този начин може да се увеличи максималната дължина на кабела в една локална мрежа

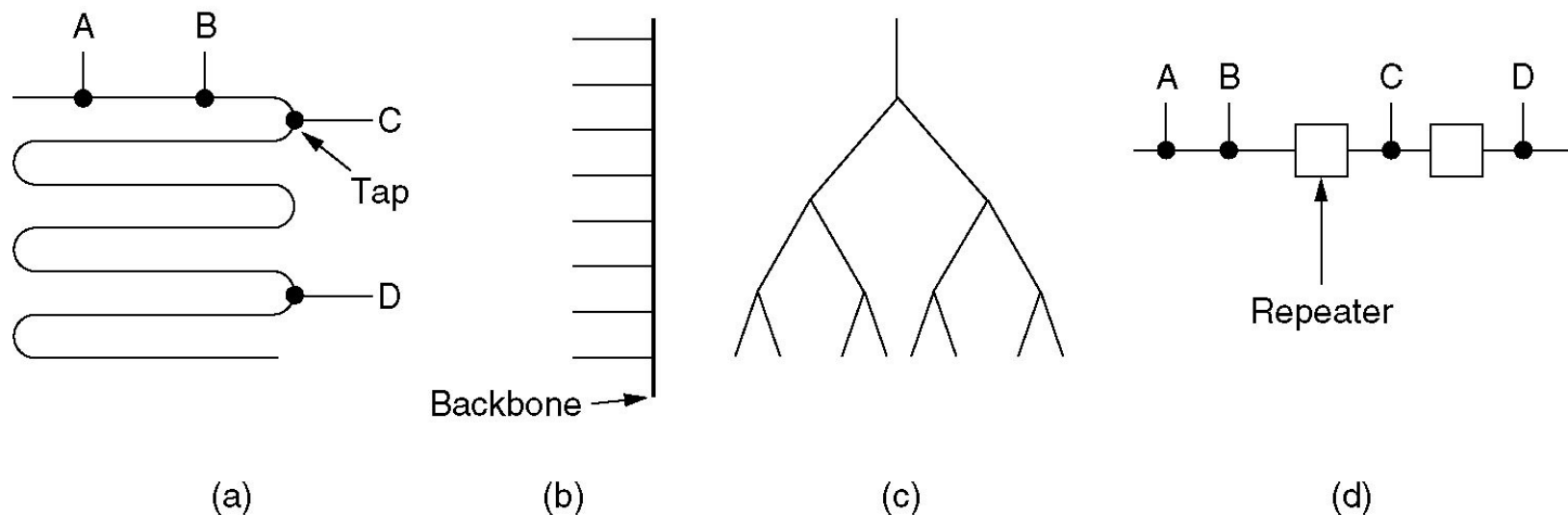
Коаксиални кабели и хъб



Три вида Ethernet cabling.

(a) 10Base5, (b) 10Base2, (c) 10Base-T.

Топологии на Ethernet окабеляване



(a) Шина, (b) вертикално, (c) Дървоводна, (d) Сегментирана.

Bridge и switch

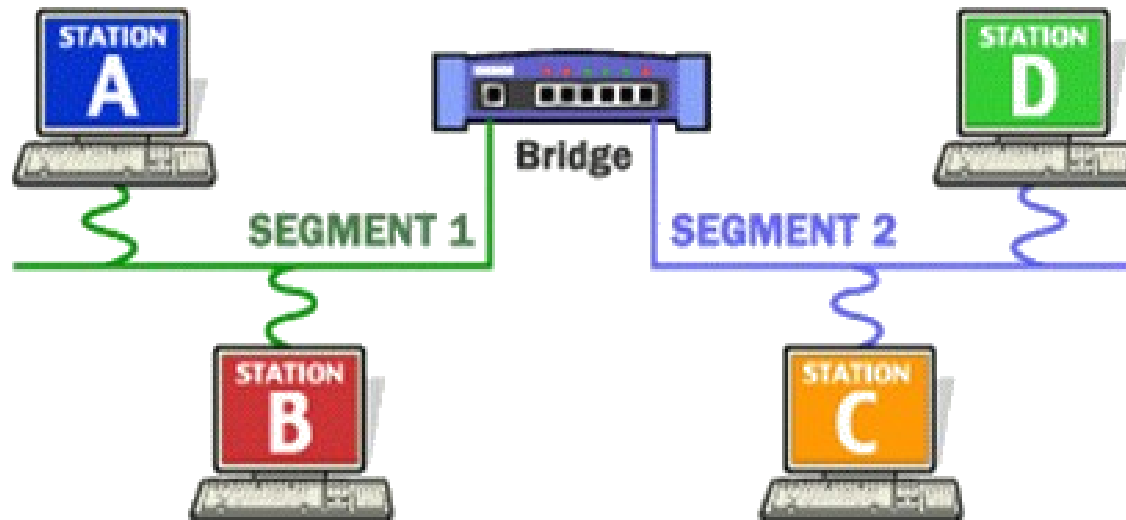
Мостът (bridge) работи на **канално ниво** и служи за свързване на две локални мрежи. За разлика от повторителите и хъбовете, мостът анализира получените кадри.

Той прочита адреса на получателя и по него определя към коя изходна линия да изпрати кадъра (за целта се поддържа специална таблица).

Мостът предава кадъра само към определената от него изходна линия, а не по всички изходни линии.

Подобно устройство е **превключвателят (switch)** – многопортов мост. Той също прочита адресите на постъпилите в него кадри.

Bridge и switch



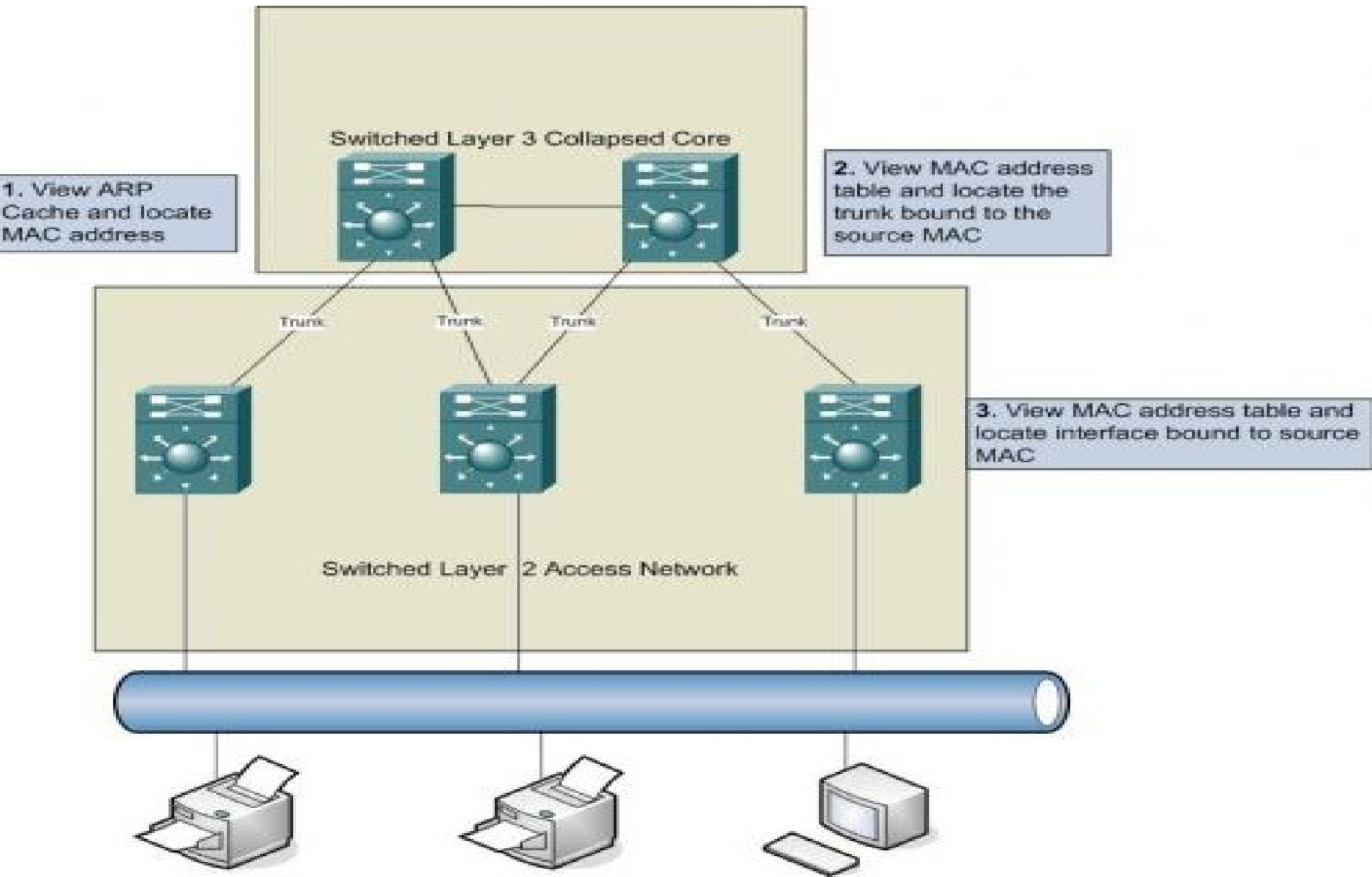
Bridge и switch

Всяка линия (порт) е самостоятелна и представлява отделна област – домейн, на колизиите. Това се нарича още **микросегментиране**.

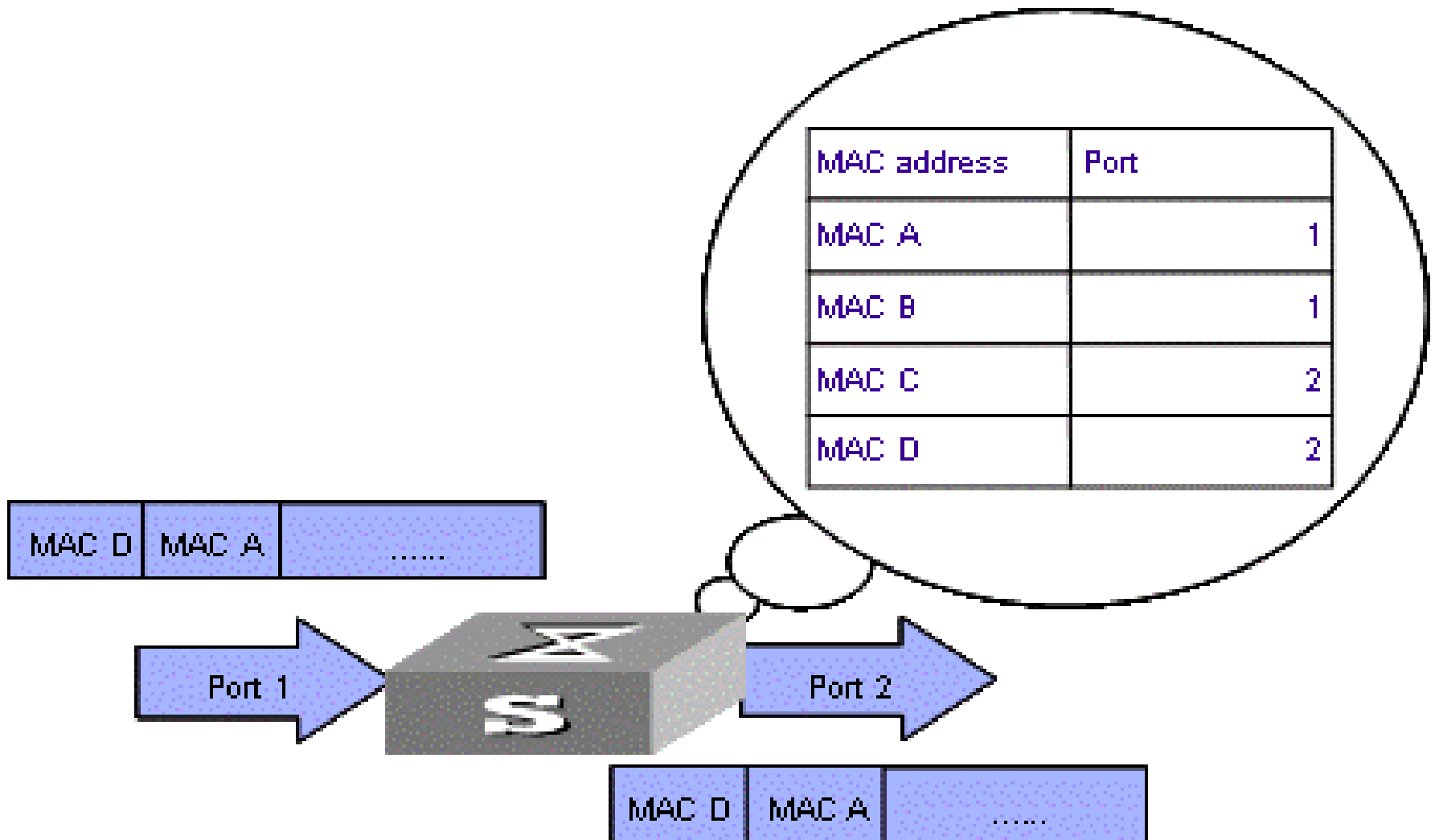
При превключване между сегменти кадри не могат да бъдат изгубени поради колизии.

За целта превключвателя трябва да има достатъчно буферно пространство за да може да се препращат кадрите.

Switched Ethernet



MAC Address Table



Три режима на превключване

С пълно буфериране (**store and forward**). В буферната памет се записва целия кадър и чак след това се превключва към изходния порт. Внася се закъснение и изисква повече памет.

Cut-through – Суичът прочита адреса на получателя при получаване на кадъра. Започва прехвърлянето към изходящия порт, преди да получи пълния кадър. Така се намалява закъснението. Имаме **две форми на cut-through**:

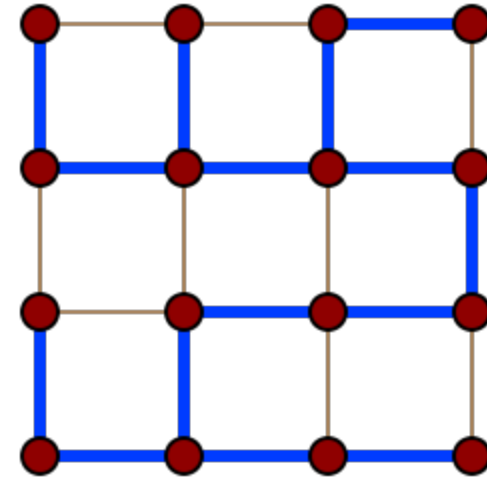
Fast-forward – С най-ниско закъснение, веднага превключва кадъра след приемане на адреса на получателя. Има проблеми с откриването на грешки.

Fragment-free - Филтрира кадри (фрагменти), претърпели колизии, най-често срещаните грешки. Обикновено това са кадри с дължина, по-малка от 64 байта. Т.е прочита първите 64 бита, за да определи дали това не е колизионен фрагмент, преди да започне превключването.

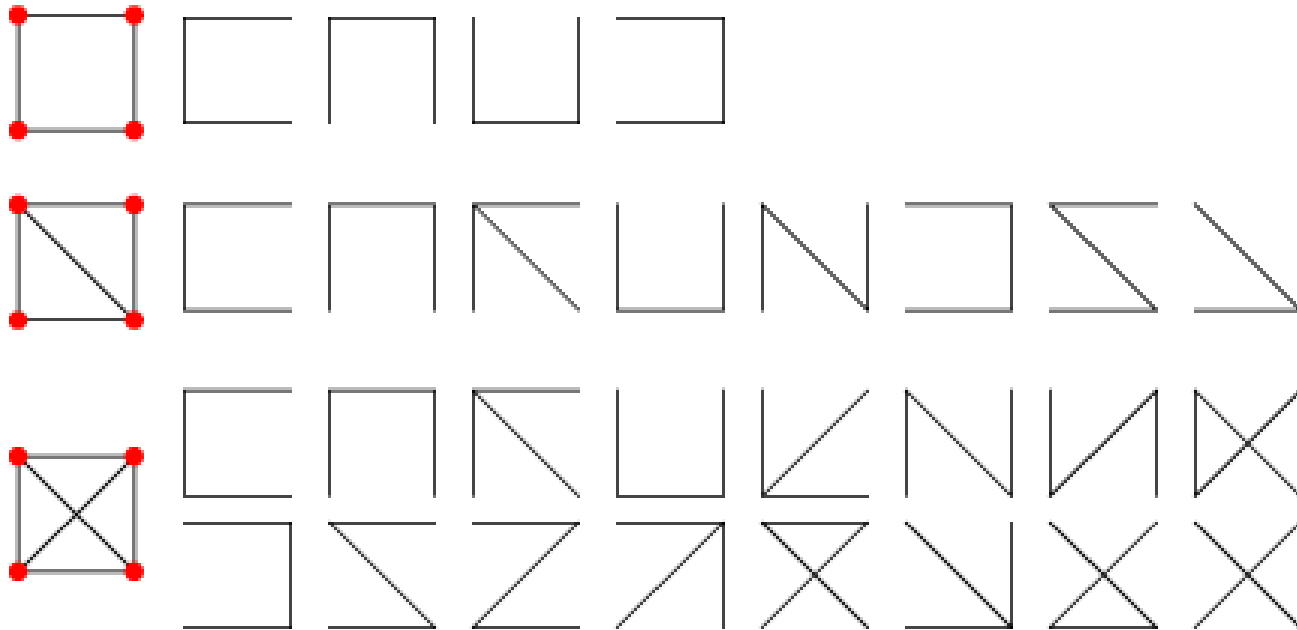
Spanning Tree (математика)

spanning tree (разперено дърво) на граф G :
сбор от клони на G , които формират дърво, разперващо се *spanning* от всеки връх.

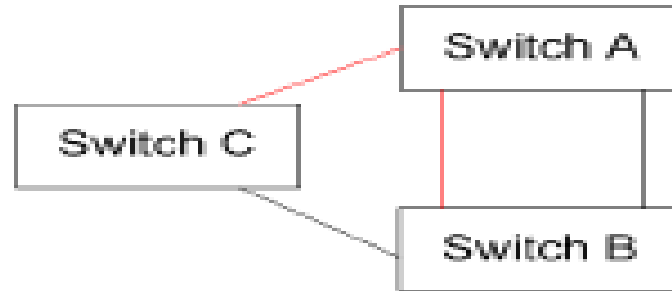
Т.е всеки връх е в дървото, но няма зацикляне (*no loops*).



Spanning Tree (математика)



Spanning Tree. Защо?



Резервираност в топологията:

PROS: откзоустойчивост, по-висока производителност.

CONS: switched LAN: **broadcast storms:** задръстване на MAC таблицата и др.

Хост изпраща broadcast кадър. Разпространява се по всички портове с изключение на входящия.

broadcast се “завърта” през паралелните uplink портове – до безкрайност, защо

layer 2 няма TTL да го спре. Решението е: Spanning Tree Protocol.

Spanning Tree Protocol (STP)

Spanning Tree Protocol (STP) е протокол на 2 слой по модела на OSI, който гарантира **топология без зацикляне** в Switched LAN. Базира се на алгоритъма на Radia Perlman, който е работил за Digital Equipment Corporation.

Позволява да се включват резервни пътища, които автоматично да се активират при авария в основните без опасност от зацикляне.

Зациклянето в тези мрежи е опасно заради липсата на механизъм TTL, както ще видим в IP протокола на 3 слой.

STP се дефинира в стандарта **IEEE 802.1D**.

STP - стойности

Скорост (Data rate)	(STP Cost – 802.1D-1998)	(802.1t-2001)
4 Mbit/s	250	5,000,000
10 Mbit/s	100	2,000,000
16 Mbit/s	62	1,250,000
100 Mbit/s	19	200,000
1 Gbit/s	4	20,000
2 Gbit/s	3	10,000
10 Gbit/s	2	2000

Spanning Tree - алгоритъм

Spanning Tree алгоритъмът изчислява път без зацикляне.

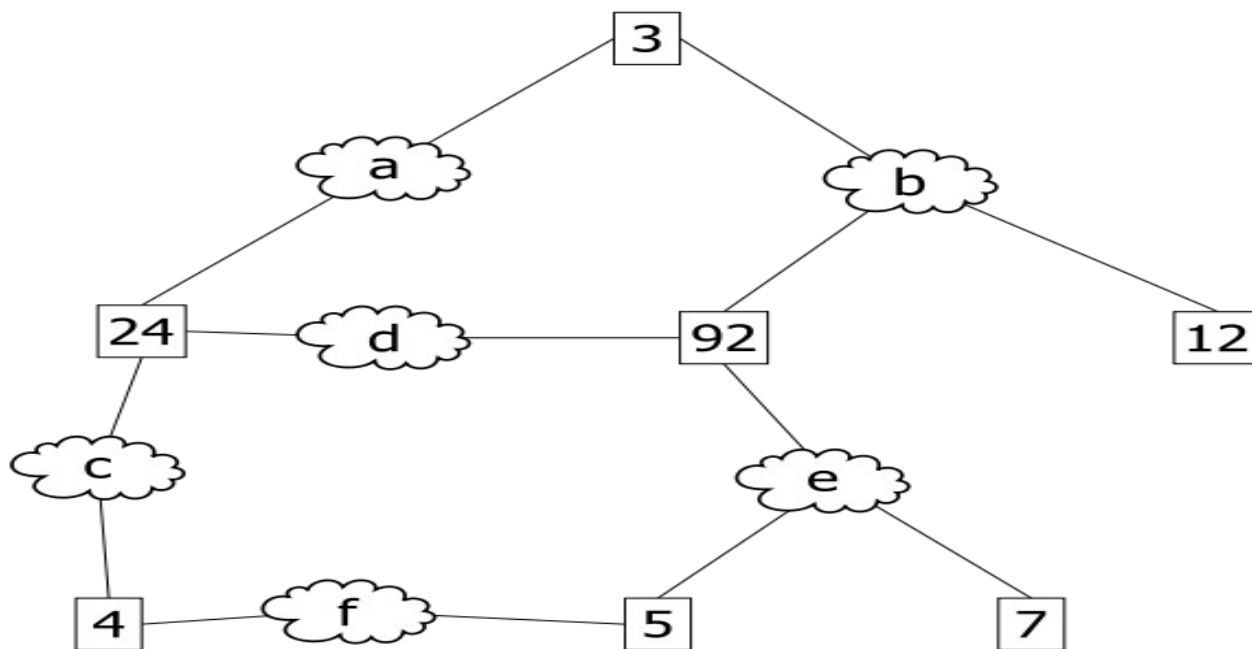
Първоначално всички портове са блокирани. Отнема около 50 s, докато започнат да превключват.

Стъпка 1 : Избор на Root Bridge – с най-нисък приоритет или най-ниско bridge ID (MAC адрес)

Стъпка 2 : Избор на Root Ports – От алтернативните пътища се избират тези с най-малка стойност до Root Bridge.

Стъпка 3 : Избор на Designated Ports – Порт, който праща и получава трафик от Root Bridge – с най-ниска стойност до Root Bridge.

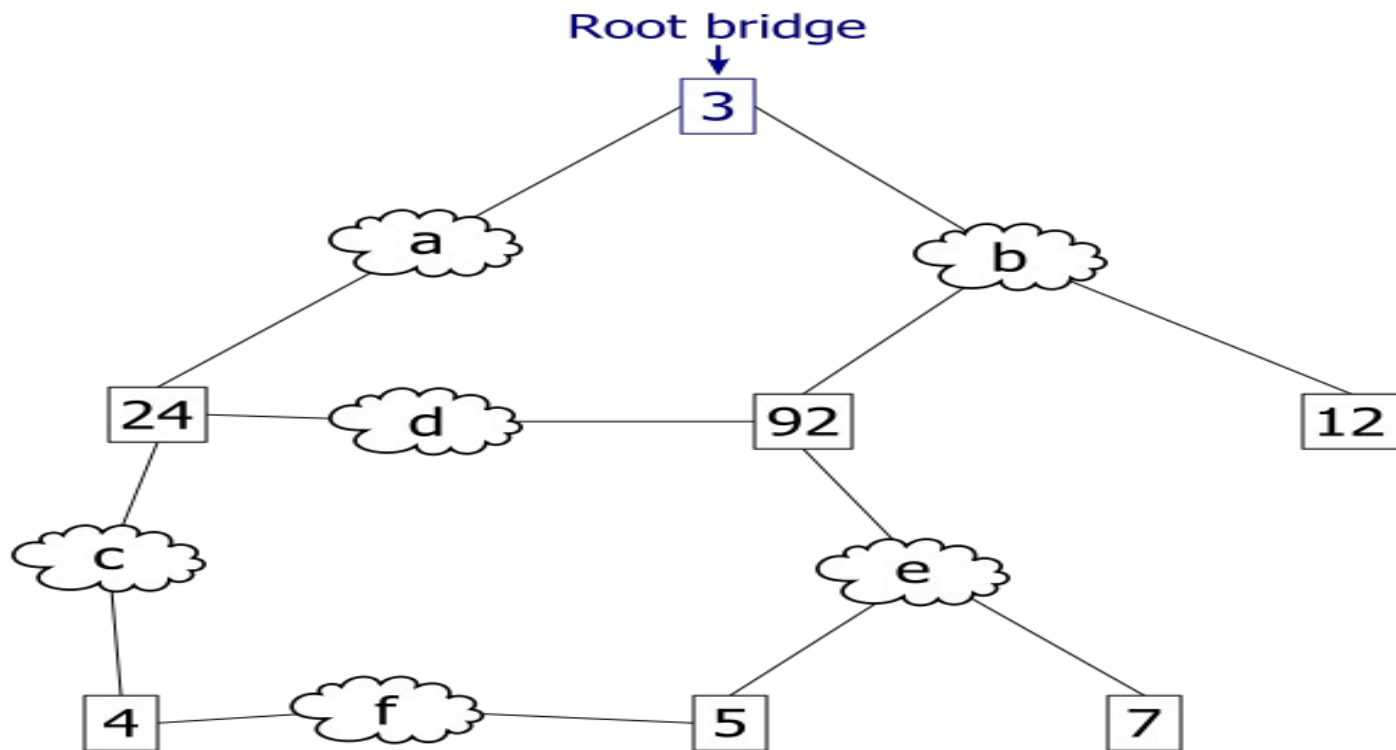
Пример



Номерираните кутийки - **bridge ID**.

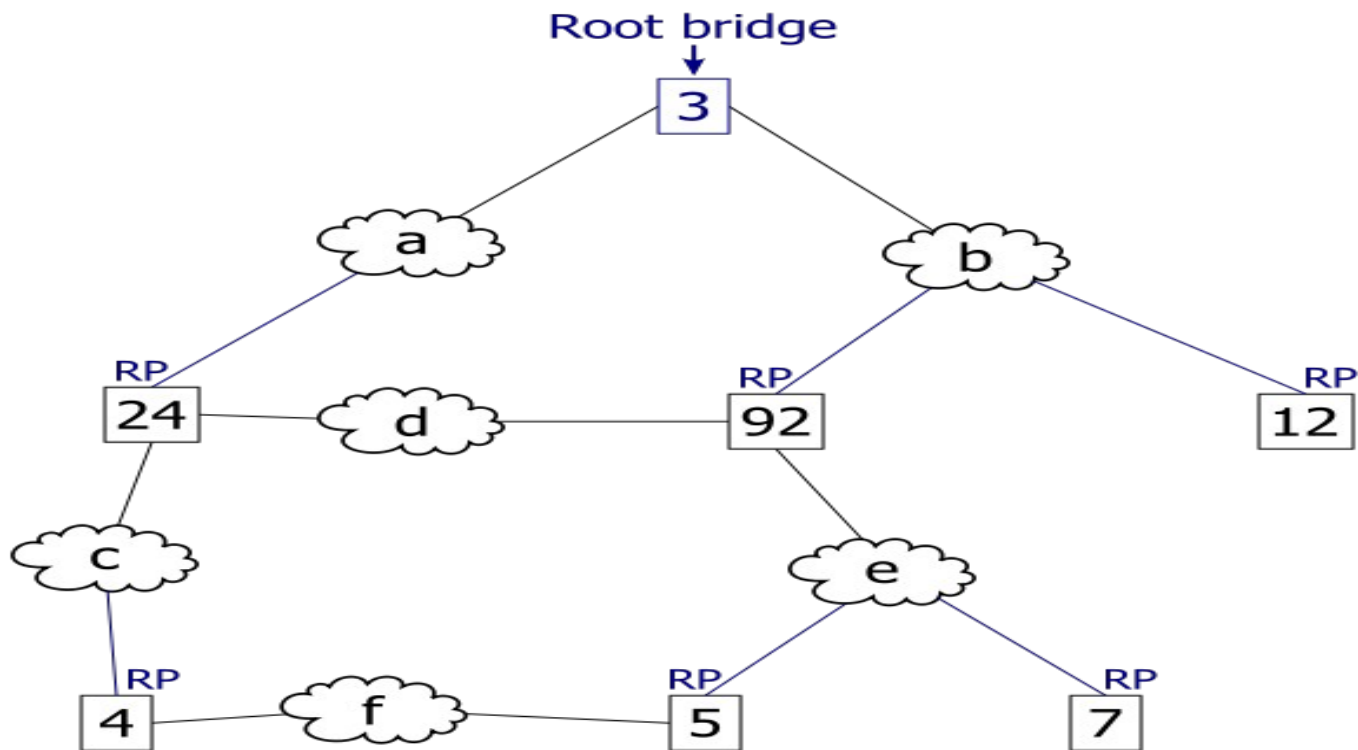
Номерираните облаци – **мрежови сегменти**.

Избор на root bridge



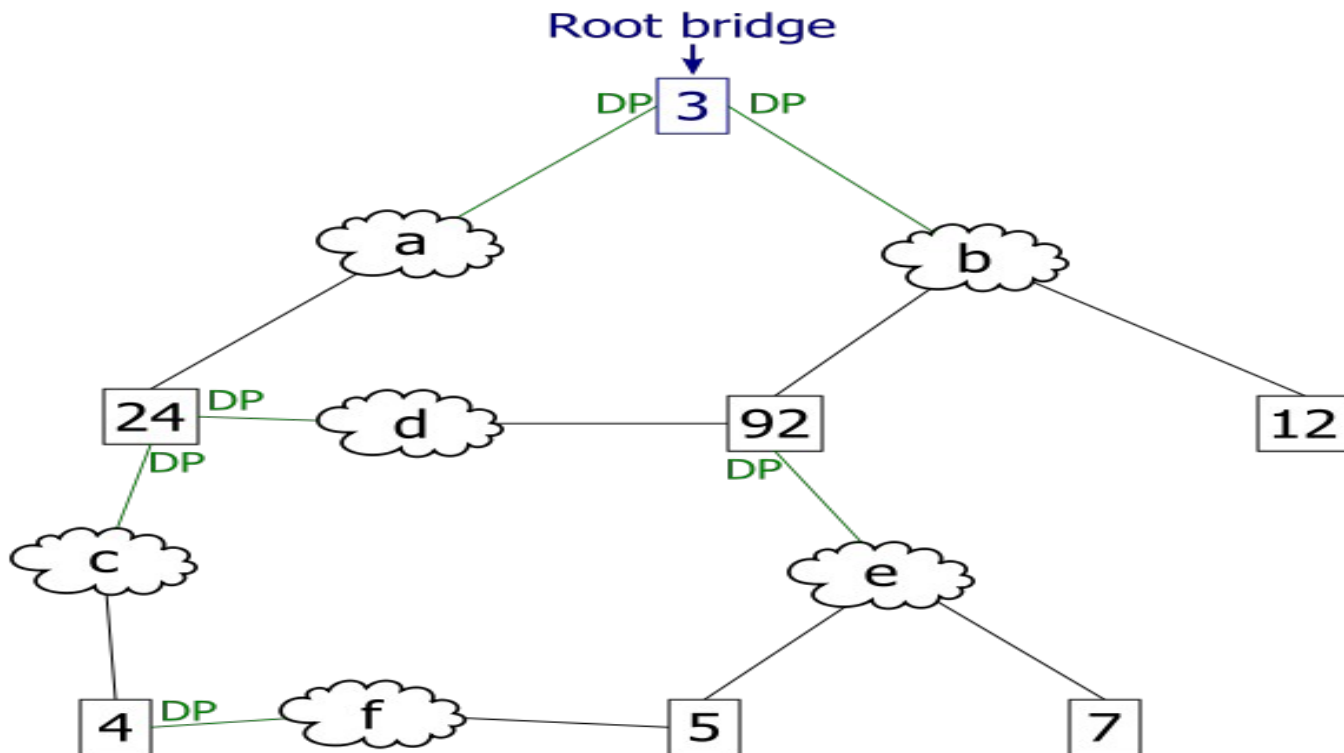
Най-малкият bridge ID е 3

Избор на root port



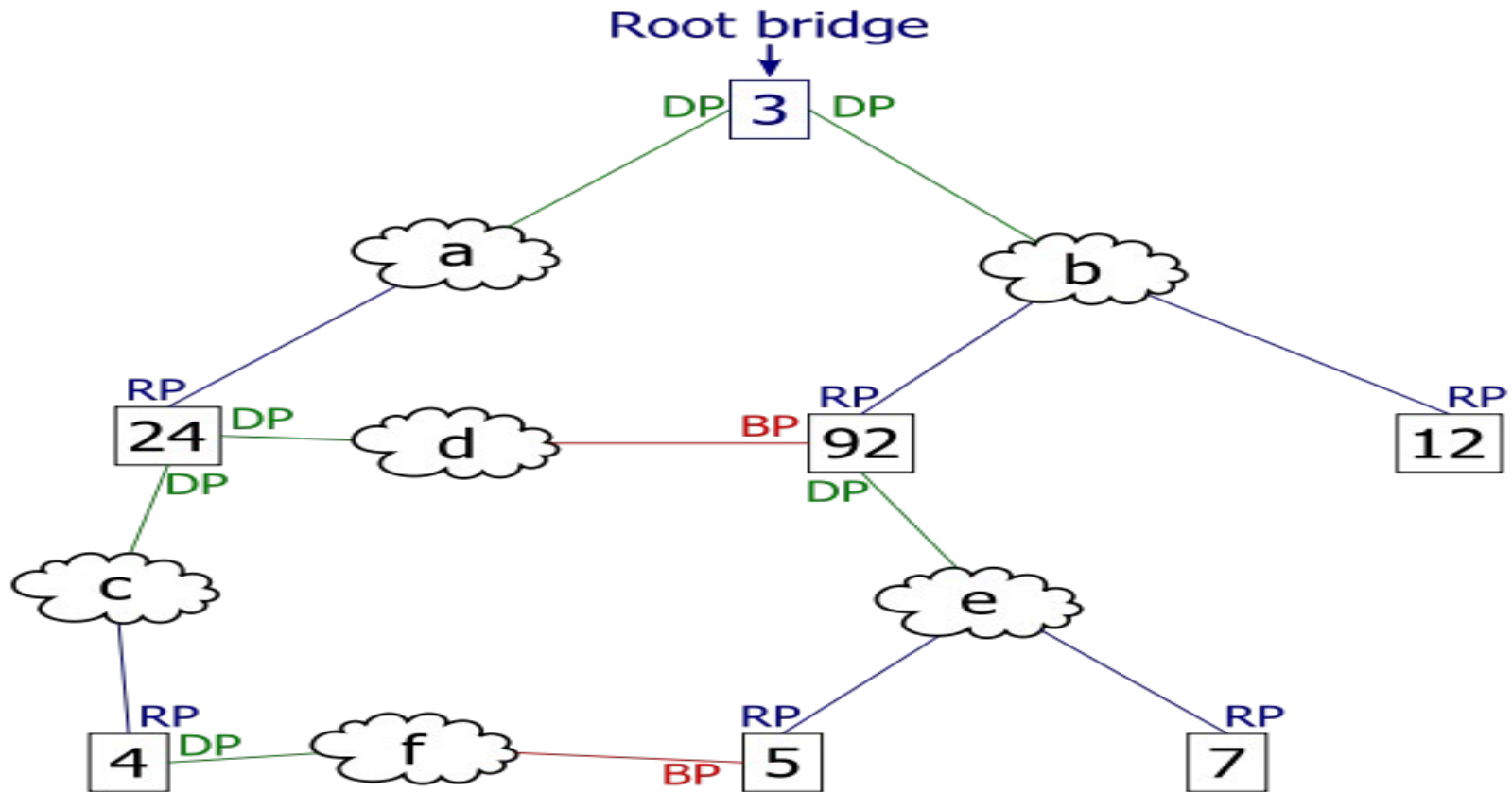
Предполагаме, че **стойността** на всеки сегмент е **1**. Най-кЪСИЯТ ПЪТ от **bridge 4** до **root bridge** минава през **сегмент c**.

Избор на designated port



Най-късият (с най-малка стойност) път до root от мрежов сегмент **e** минава през **bridge 92**.

Spanning Tree - резултат



Активни портове, които не са root port или designated port са блокирани (blocked port).

Виртуални ЛМ (Virtual LANs)

VLAN е комутирана мрежа, която е **логически сегментирана** по някакви функции и не се влияе от физическото разположение на потребителите (по етажи, сгради и т.н.).

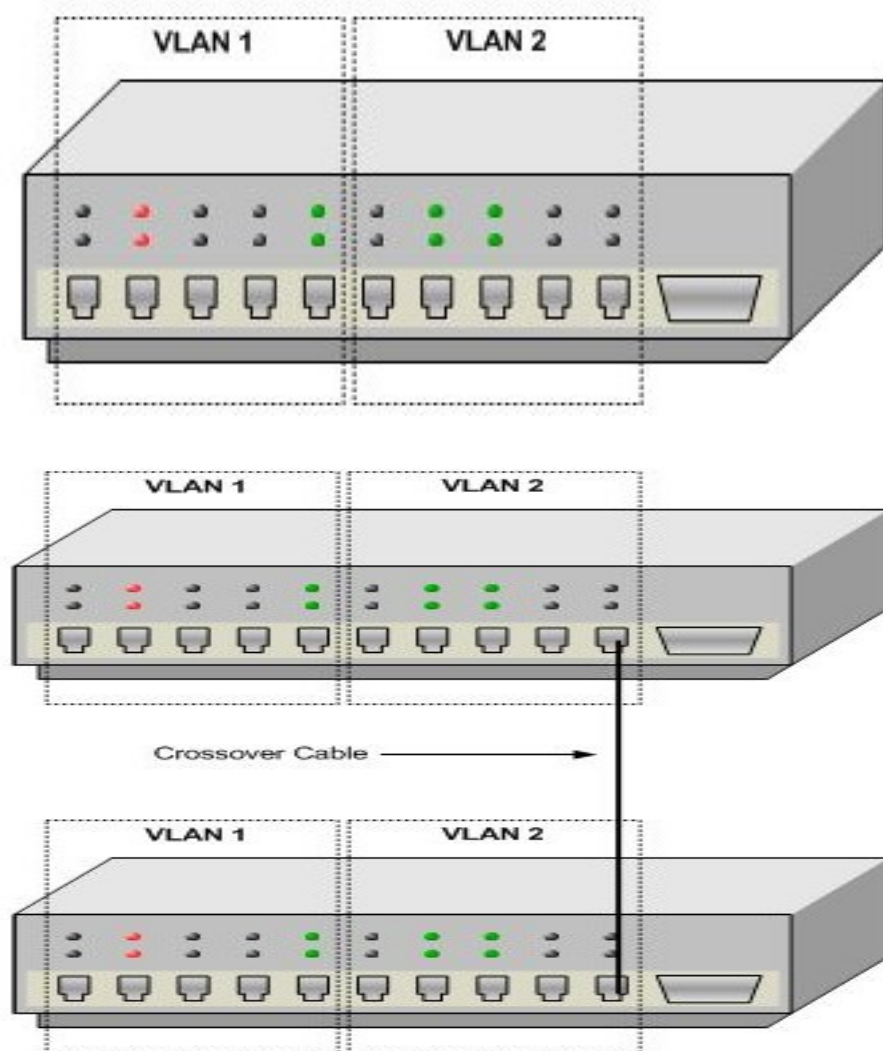
Един VLAN представлява един **broadcast domain**.

Сигурност. Потребителите на VLAN_i нямат достъп до машините на VLAN_j. Това може да стане **единствено и само през рутер**.

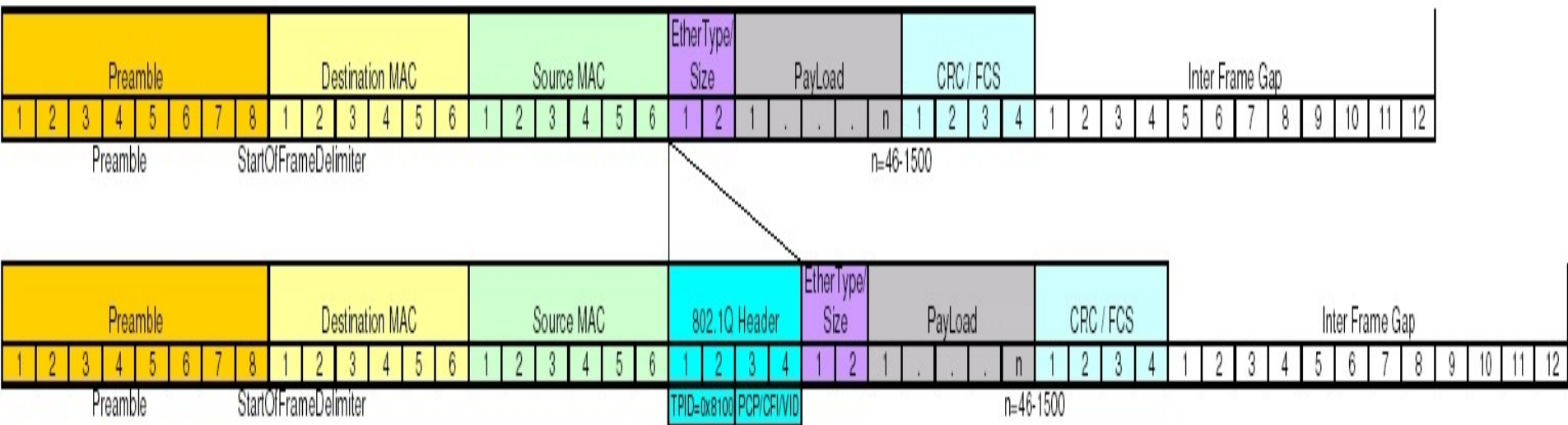
Гъвкавост. Опростява местене, добавяне, премахване на потребителски машини.

Един порт на суич може да се присвои статично или динамично към VLAN.

Trunk портове за връзка между суичове.



VLANs – 802.1Q Tag



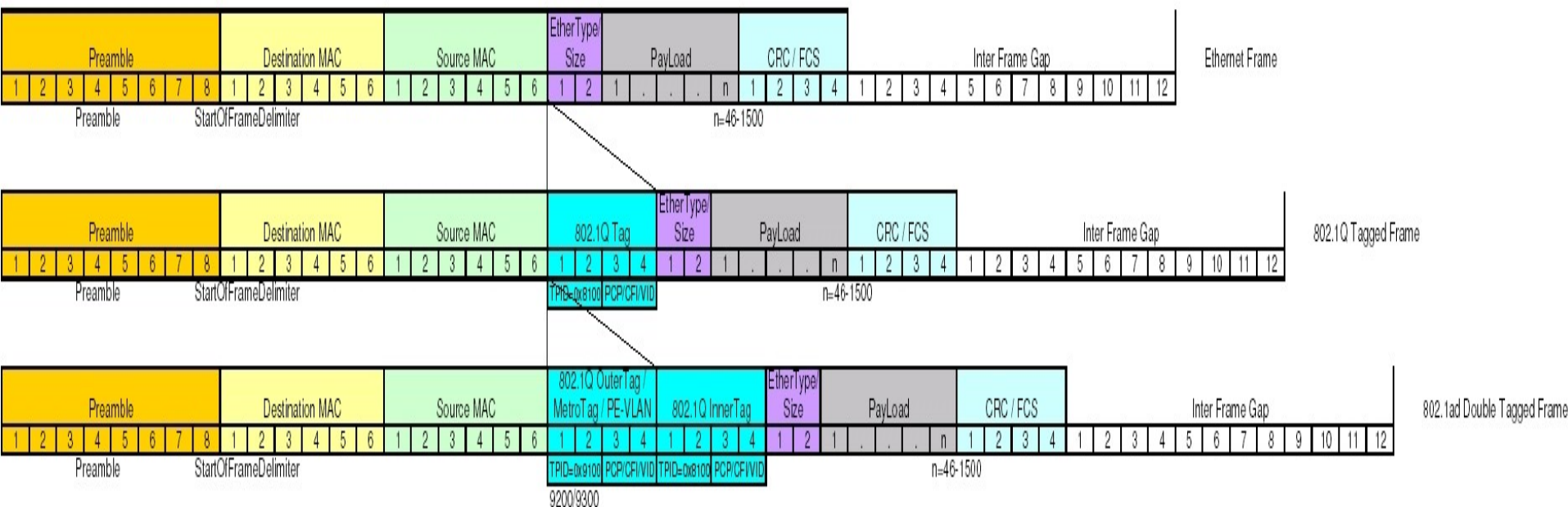
Tag Protocol Identifier (TPID): 16-битово поле: 0x8100 (IEEE 802.1Q)

Priority Code Point (PCP): 3-бита - IEEE 802.1p приоритет: 0 (най-ниско) до 7

Canonical Format Indicator (CFI): 1-бит: “0” за Ethernet свичове

VLAN Identifier (VID): 12 бита. ако е “0”, кадърът не във VLAN; позволява до 4094 VLAN-а. VLAN 1 резервирана за управление.

VLANs – (QinQ)



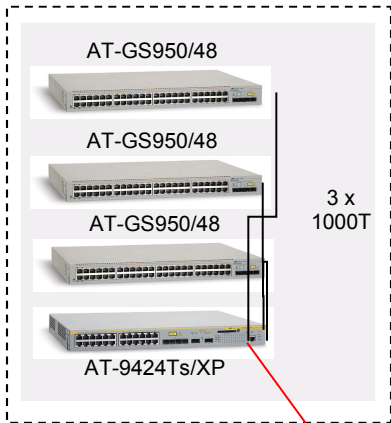
Double-tagging (QinQ) се използва от ISPs и MAN оператори, както и техните клиенти, да прокарват вътрешни VLAN-и през външен VLAN.

Външен tag предхожда **вътрешен tag**.

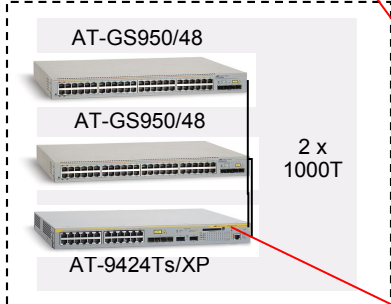
TPID - hex 9100, 9200 или 9300 за външния; но **802.1ad** определя **88a8** за външни тагове.

Ректорат - топология на мрежата

2 ет. – север, 155 р.м.

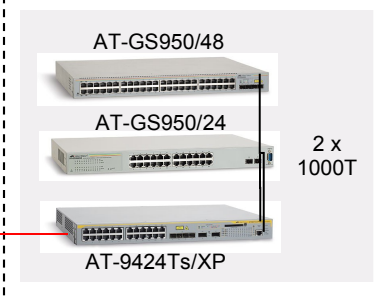


1 ет. – север, 66 р.м.
+ 46 р.м. в мазе

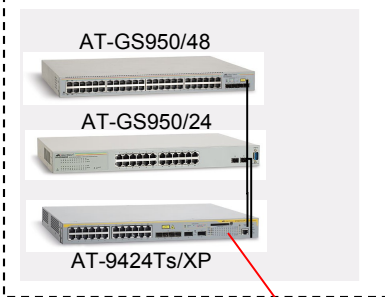


8 x 10G
към 3, 4 и 5 ет.

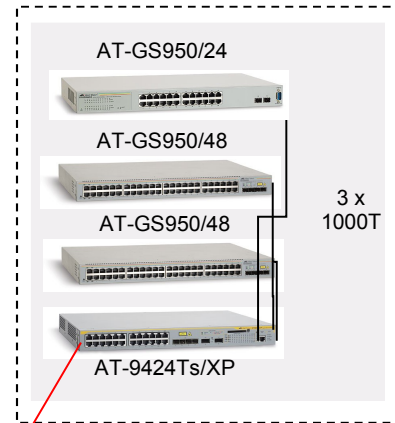
2 ет. - център, 84 р.м.



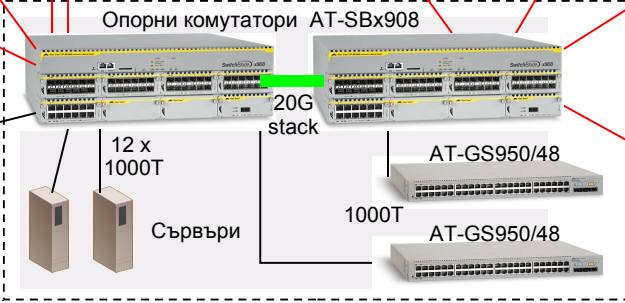
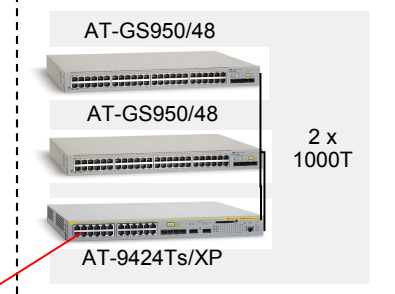
1 ет. - център 76 р.м.
+ 2 р.м. в мазе



2 ет. – север, 119 р.м.

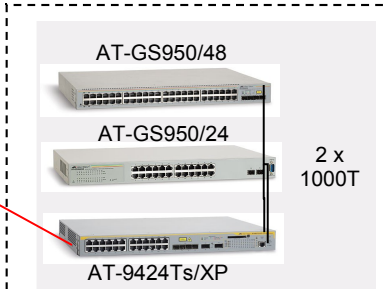


1 ет. - юг, 109 р.м.
+ 8 р.м. в мазе

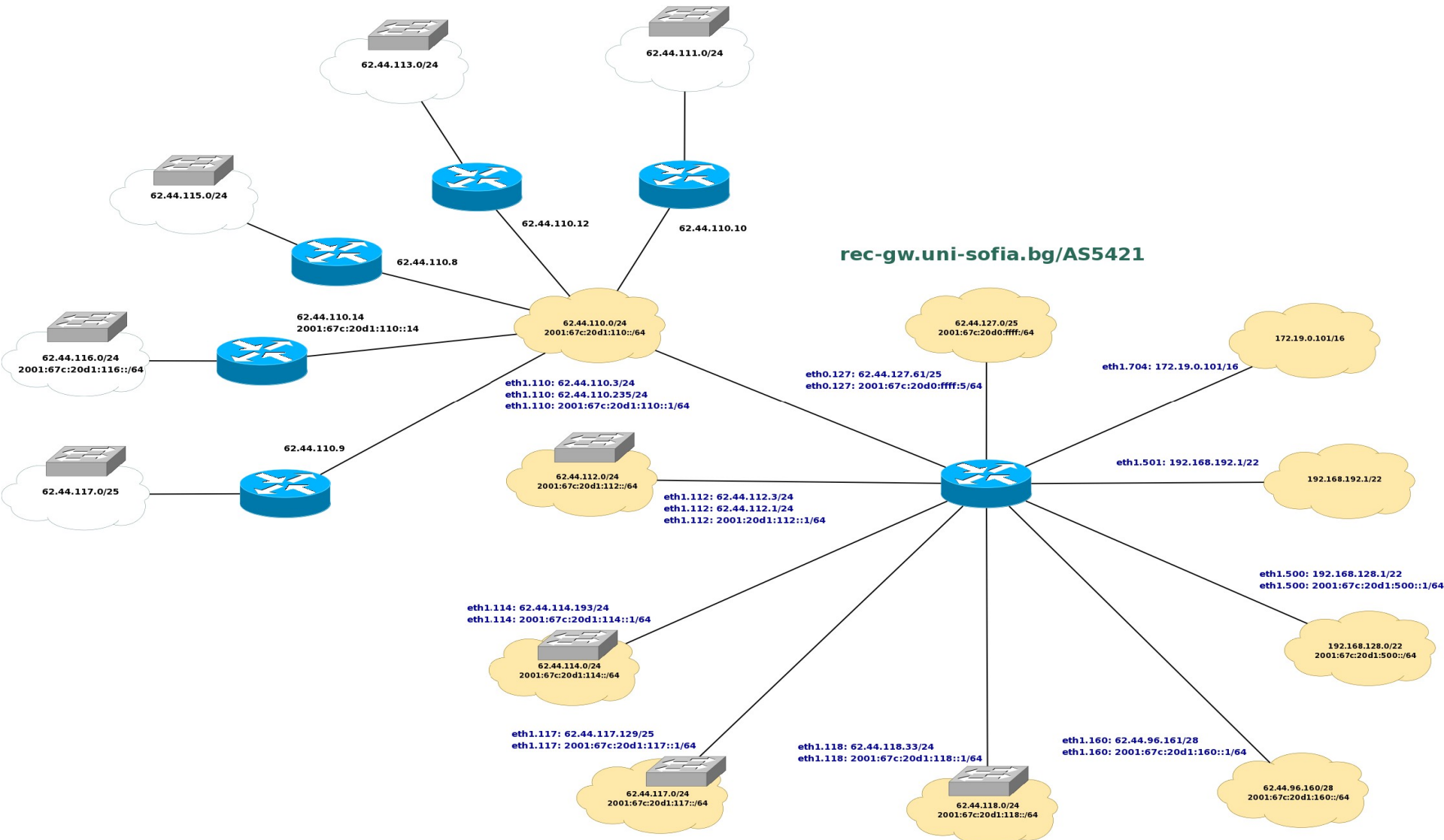


1 ет., стая 234, 74 р.м.

библиотека, 88 р.м.



VLANs в Ректорат



Carrier Ethernet

Как Ethernet да се ползва от телеком операторите:

Ethernet over SDH/SONET.

Ethernet over MPLS. Ethernet върху IP/MPLS мрежи. Ethernet се транспортира като “псевдожици” - MPLS label switched paths (LSPs) вътре в MPLS “тунел”. Поддържа връзки **точка-точка** (Virtual Private Wire Service - **VPWS**) и **многоточкови** (Virtual Private LAN service – **VPLS**).

Конвенционална ("чиста") Ethernet. Прилага 802.1w - Rapid Spanning Tree Protocol за връзки точка-точка.

Carrier Ethernet 2.0



Боб Меткалф, сега съветник в MEF (Metro Ethernet Forum), обяви второ поколение Carrier Ethernet (**CE 2.0**).
“... възможност за опериране с **до 8 услуги** (за сравнение CE 1.0 предлага само 3),
2 от тях са разпределени в направленията E-Line, E-LAN, E-Tree и E-Access”