

# 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. Адресното 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.

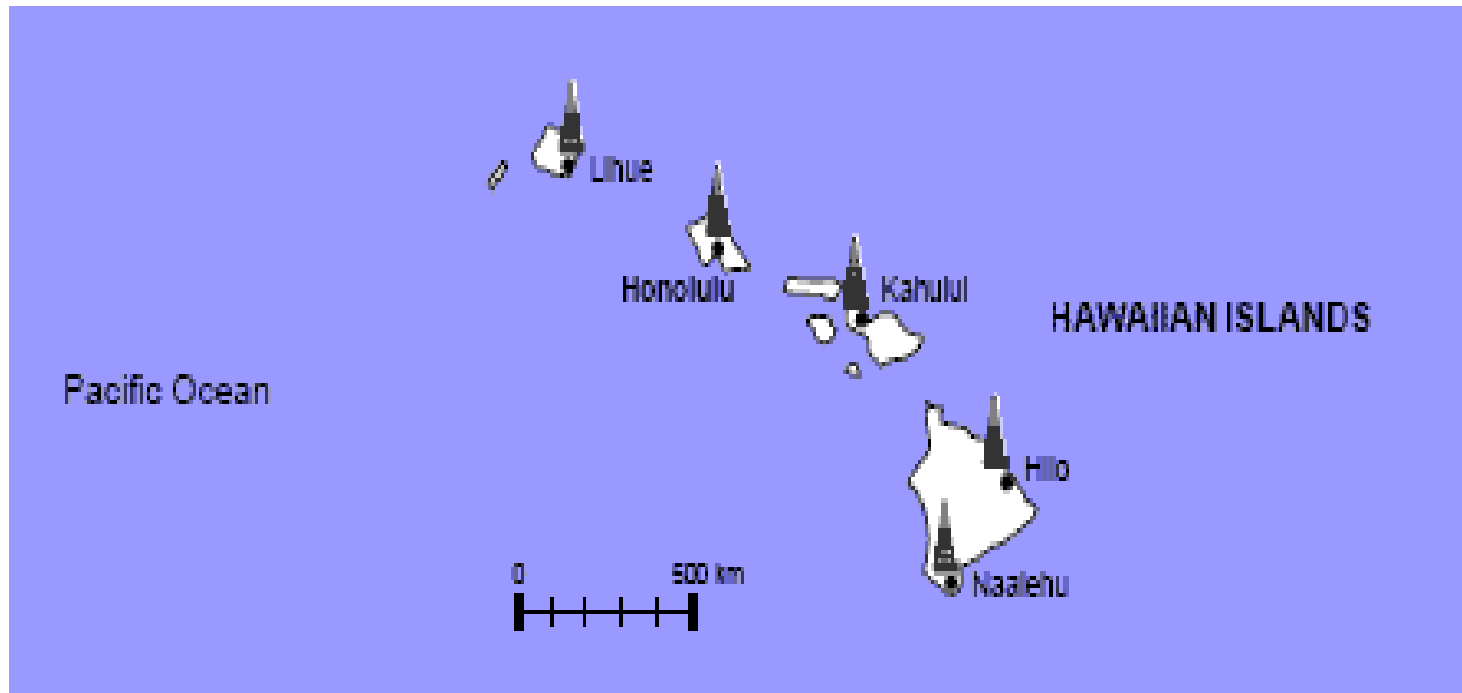
Протоколите (процедурите) за достъп до канала се делят на две основни групи: **детерминирани** и **състезателни**

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.

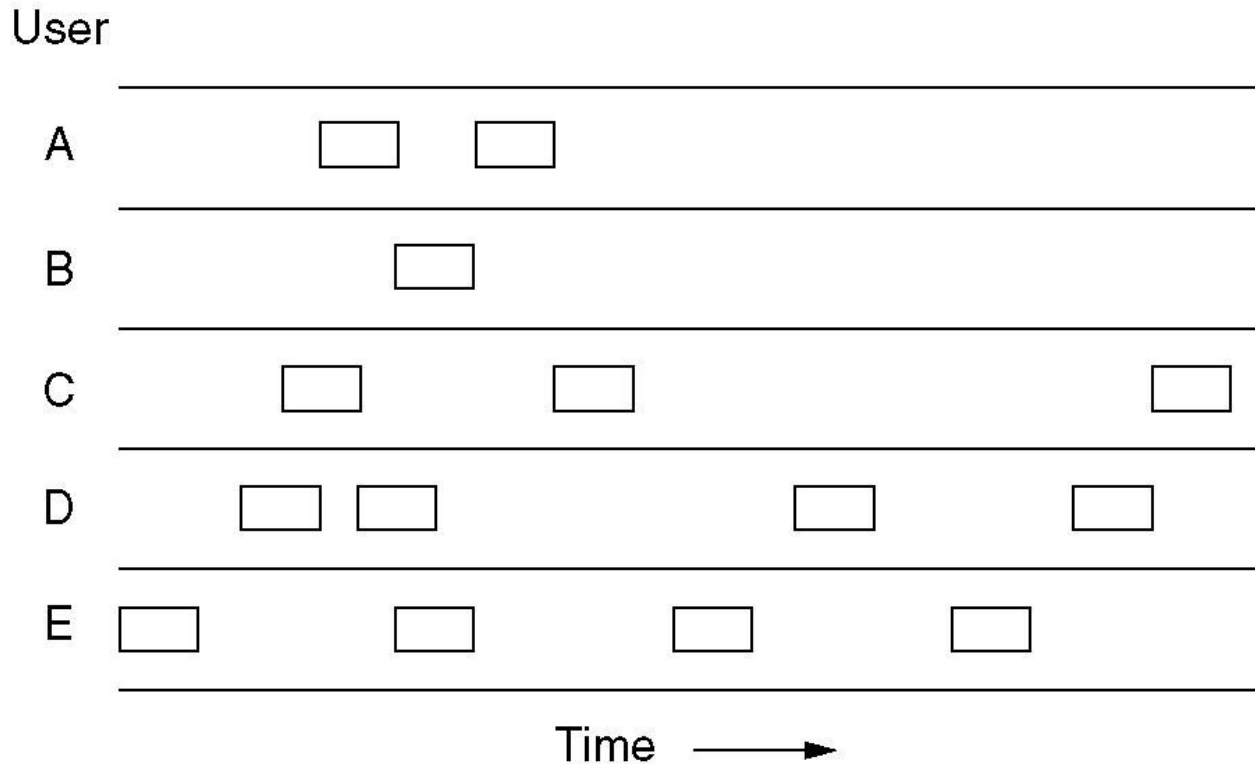
# “Чиста” ALOHA

Идва от мрежата в Университета в Хонолулу – Хавайските острови. Множество от радиостанции, разположени на различните острови. Всяка предава “когато си поиска” без да се съобразява с другите.

Aloha си е с Multiple Access (MA) и съответства на “нерегулируемо кръстовище”

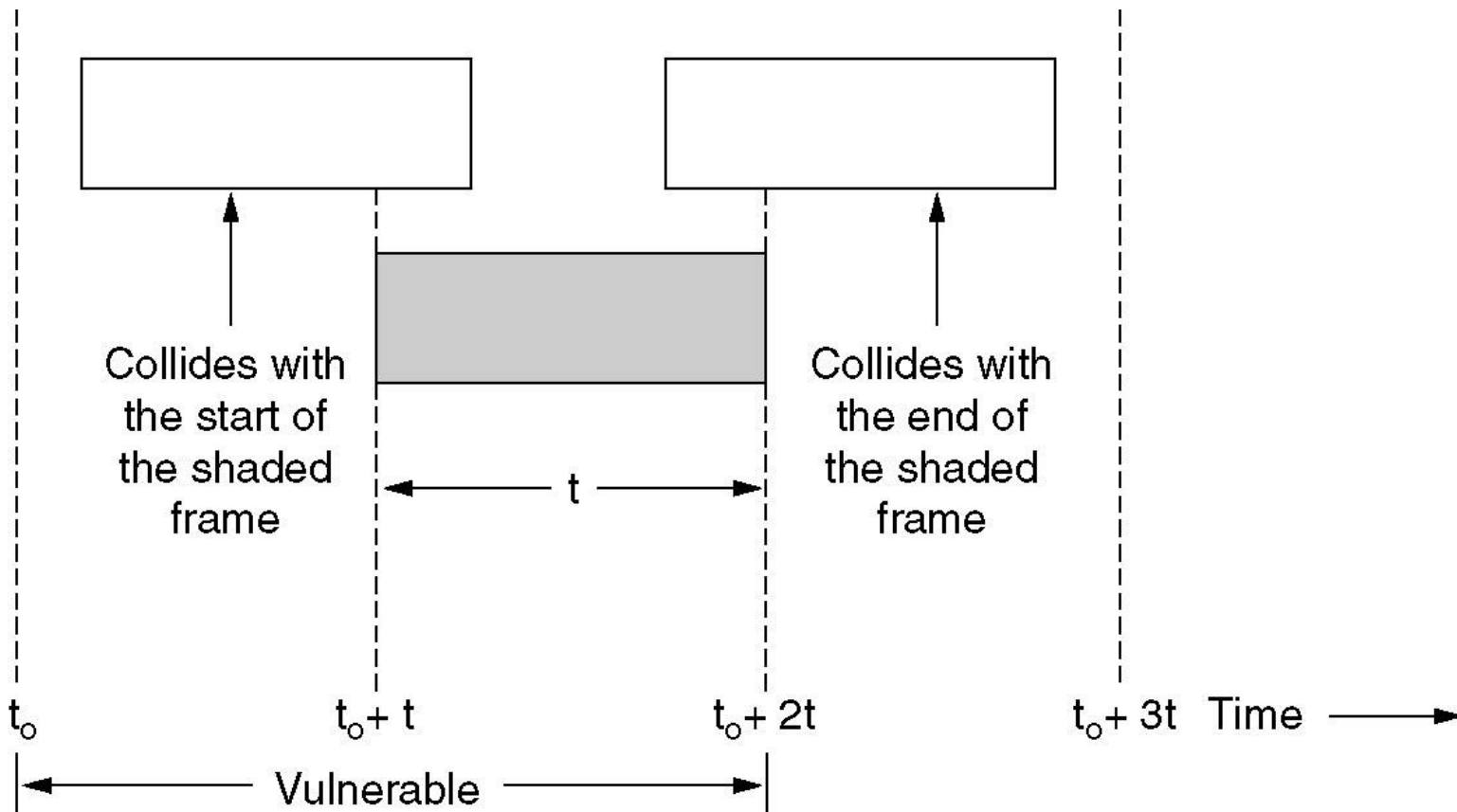


# Чиста АЛОНА



Кадрите се предават в произволен момент от време.

# Чиста АЛОНА. Колизии.

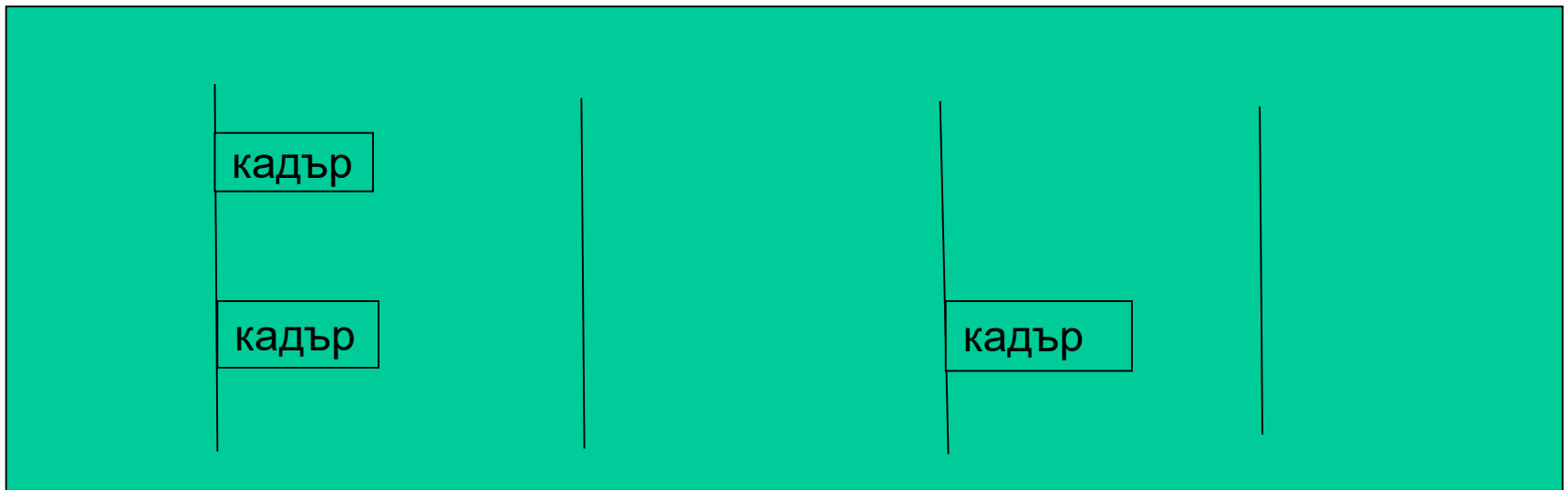


Колизии (конфликти) с началото и края на долния (друг) кадър

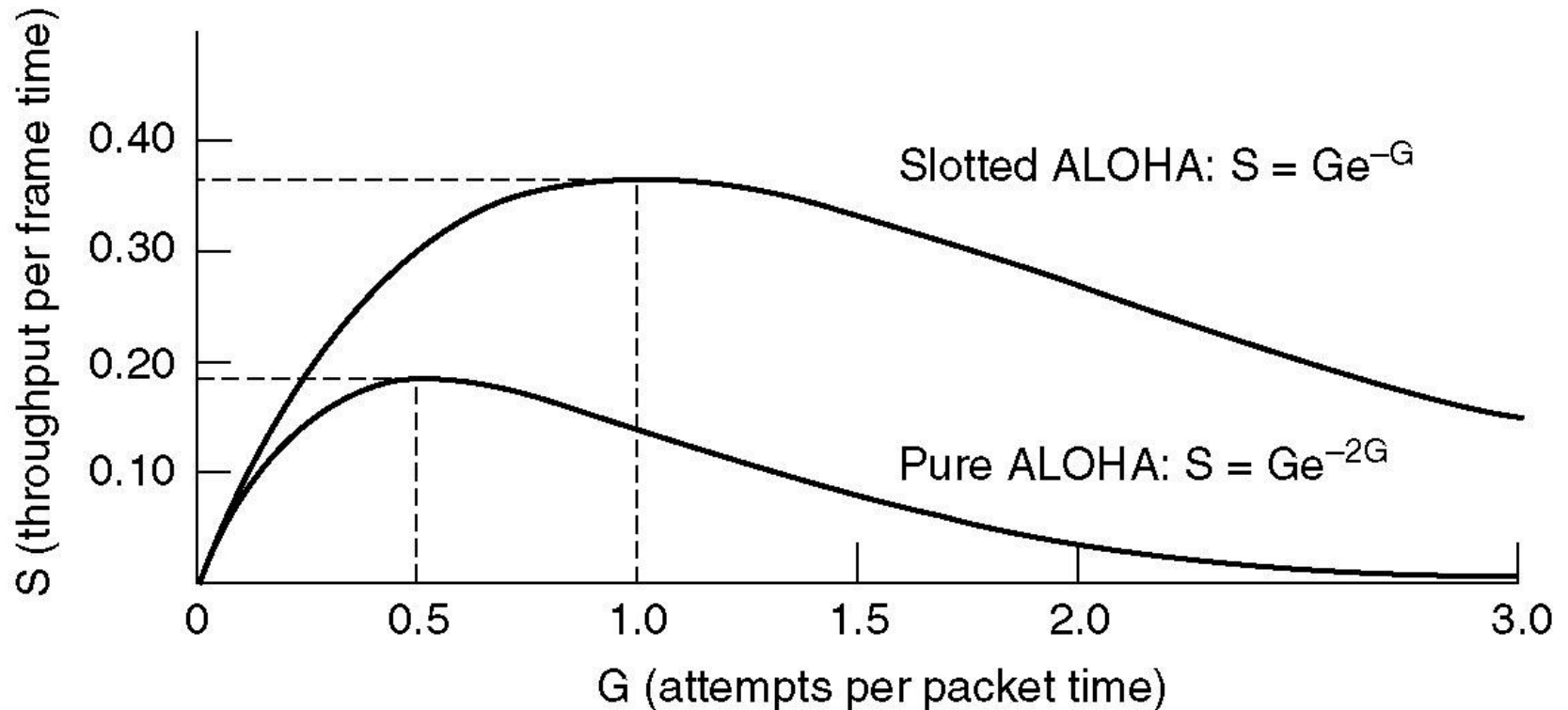
# Slotted ALOHA

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

Колизии се ограничават само във времето на предаване на един кадър



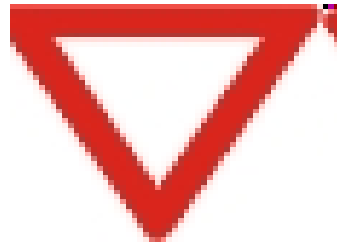
# Pure vs. Slotted ALOHA



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 честота, се наричат **carrier sense multiple access** (множествен достъп с откриване на носещата честота – **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

Станцията прослушва канала, ако никой не предава, започва тя.

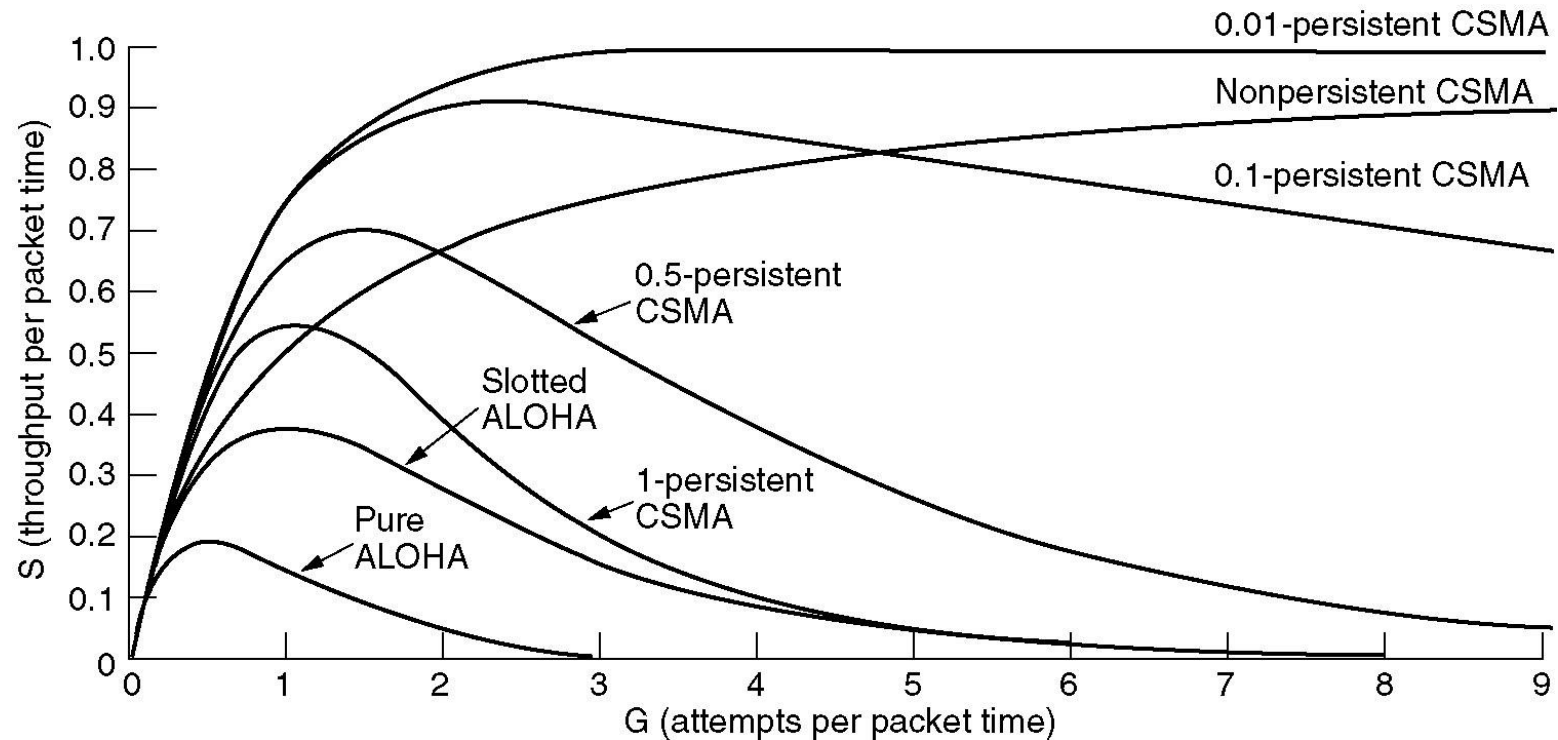
Ако каналът е зает, станцията не продължава да прослушва, а изчаква произволен период от време, след което повтаря алгоритъма.

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

**p-persistent CSMA** се отнася към канали с времемелене (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



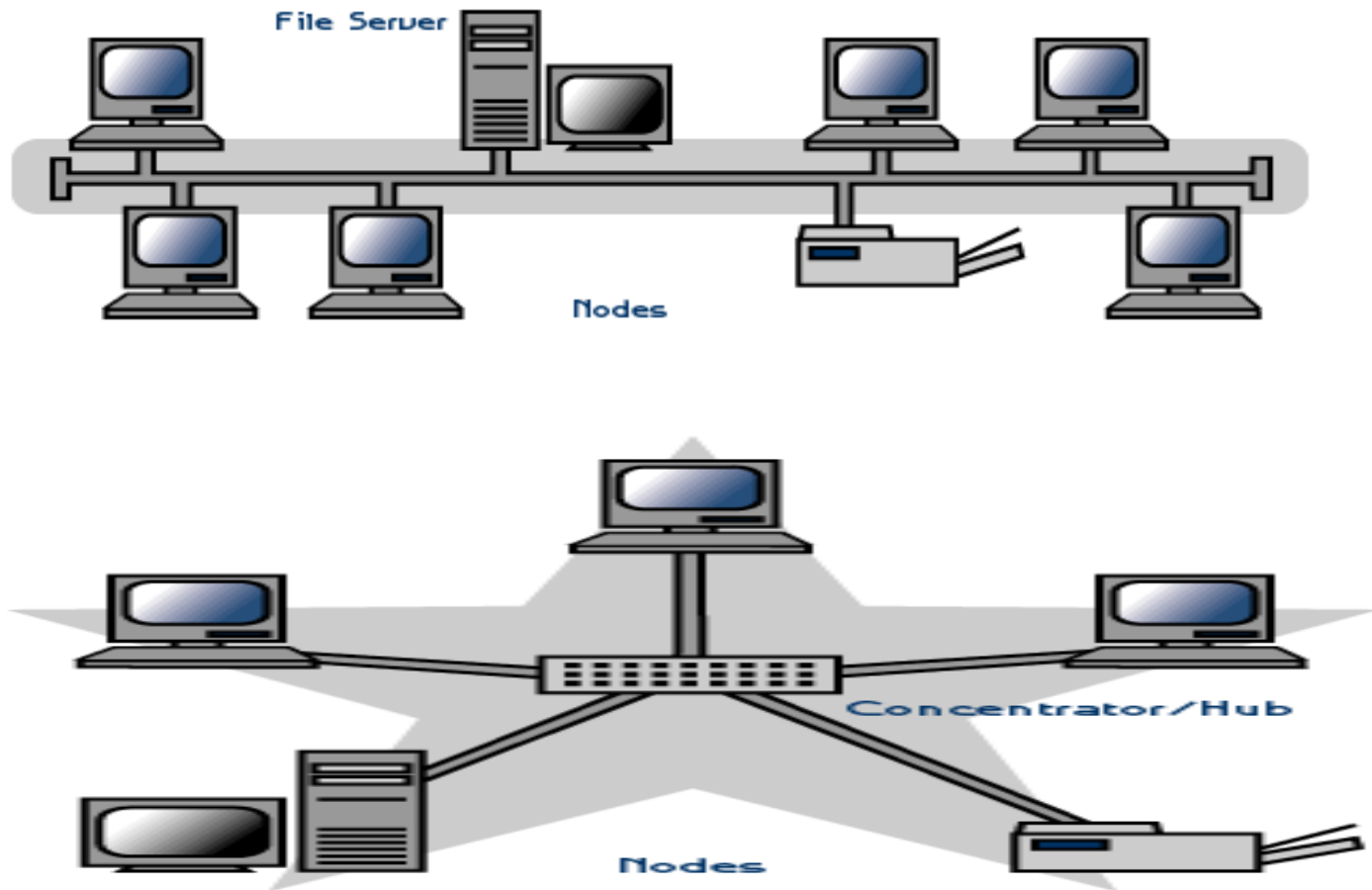
Друго подобрение в алгоритъма е станциите да прекратяват предаването в момента, когато “забележат” колизия.

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

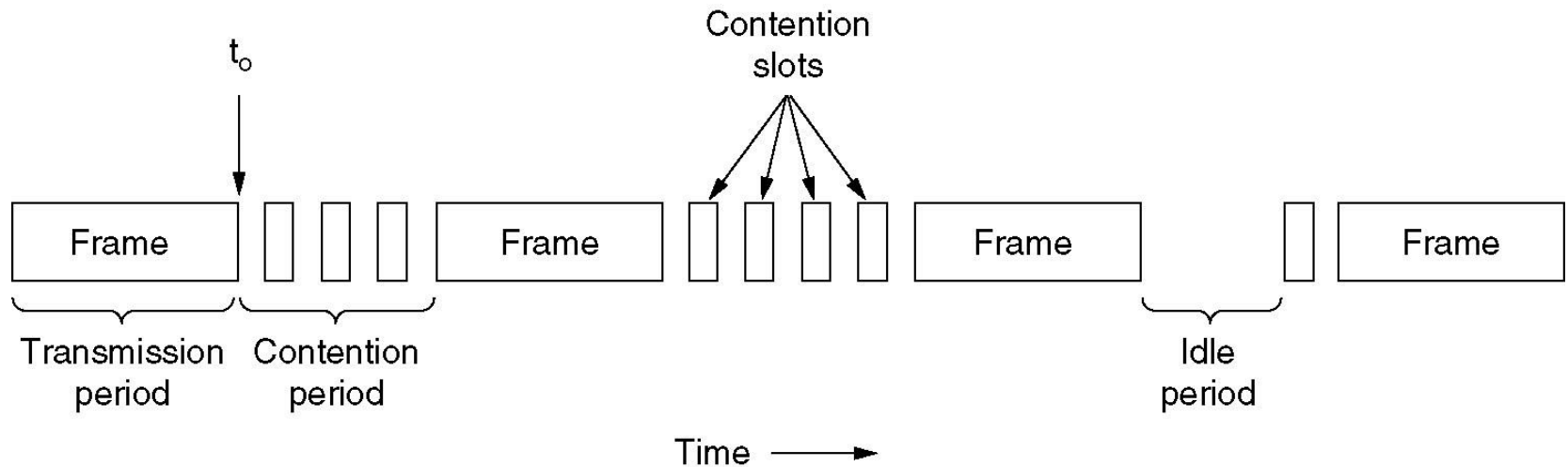
Те спират предаването веднага щом разпознаят колизията.  
МДОН/РК – разпознаване на колизиите.

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

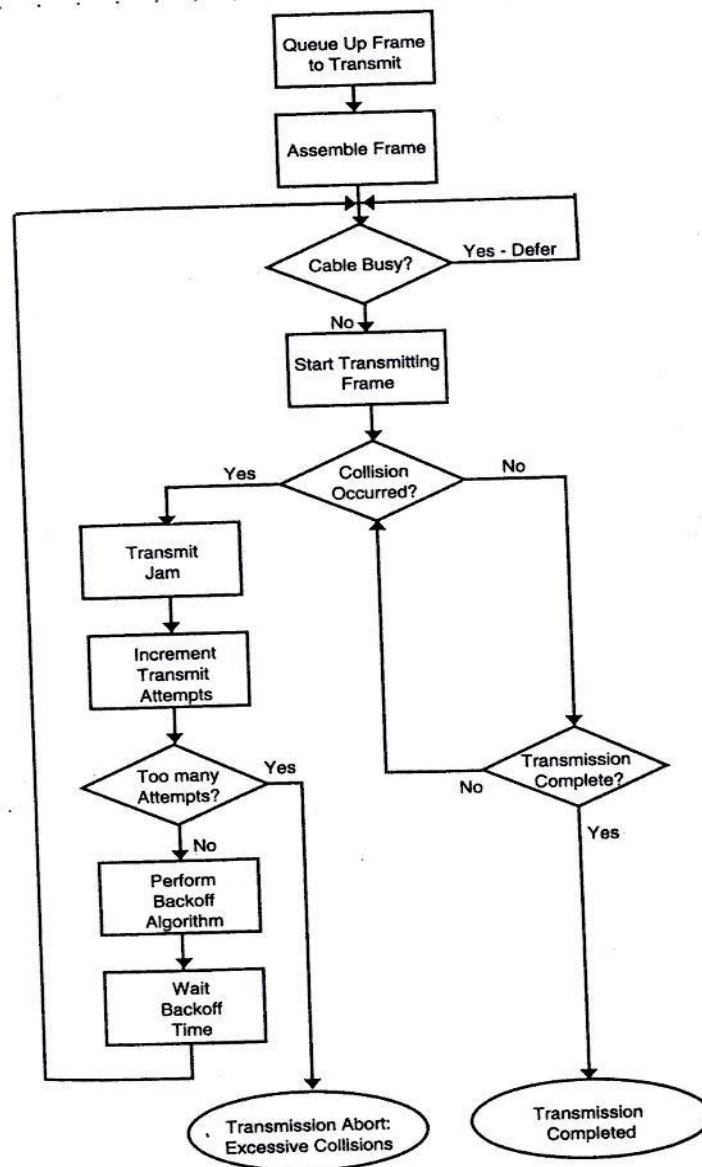
Малко по-подробно за състезателната процедура. Нека двете станции започват да предават в момент  $t_0$ . Колко време им трябва за да регистрират колизията?

Най-лошият случай. Нека времето за пътуване между двете най-отдалечени станции е  $\tau$ . В  $t_0$  една станция започва да предава. В  $\tau - \epsilon$  най-отдалечената също започва да предава. Тя веднага разпознава колизията и спира, но шумът от колизията достига до оригиналната за време  $2\tau - \epsilon$ .

Т.е., в най-лошия случай една станция не може да е сигурна, че е “хванала” канала, докато не е предавала за  $2\tau$  време, без да е чула колизия.

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

# Предаване на Ethernet кадри



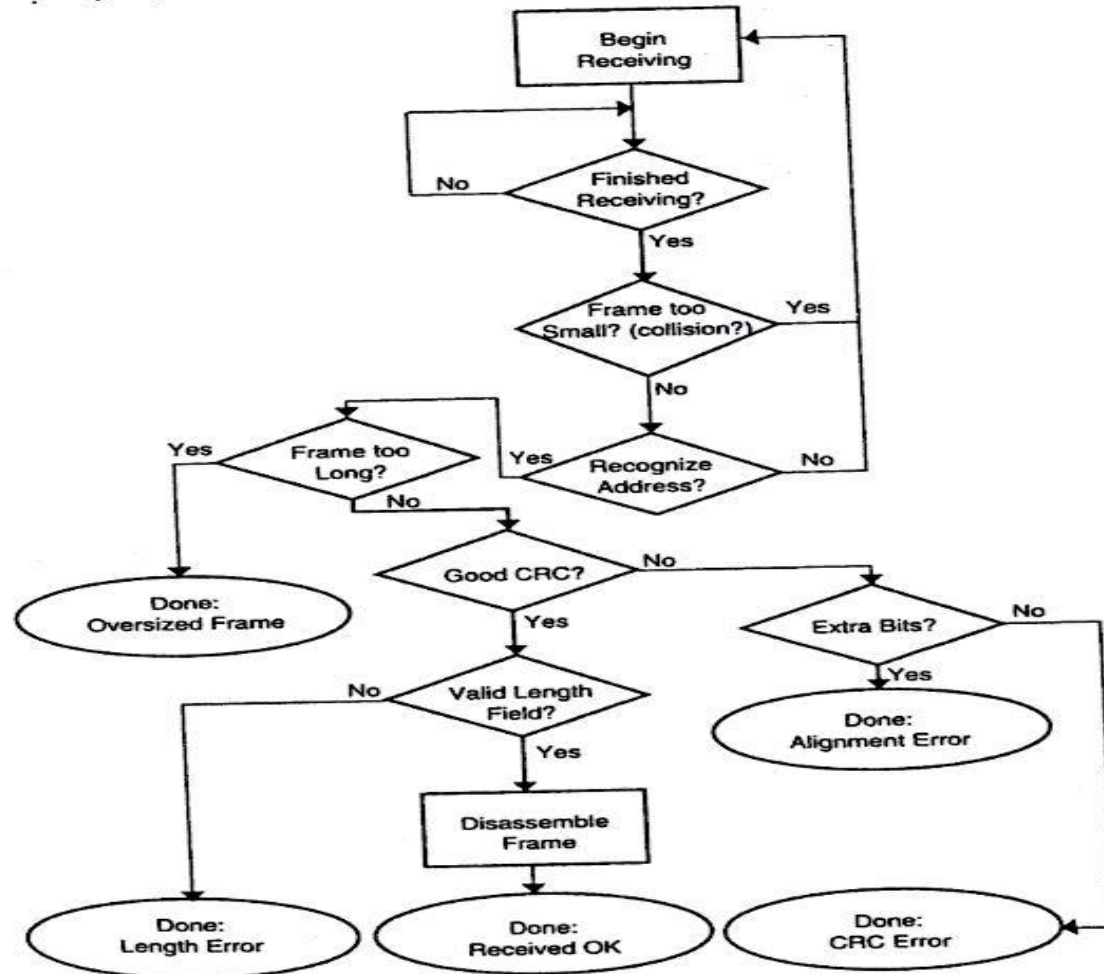


След приключването на предаването на кадъра всички станции са задължени да изчакат технологическа пауза **IPG** (Inter Packet Gap = 9,6  $\mu$ s). Тази пауза също така привежда мрежовите адаптери в начално състояние. Необходима е за да може приемащата станция коректно да приключи с приемането (получаването) на кадъра. Ако станцията предава непрекъснато кадри, тогава напълно ще прихване канала и така ще лиши другите станции от възможността да предават.

Предаването на **jam**-сигнал (jamming) гарантира, че нито един кадър няма да се изгуби, понеже всички възли, които са предавали кадри до възникването на колизия, след като получат jam-сигнал, ще прекратят предаването и ще направят по-късно следващ опит да предават кадри.

Jam-сигналят трябва да е достатъчно дълъг, за да достигне и до най-отдалечените станции на колизионния домейн и да отчита допълнителните забавяния SF (safety margin) при евентуално използвани повторители.

# Приемане на Ethernet кадри



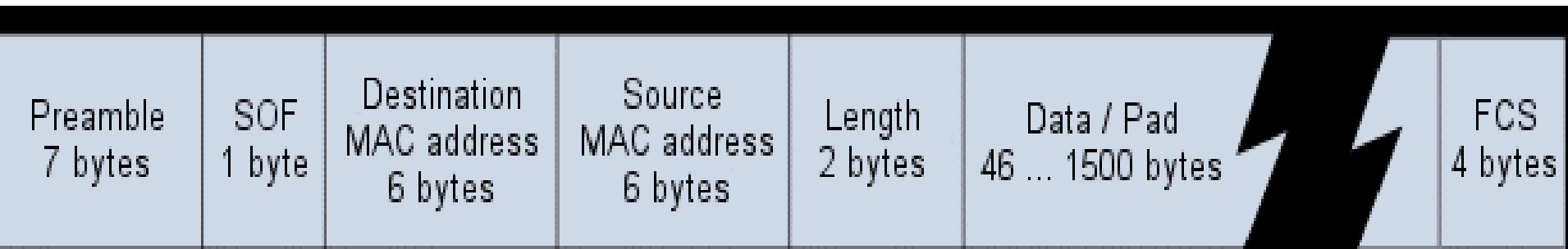
# Най-разпространената LAN- Ethernet

Създател на Ethernet - Robert M. "Bob" Metcalfe

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



**Preamble** = 56 бита 0-и и 1-ци.

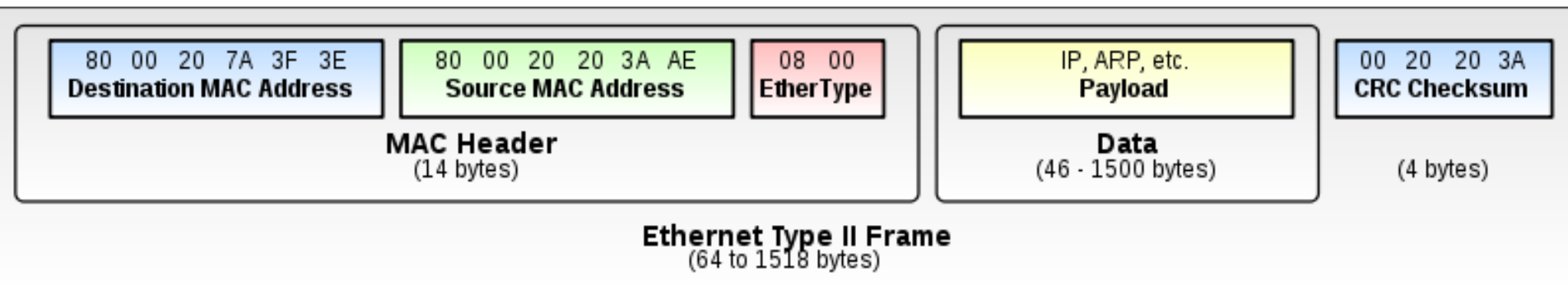
**SOF** = Start of frame: "10101011"

**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



*Destination address* съдържа адреса на получателя на кадъра.

*Source address* - адреса 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 модемната 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:**  $\text{Net bit rate} = \text{Efficiency} \times \text{Wire bit rate}$

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

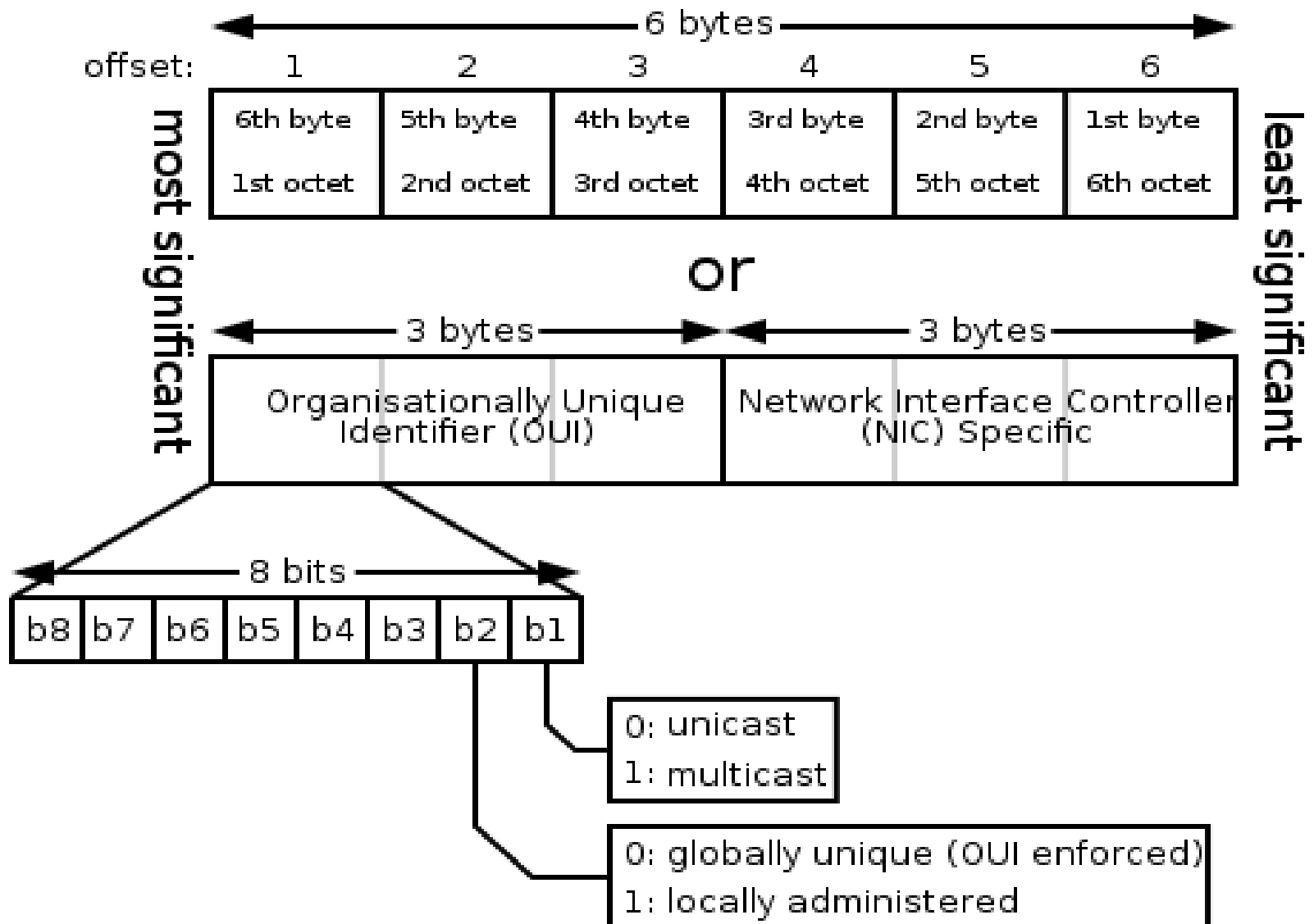
9000 байта като предпочитан размер на jumbo frames е резултат от споразумение между Joint Engineering Team of Internet2 и правителствените мрежи в САЩ.

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 МАС адрес

Media Access Control адресът (МАС 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 МАС адресът съдържа закодиран идентификатора на производителя.

IEEE дефинира три схеми за формулиране на МАС адрес: **МАС-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 МАС-48 е чисто семантична (но не и синтактическа): МАС-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

	0	8	16	24	32	40	48		
48-bit IEEE 802 MAC Address	39	A7	94	07	CB	D0			
	00111001	10100111	10010100	00000111	11001011	11010000			
Organizationally Unique Identifier (OUI)				Device Identifier					
	0	8	16	24	32	40	48	56	64
Address	00111001	10100111	10010100			00000111	11001011	11010000	
Insert 16-bit Pattern	00111001	10100111	10010100	11111111	11111110	00000111	11001011	11010000	
Set bit 7 to 1	00111011	10100111	10010100	11111111	11111110	00000111	11001011	11010000	
Identifier in Hex	3B	A7	94	FF	FE	07	CB	D0	
Colon Notation	3BA7:94FF:FE07:CBD0								

**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 **манчестърски код** (Manchester Encoding).

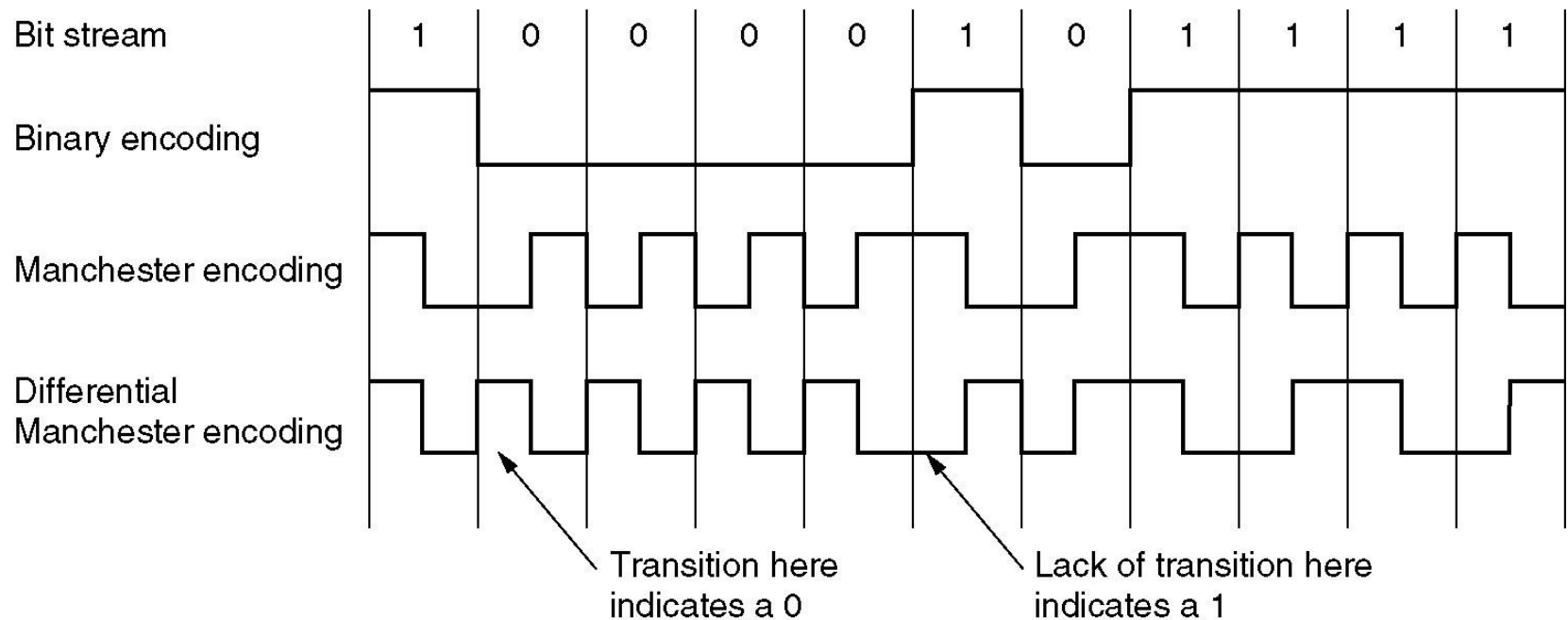
Периодът за предаване на един бит се разделя на две равни части.

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).

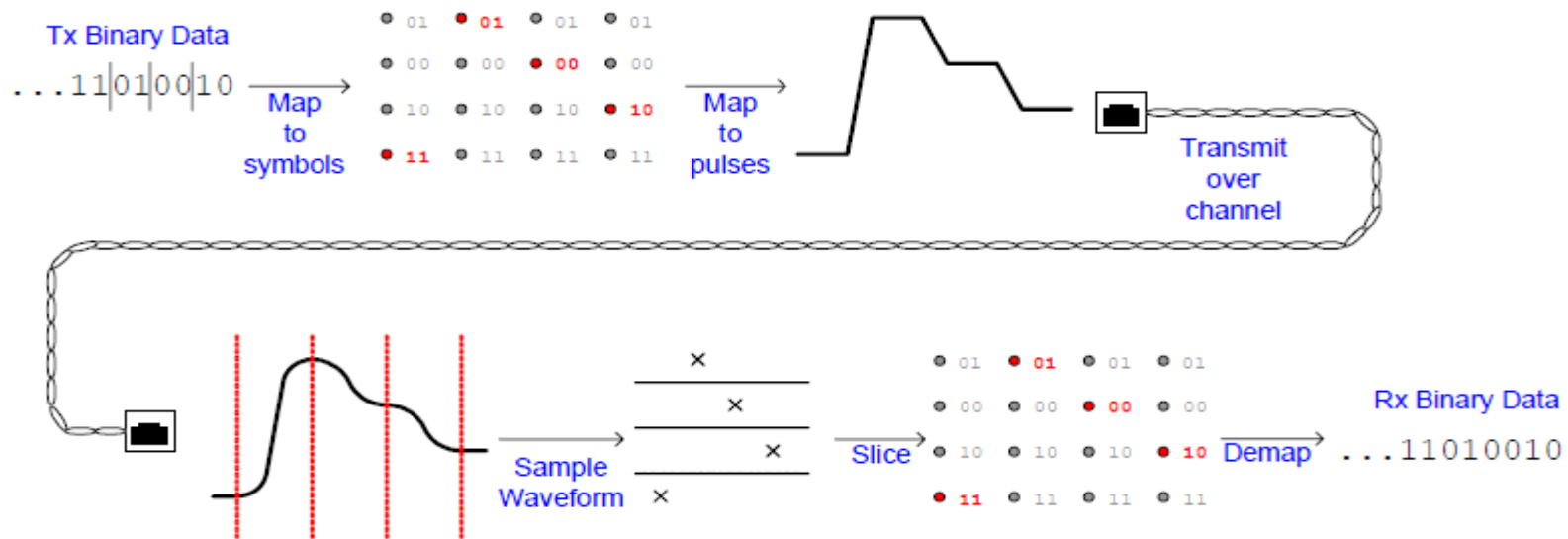
**10GBASE-LX4**: WDM - 240 m и 300 m по MM FO. 10 km по SM FO ([802.3ae](#)).

**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

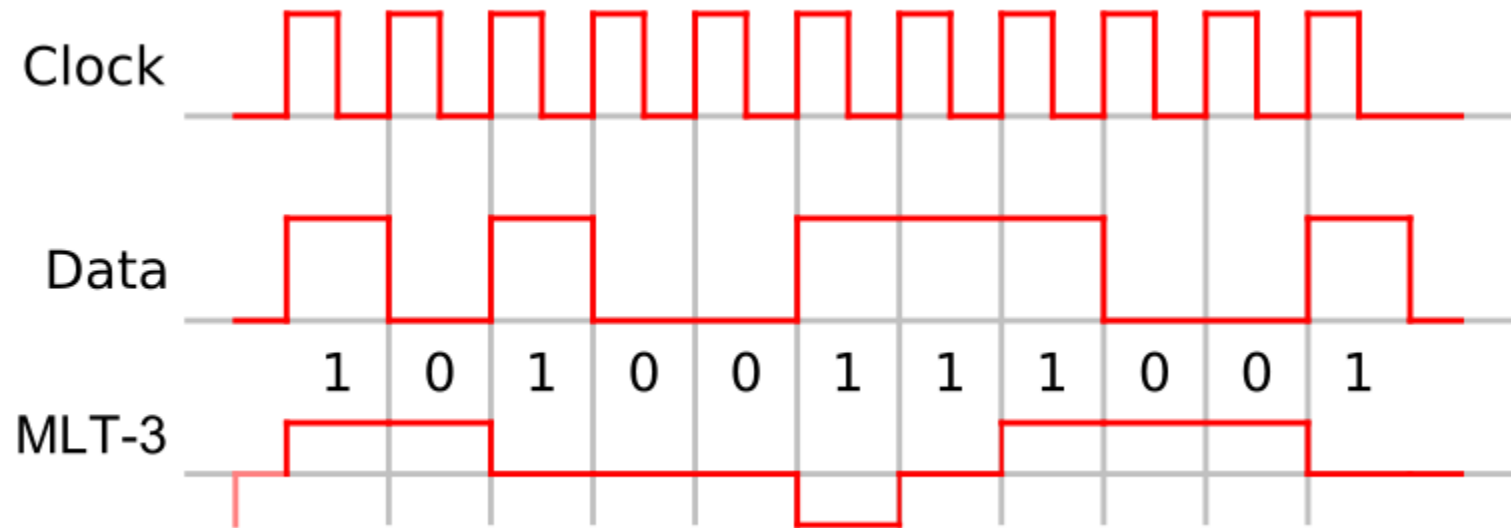


Предавайки сигнали с много нива на напрежение, **кодираме групи от битове**, а не с две нива да се кодира един единствен бит

$$bw \sim 1/\text{бр.нива}$$

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

# 100BASE-TX MLT-3

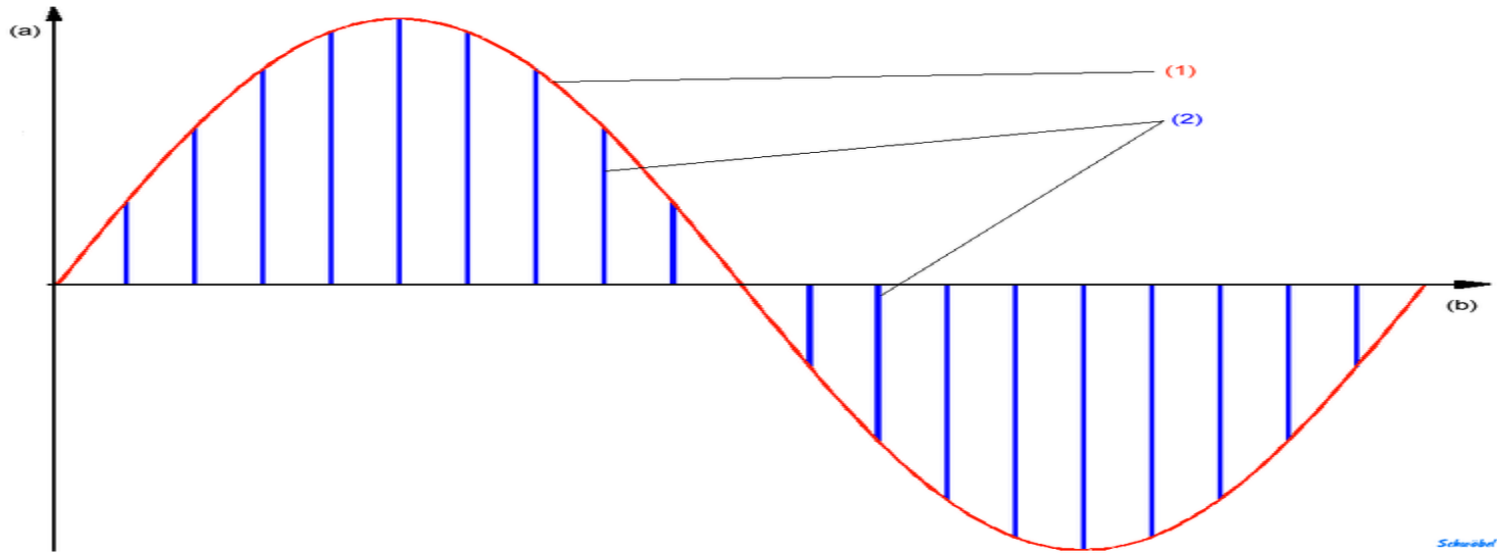


MLT-3 има 4 прехода (бод - **baud**) за пълен цикъл.

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

По-лесно се пренася по медните жици.

# 1000Base-T



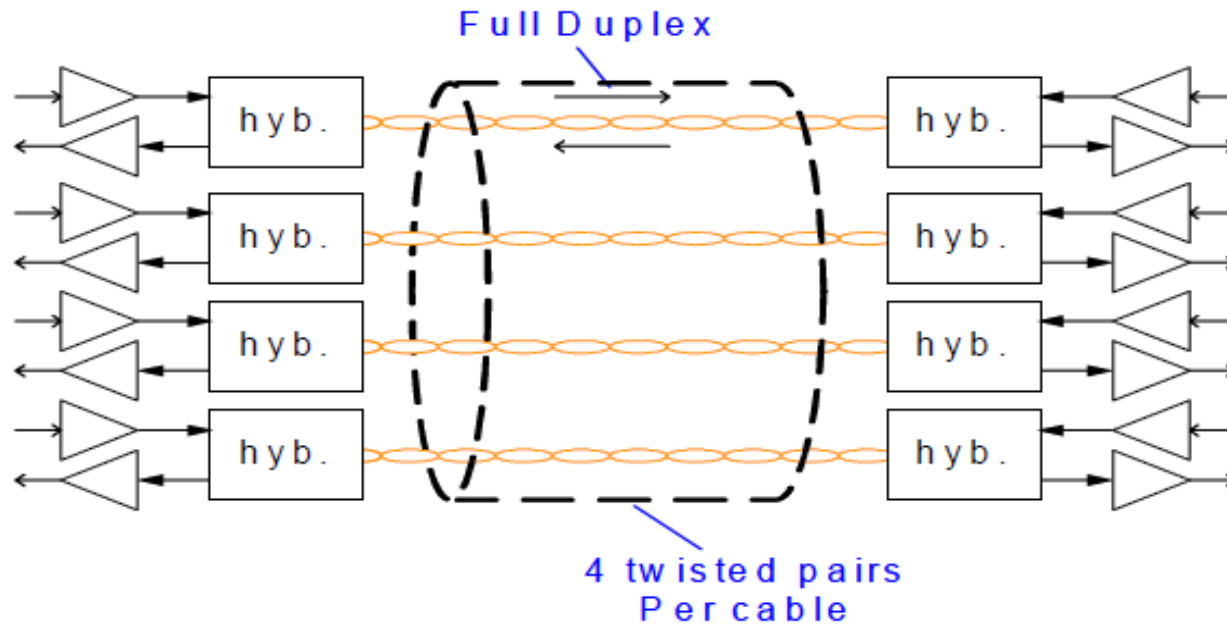
## 1G Ethernet по Category 5e кабели.

**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 РАМ-5 - за резервираност, контролни символи, по-висока производителност.

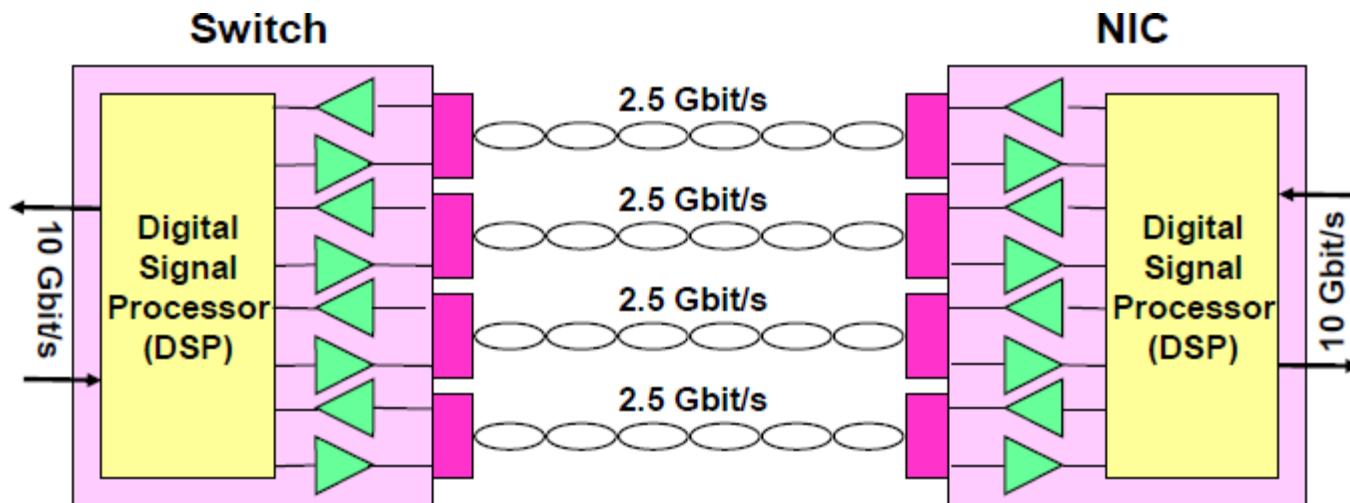
# 1000Base-T



**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

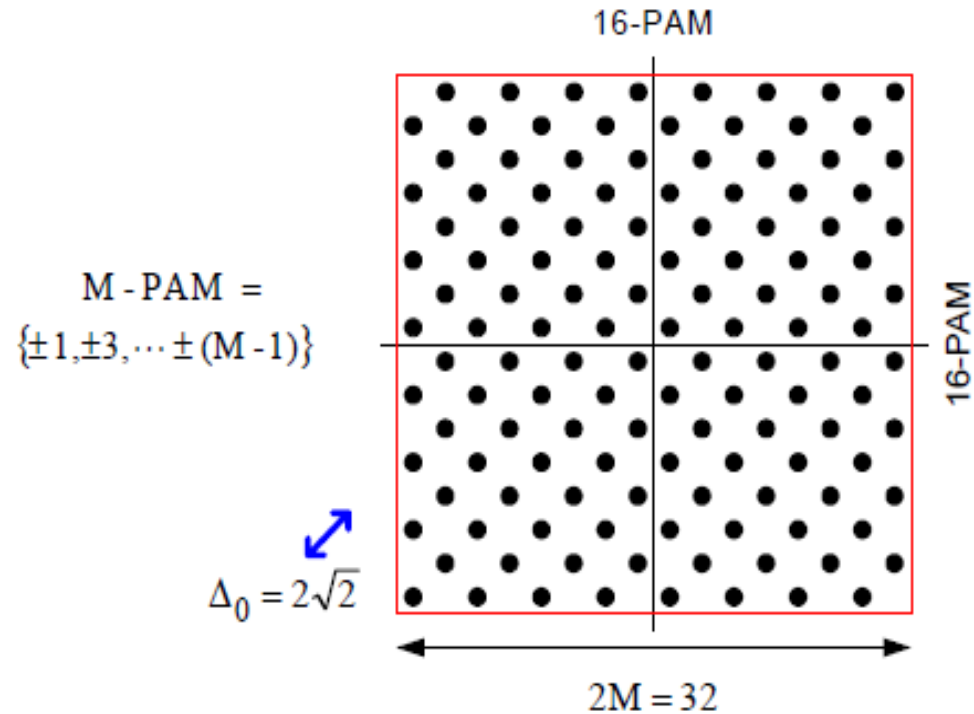


10GBASE-T предава и по 4-те чифта - 100 m SFTP кабел (Cat. 6a).

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 <sup>[7]</sup>	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  $\mu\text{m}$  (OM2) и 62.5/125  $\mu\text{m}$  (OM1) multi-mode fiber.

50/125  $\mu\text{m}$  "лазерно оптимизиран" OM3 fiber.)

# Към Terabit Ethernet

Terabit Ethernet изисква подобрение на PCI Express стандарта.

Голямо предизвикателство за технологията.

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

# Ethernet кабели и топологии



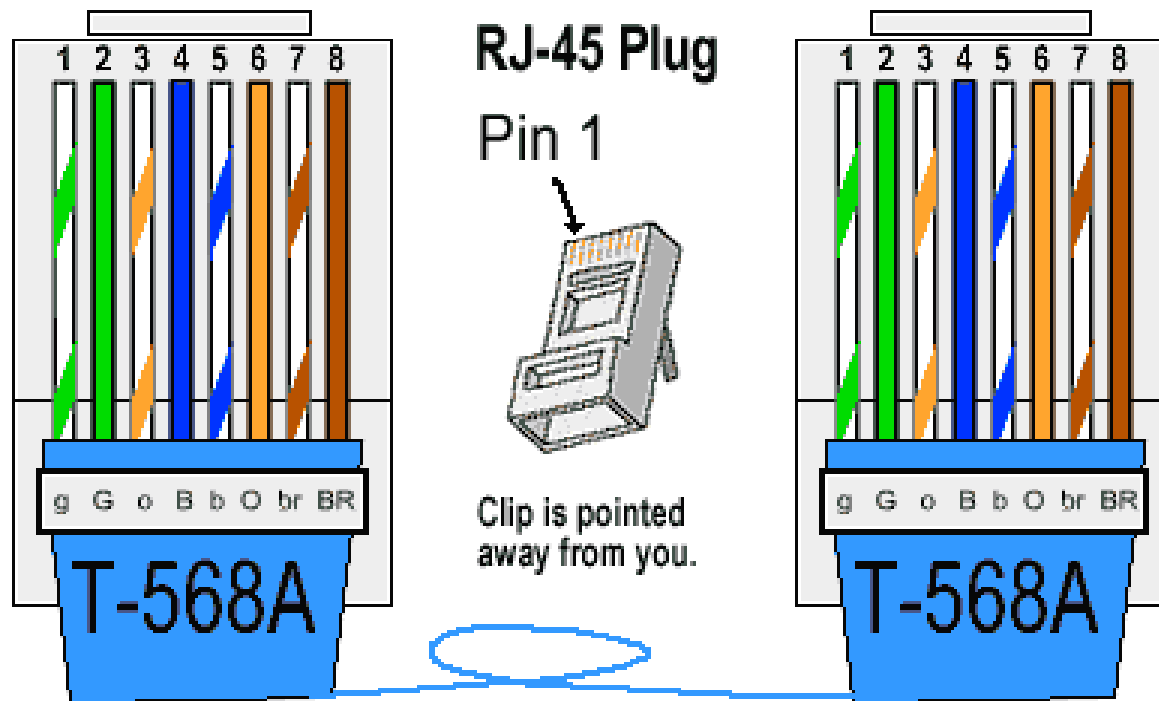
# Ethernet кабели и топологии

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

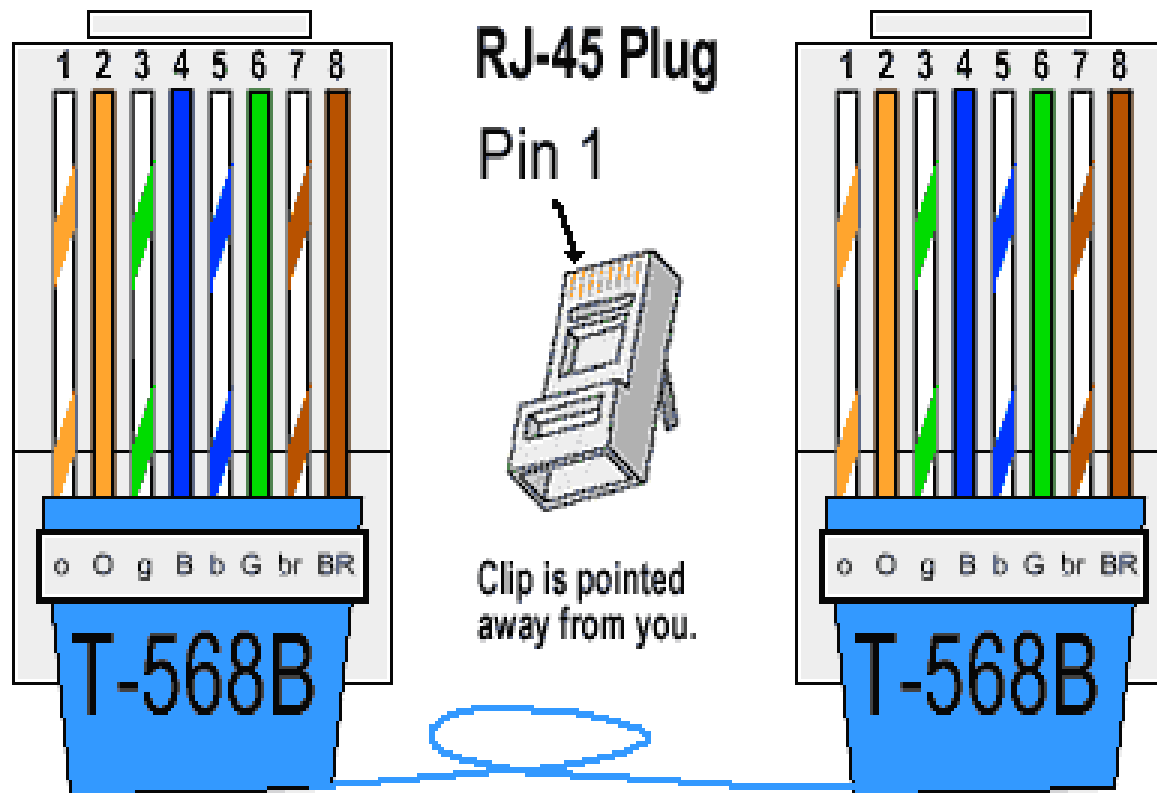
Станциите се свързват към хъба в **прав кабел**, т.е. предаващата двойка на всяка станция съответства на предаващата двойка на хъба и съответно приемащата двойка на всяка станция съответства на приемащата двойка на хъба.

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

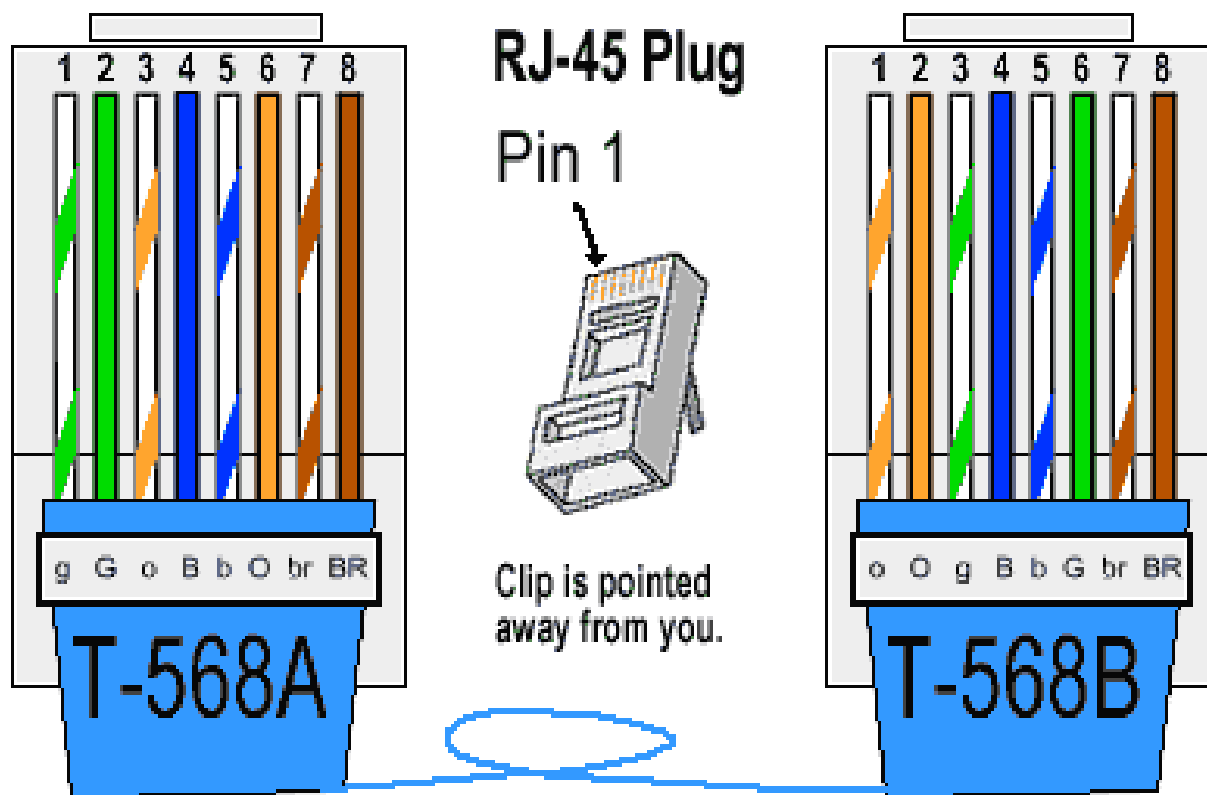
# Прав (Straight-Through) кабель



# Прав (Straight-Through) кабель

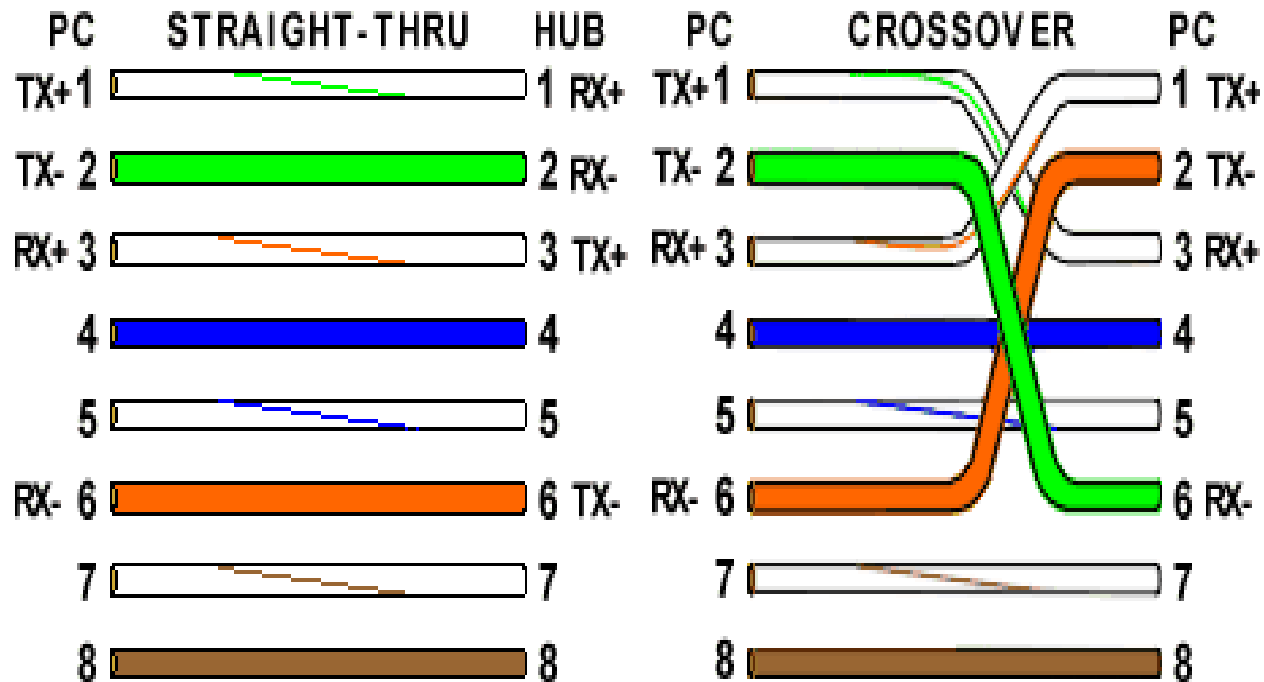


# Кръстосан (Crossover) кабел





# Straight vs. Cross (теория)



## Правият кабел свързва:

- хост към суич;
- маршрутизатор със суич;
- маршрутизатор с хъб.

## Кръстосаният кабел свързва:

- хост с хост;
- хост към маршрутизатор;
- маршрутизатор с маршрутизатор;
- суич със суич;
- суич с хъб.

# Хъб и повторител

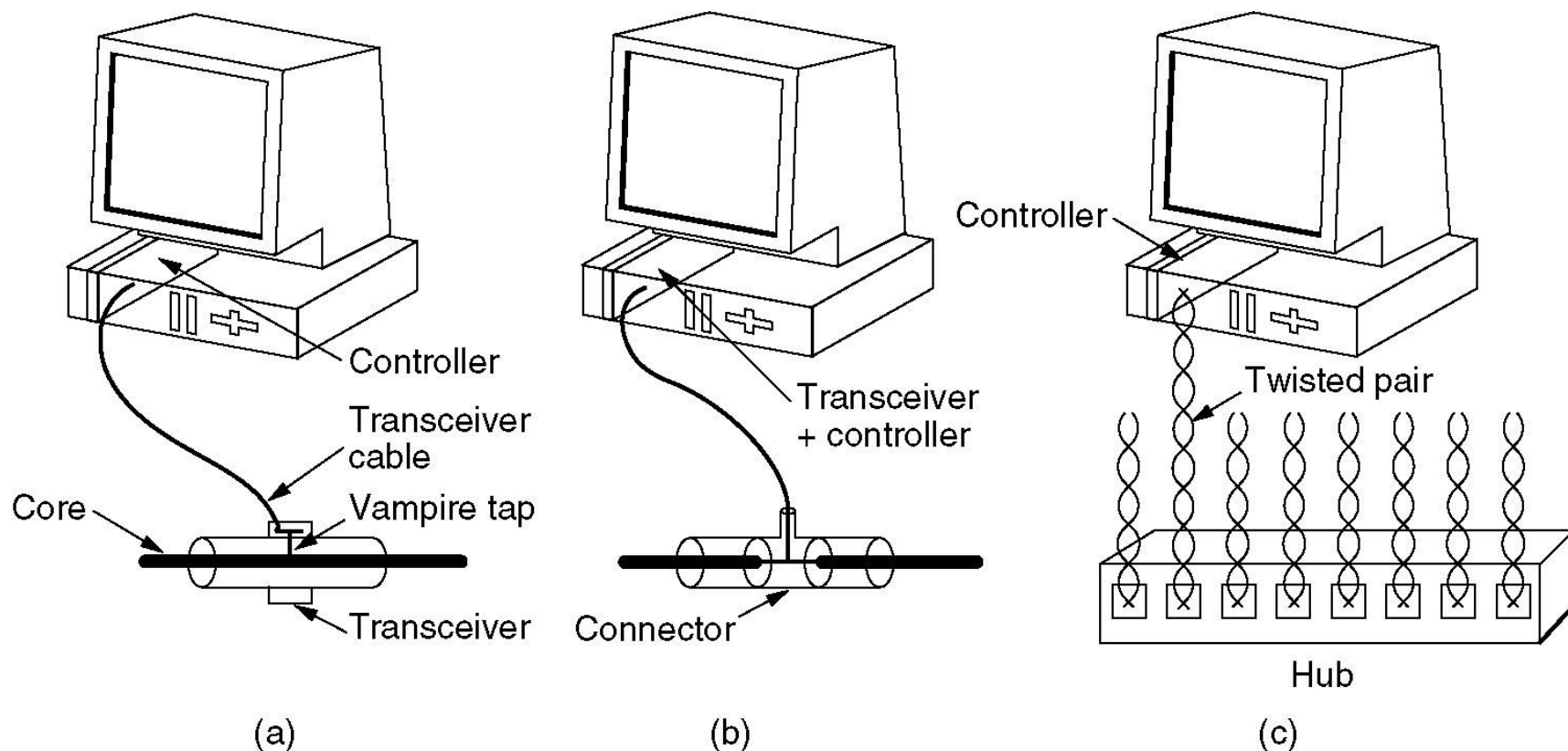
Ако хъбът получи кадър по някоя линия, той изпраща този кадър по всички останали линии. Хъбът не знае адресите на каналните станции.

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

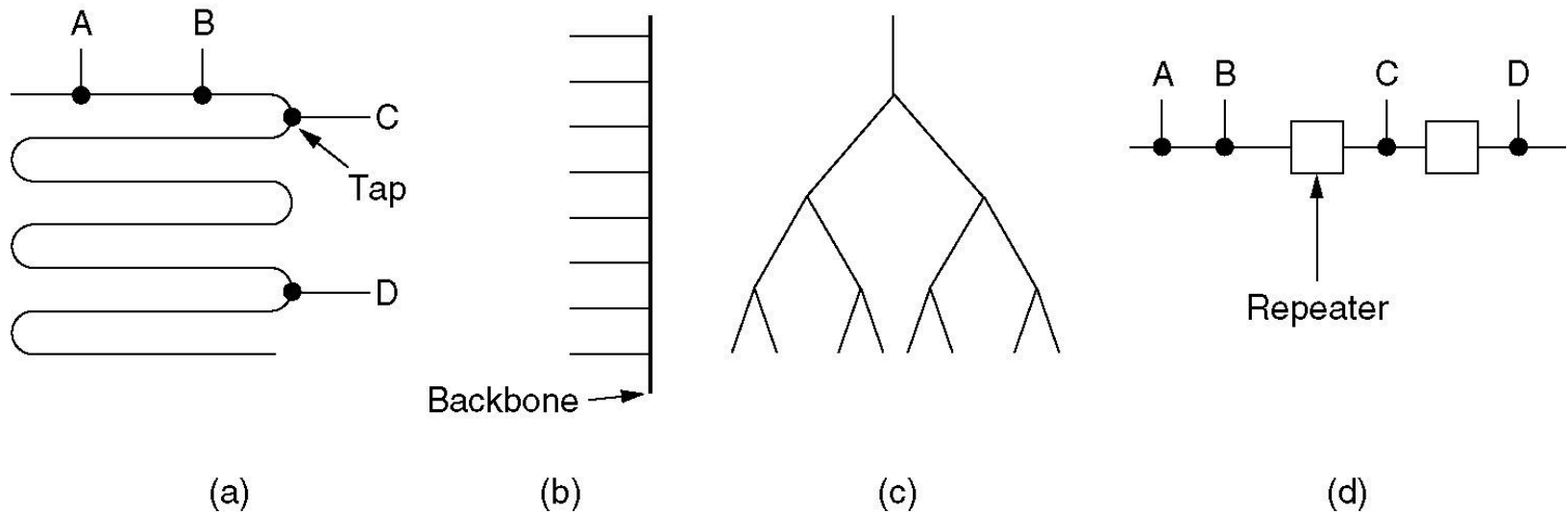
# Коаксиални кабели и хъб



Три вида Ethernet cabling

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

# Топологии на Ethernet окабеляване



(a) Шина (b) Вертикално (c) Дървовидна (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.

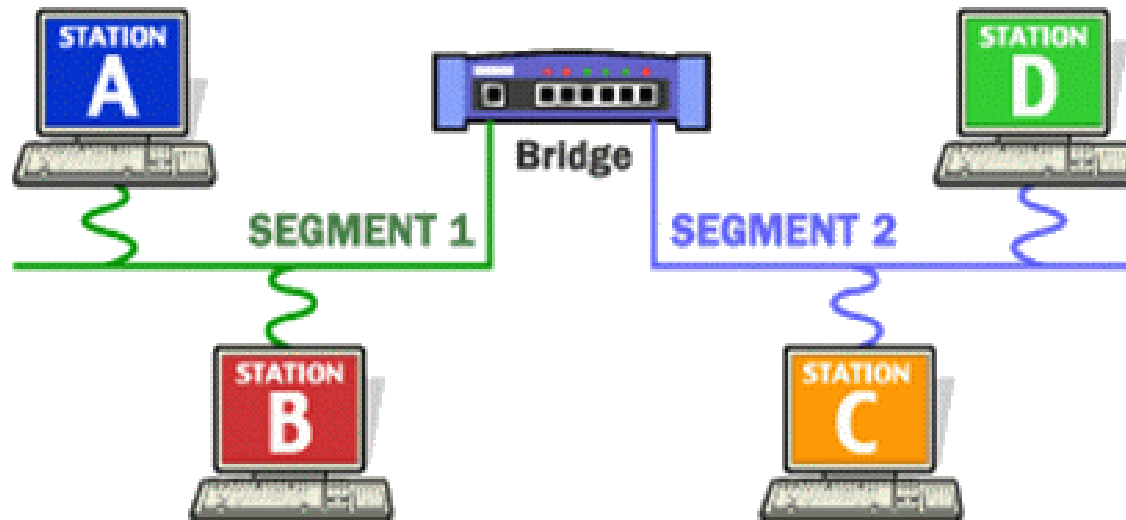
Той прочита адреса на получателя и по него определя към коя изходна линия да изпрати кадъра (за целта се поддържа специална таблица).

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

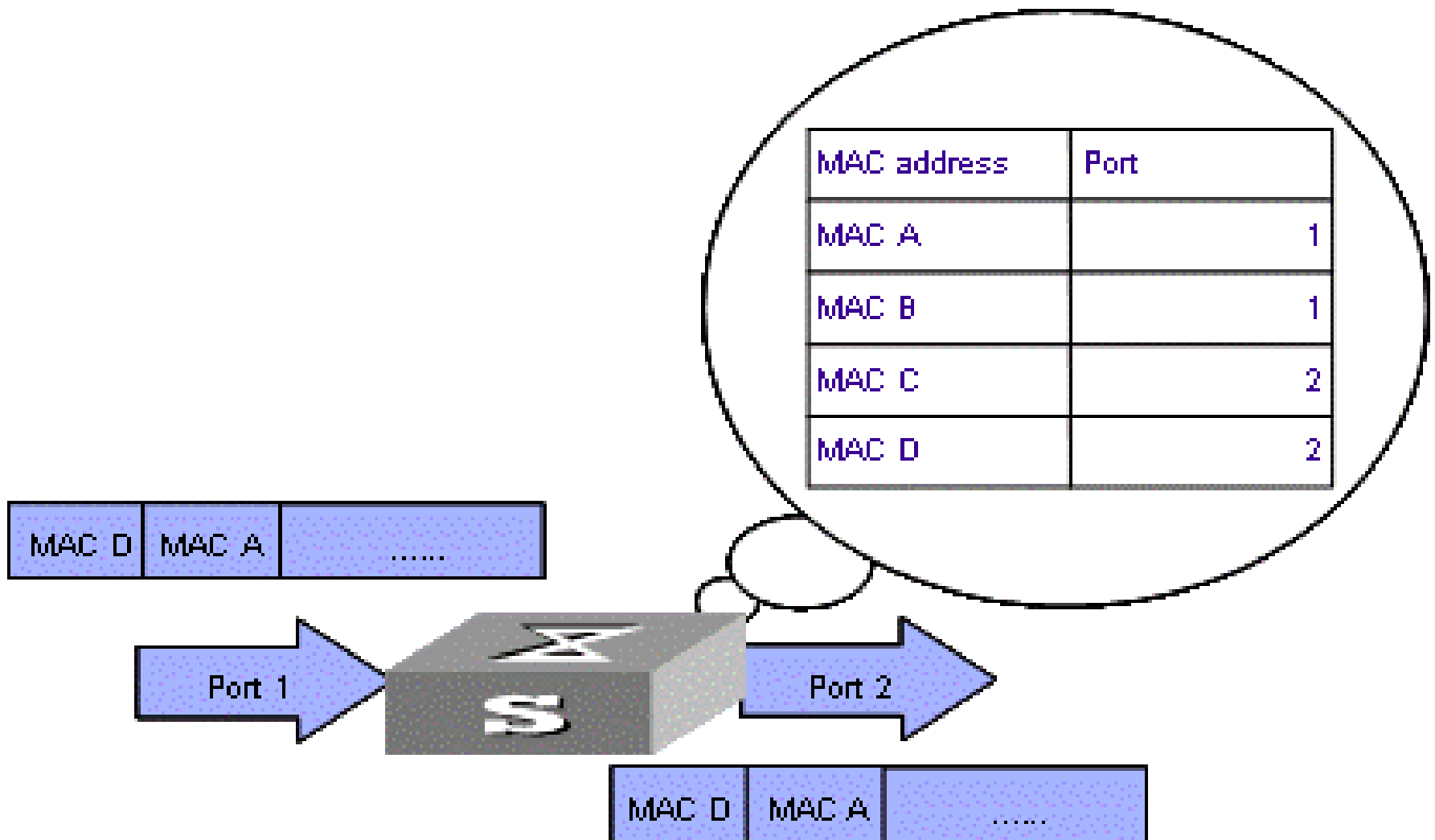
Подобно устройство е **превключвателят (switch)** — многопортов мост. Той също прочита адресите на постъпилите в него кадри. Всяка линия (порт) е самостоятелна и представлява отделна област — домейн на колизиите. Това се нарича още **микросегментиране**.

При превключване между сегменти кадри не могат да бъдат изгубени поради колизии. За целта превключвателят трябва да има достатъчно буферно пространство за да може да се препращат кадрите.

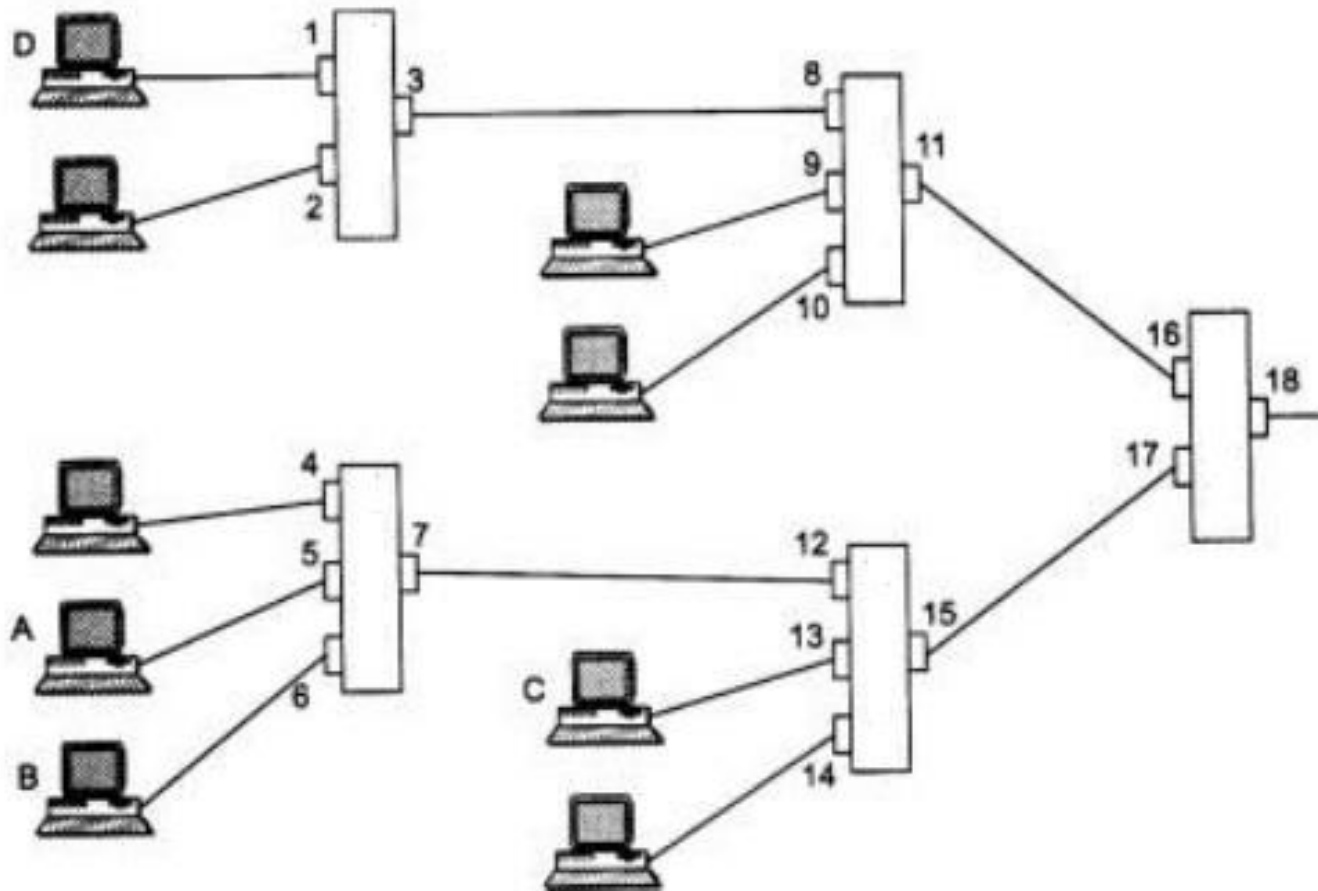
# Bridge и switch



# MAC Address Table



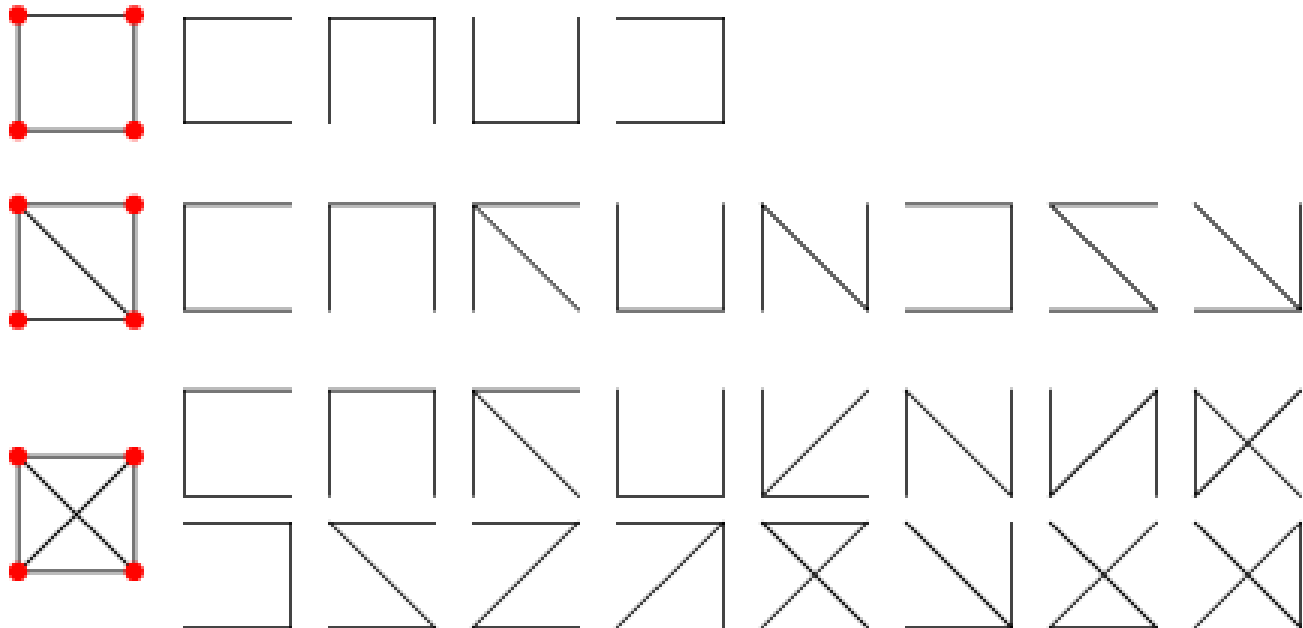




Нека хост А изпраща пакет за хост В (или за хост С; или за хост D).

Ако всички устройства са (1) хъбове или (2) суичове откъде ще мине кадъра?

# Spanning Tree

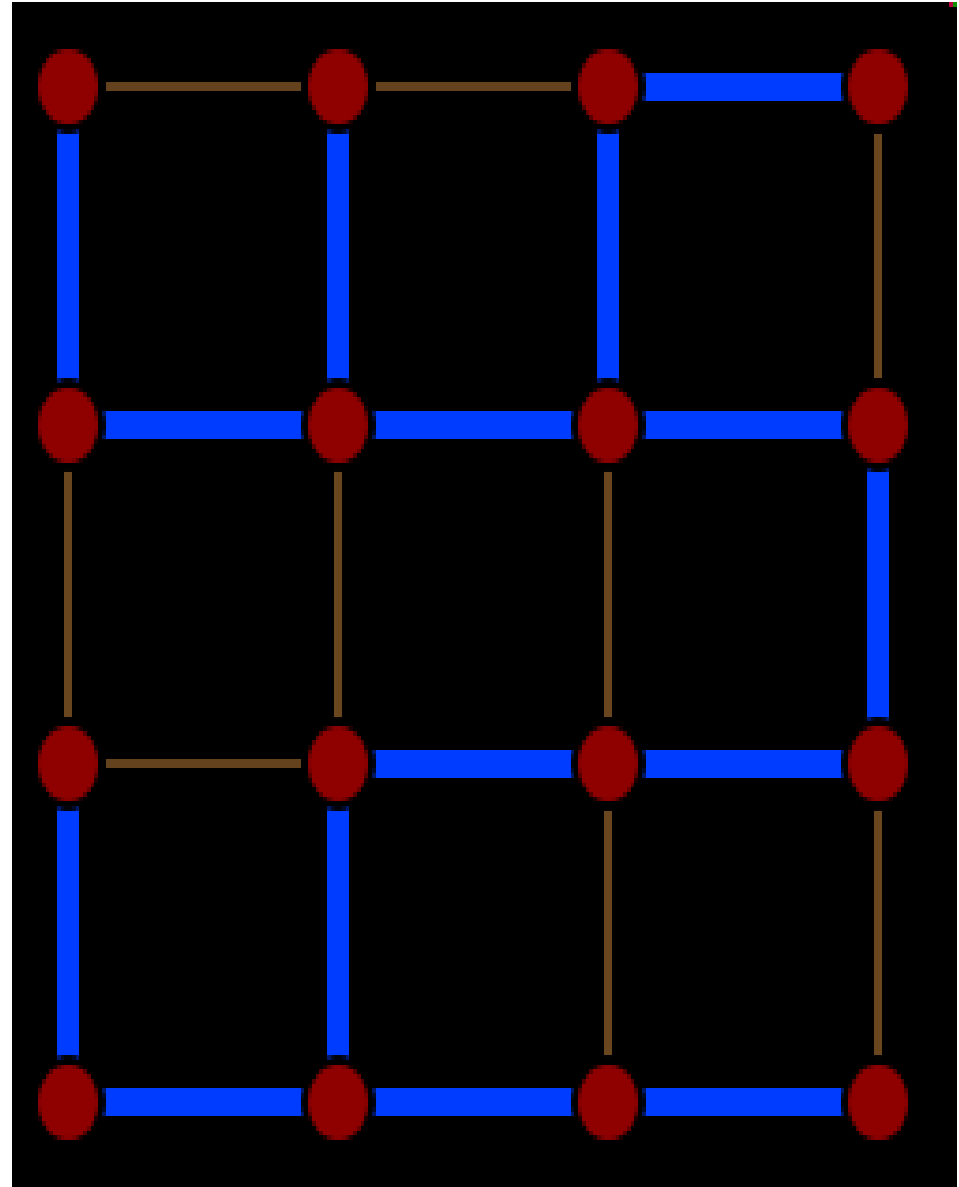


# Spanning Tree (математика)

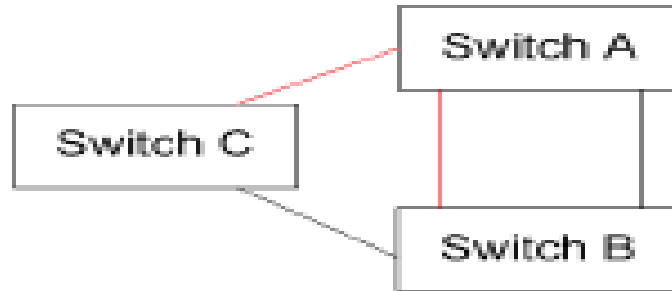
spanning tree (разперено дърво) на граф  $G$ :

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. Защо?



Резервираност в топологията:

**PROS:** отказоустойчивост, 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 - стоимости

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.

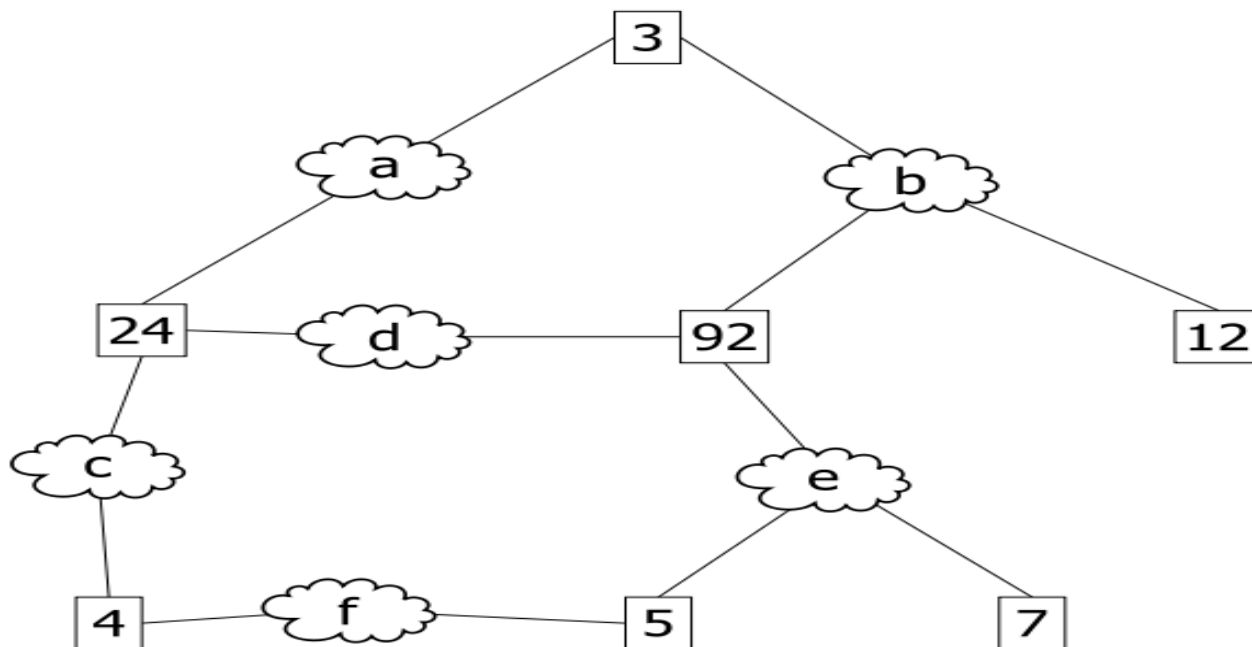
Първоначално всички портове са блокирани. Отнема около 50 s, докато започнат да превключват.

**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

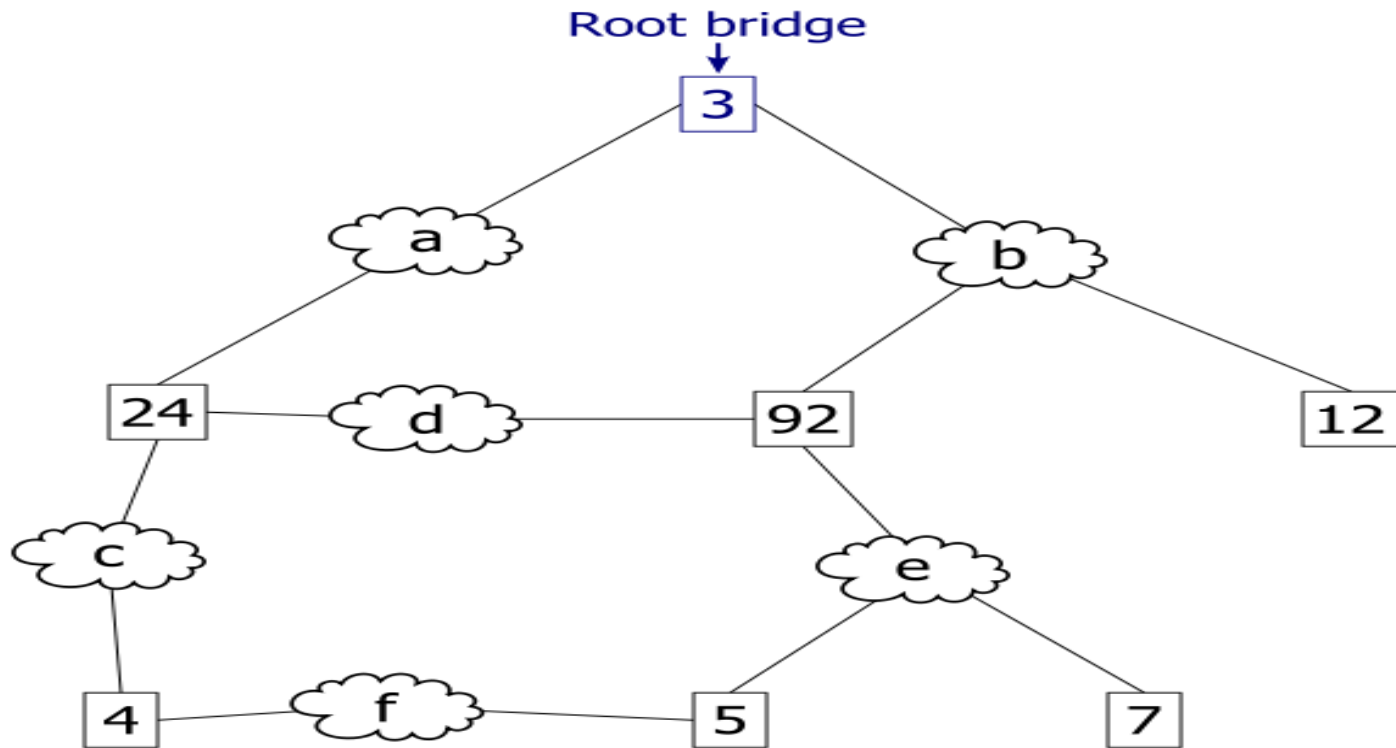


Номерираните кутийки - **bridge ID**.

Номерираните облаци – **мрежови сегменти**.

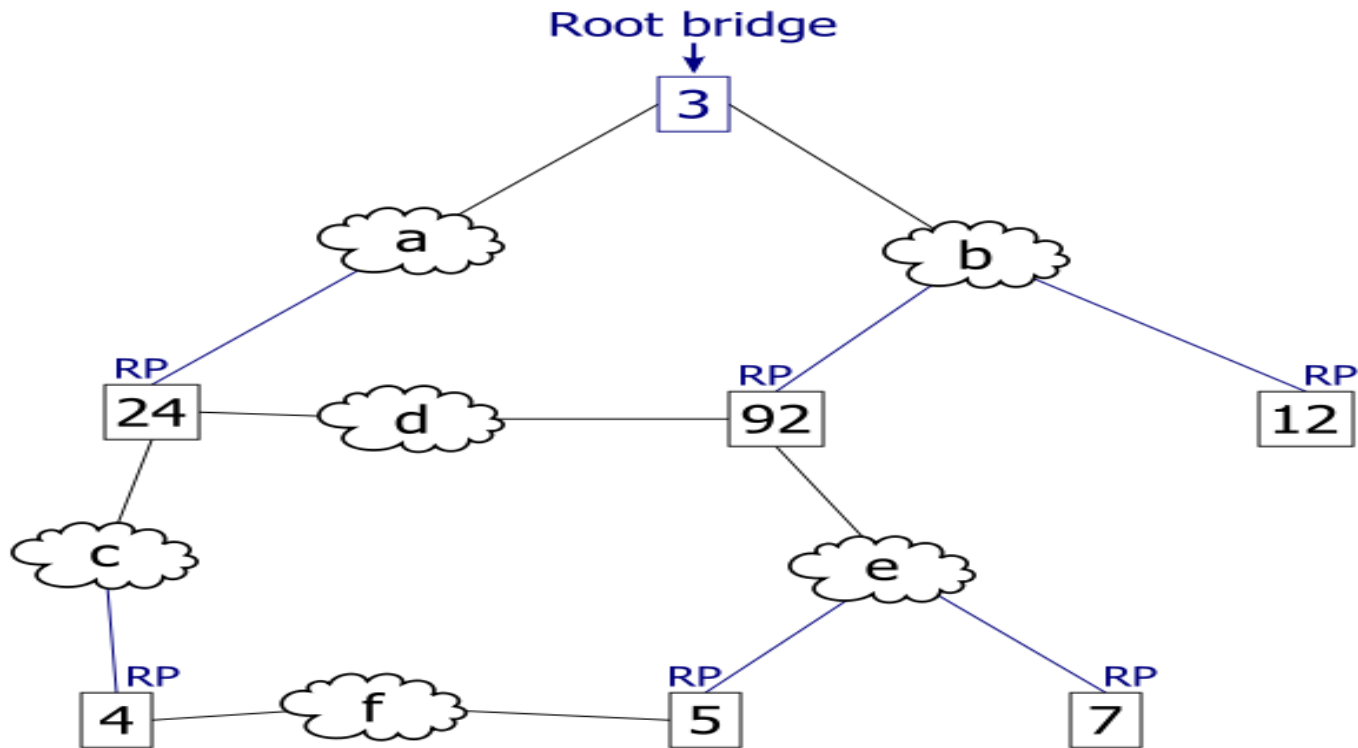


# Избор на root bridge



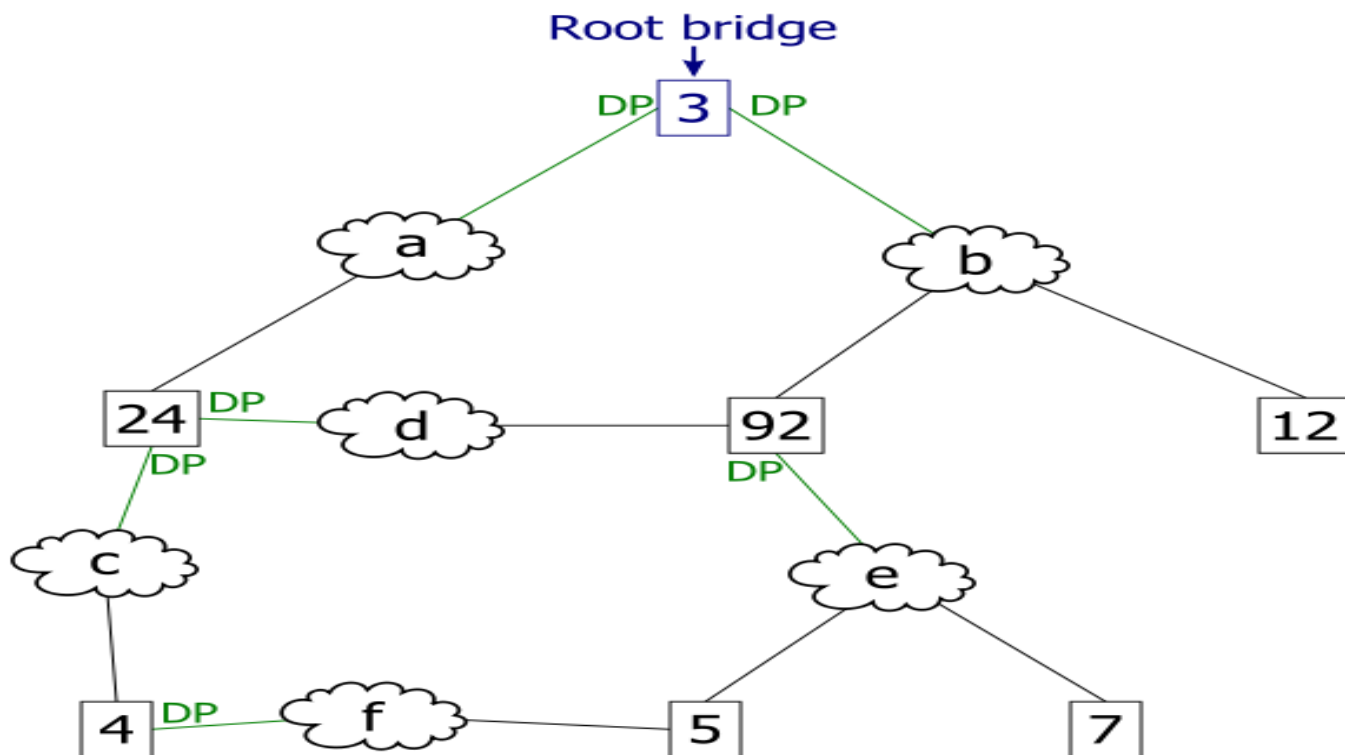
Най-малкият bridge ID е **3**

# Избор на root port



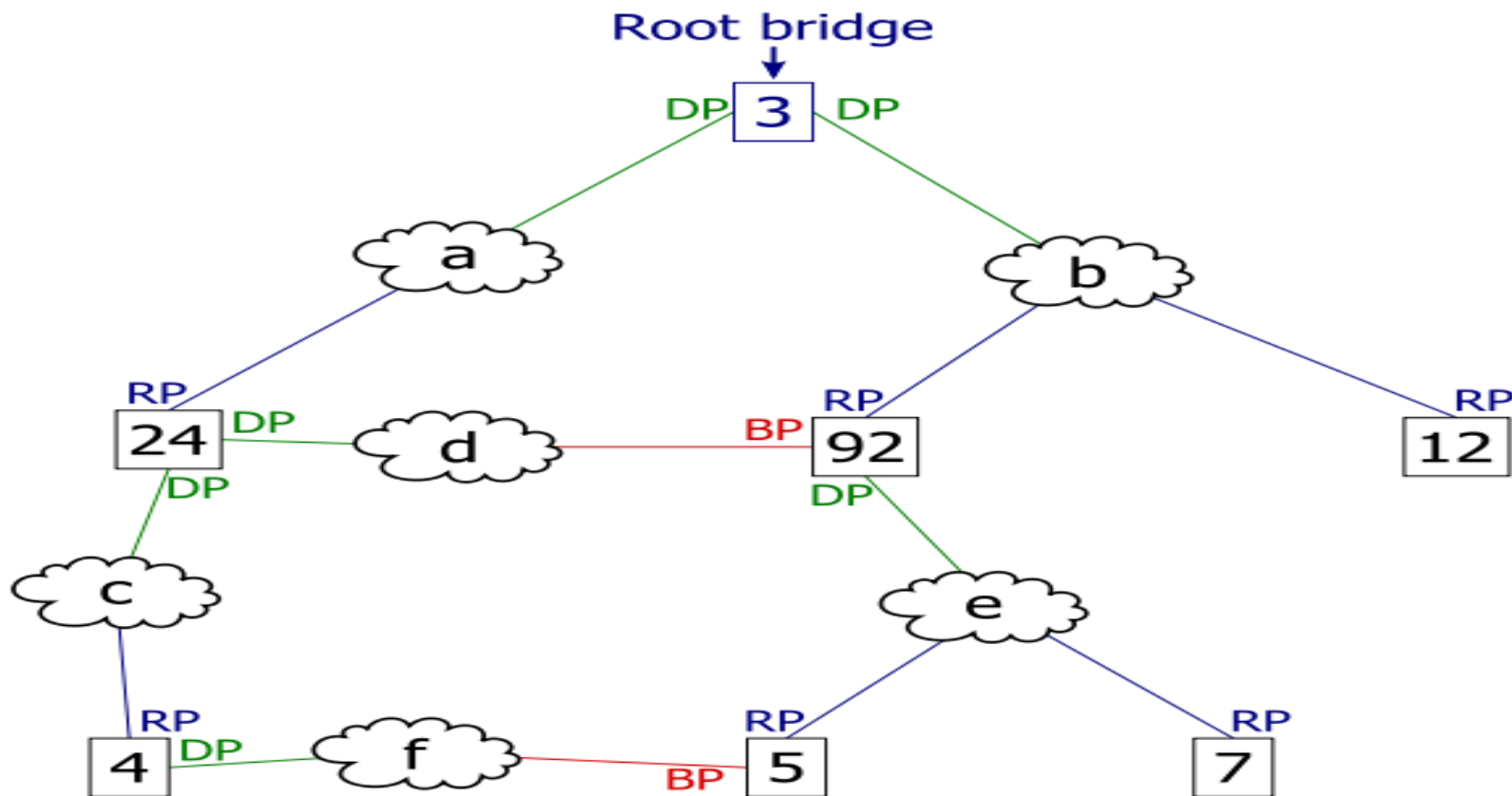
Предполагаме, че **стойността** на всеки сегмент е **1**.  
Най-късият път от **bridge 4** до **root bridge** минава през **сегмент c**.

# Избор на designated port



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

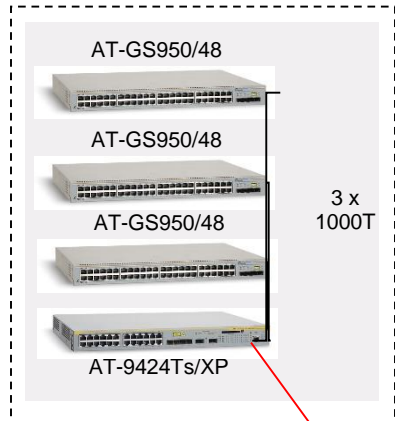
# Spanning Tree - резултат



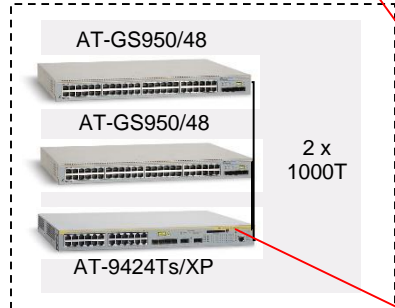
Активни портове, които не са root port или designated port са блокирани (**blocked port**).

# Ректорат - топология на мрежата

**2 ет. – север, 155 р.м.**

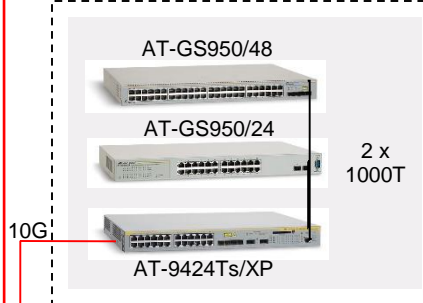


**1 ет. – север, 66 р.м.  
+ 46 р.м. в мазе**

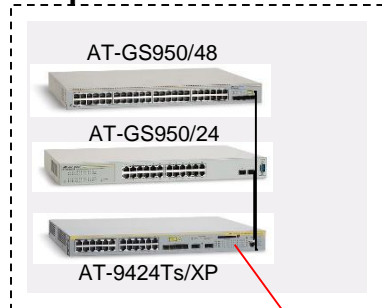


8 x 10G  
към 3, 4 и 5 ет.

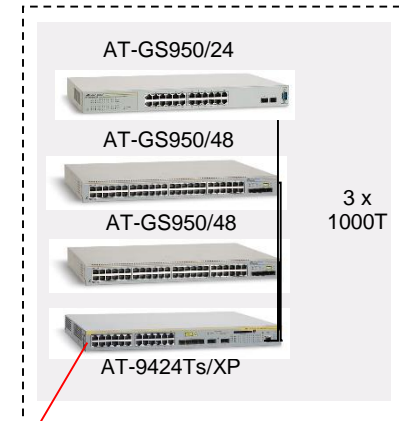
**2 ет. - център, 84 р.м.**



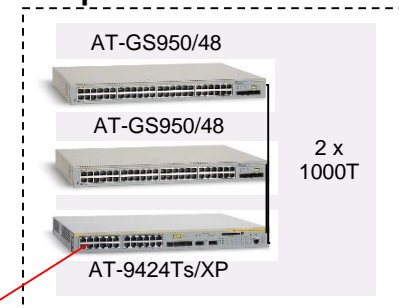
**1 ет. - център 76 р.м.  
+ 2 р.м. в мазе**



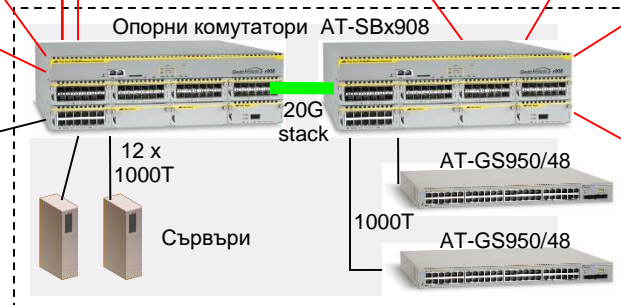
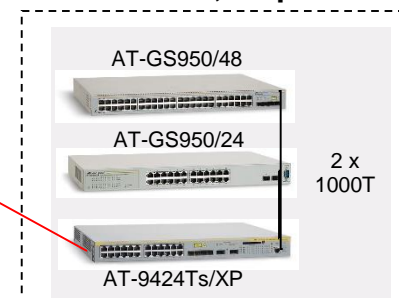
**2 ет. – север, 119 р.м.**



**1 ет. - юг, 109 р.м.  
+ 8 р.м. в мазе**

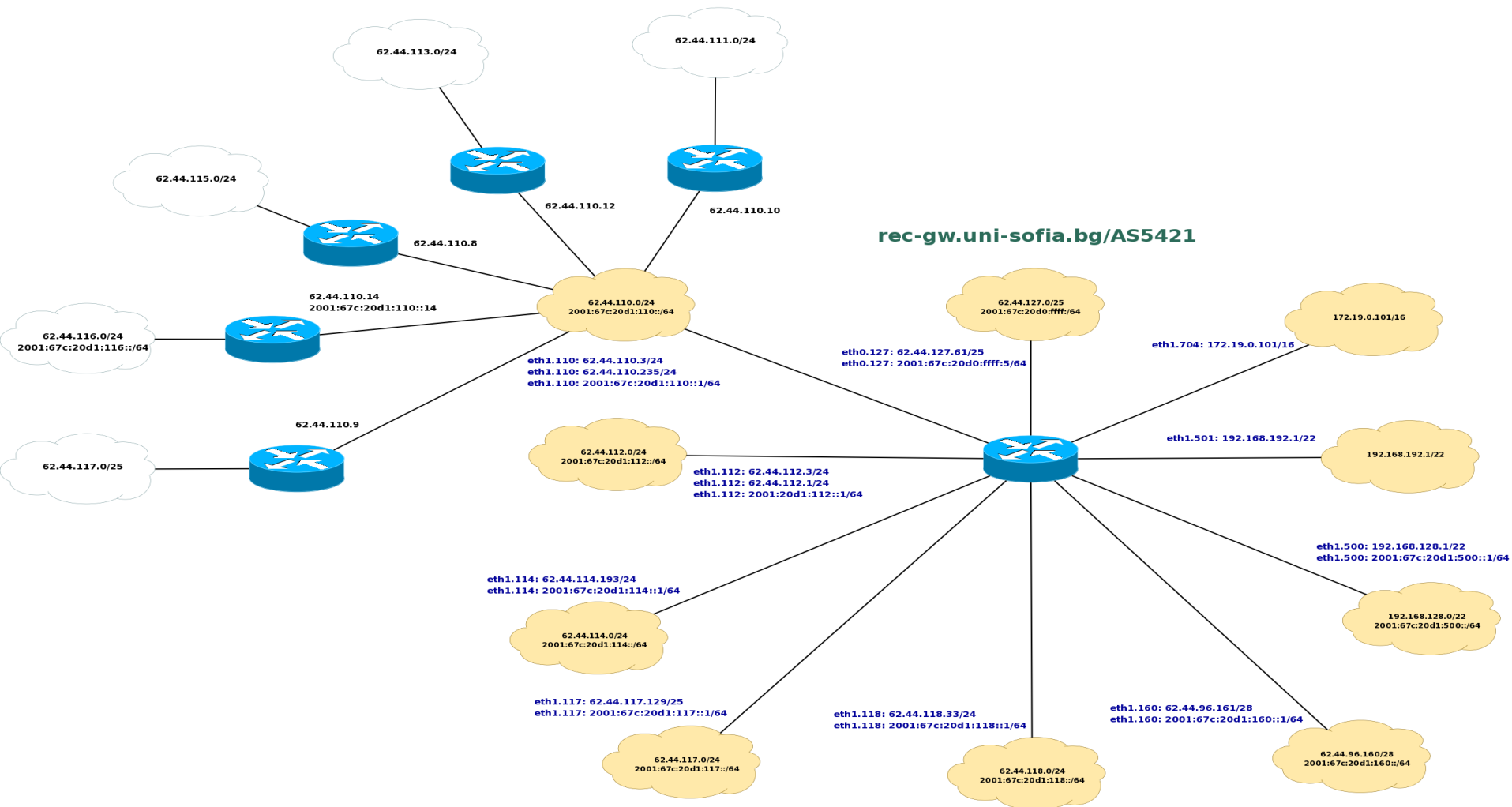


**библиотека, 88 р.м.**



**1 ет., стая 234, 74 р.м.**

# VLANs в Ректорат



# 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.).

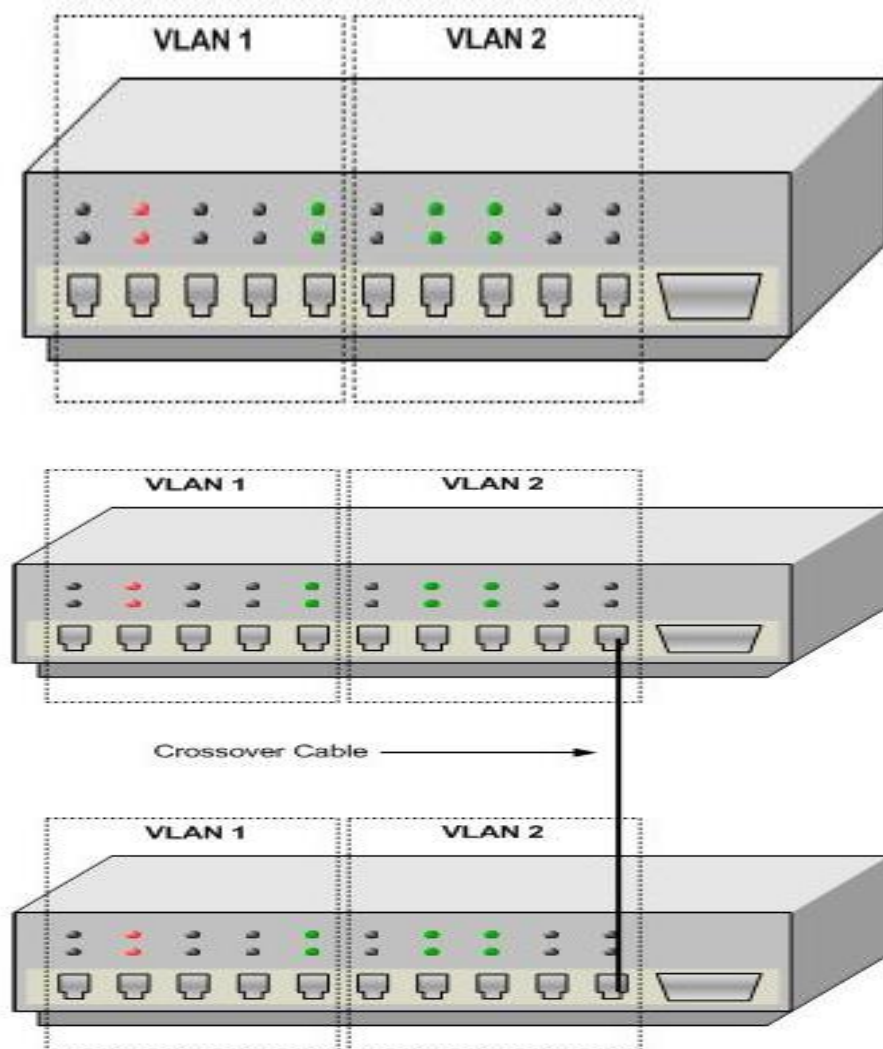
Един VLAN представлява един **broadcast domain**.

**Сигурност.** Потребителите на VLAN<sub>i</sub> нямат достъп до машините на VLAN<sub>j</sub>. Това може да стане през рутер.

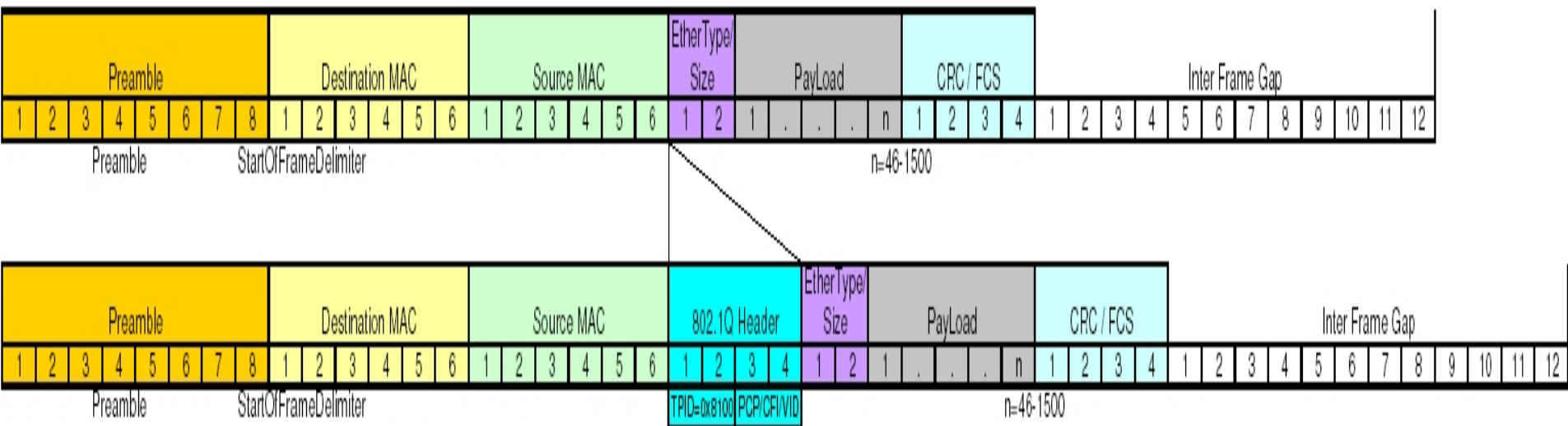
**Гъвкавост.** Опростява местене, добавяне, премахване на потребителски машини.

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)

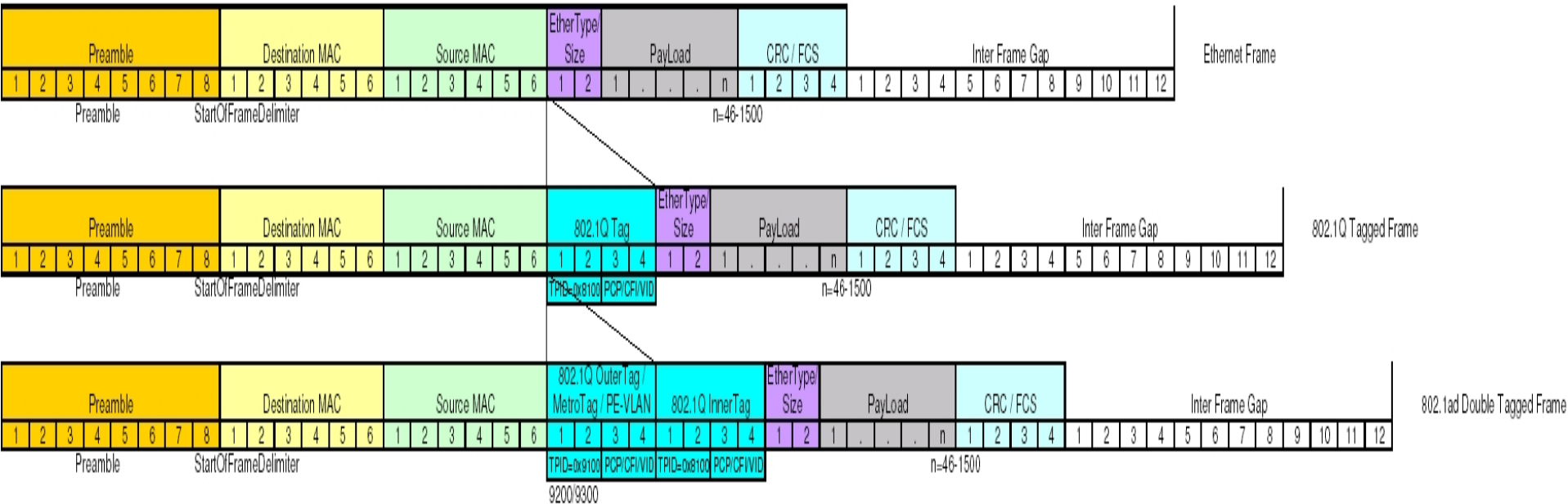
**Priority Code Point (PCP):** 3-бита - IEEE 802.1p приоритет: 0 (най-ниско) до 7

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

**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.

# 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.