

Телекомуникациски мрежи

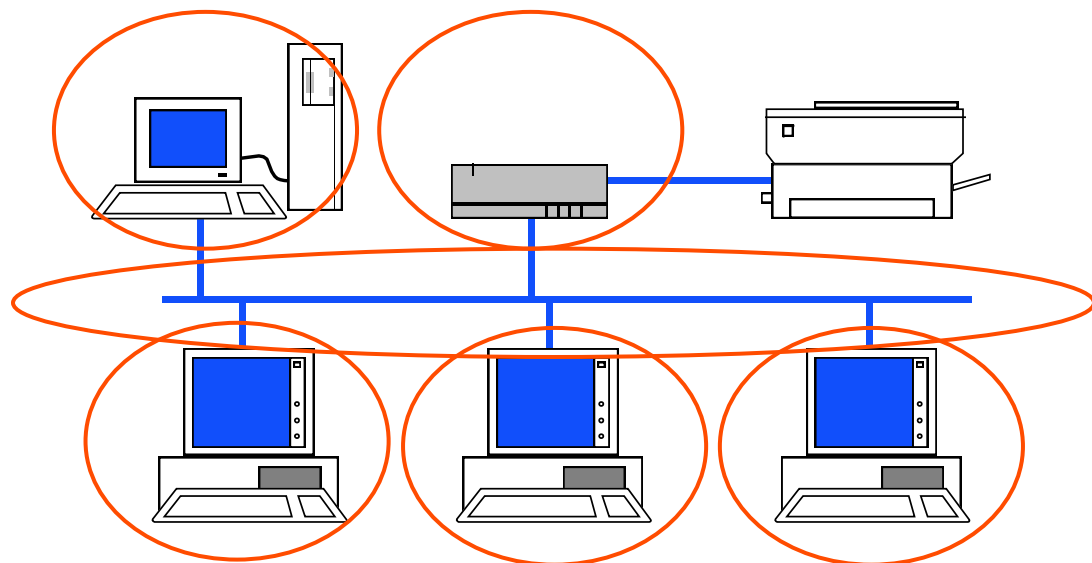
Local Area Networks (LAN)

Што е LAN?

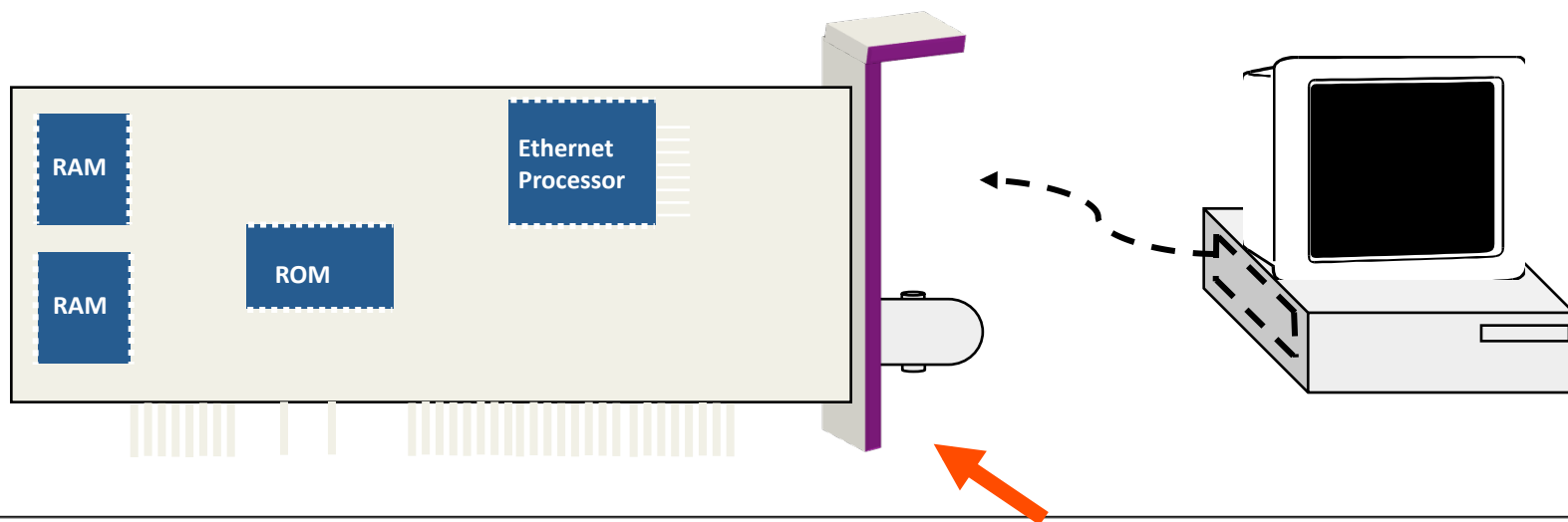
Local area подразбира:

- Приватна сопственост
 - слобода од регулаторните ограничувања на WAN мрежите
- Кратко растојание (~1km) помеѓу терминалите
 - Ниска цена
 - Голема податочна брзина, “error-free” комуникација
 - Контрола на грешка
- Мобилност на терминалите
 - Транспарентност на локацијата на терминалите
 - Единствена адреса на секој терминал
 - **Дифузија на пораките до сите станици во мрежата**
- Потреба од *medium access control* протокол

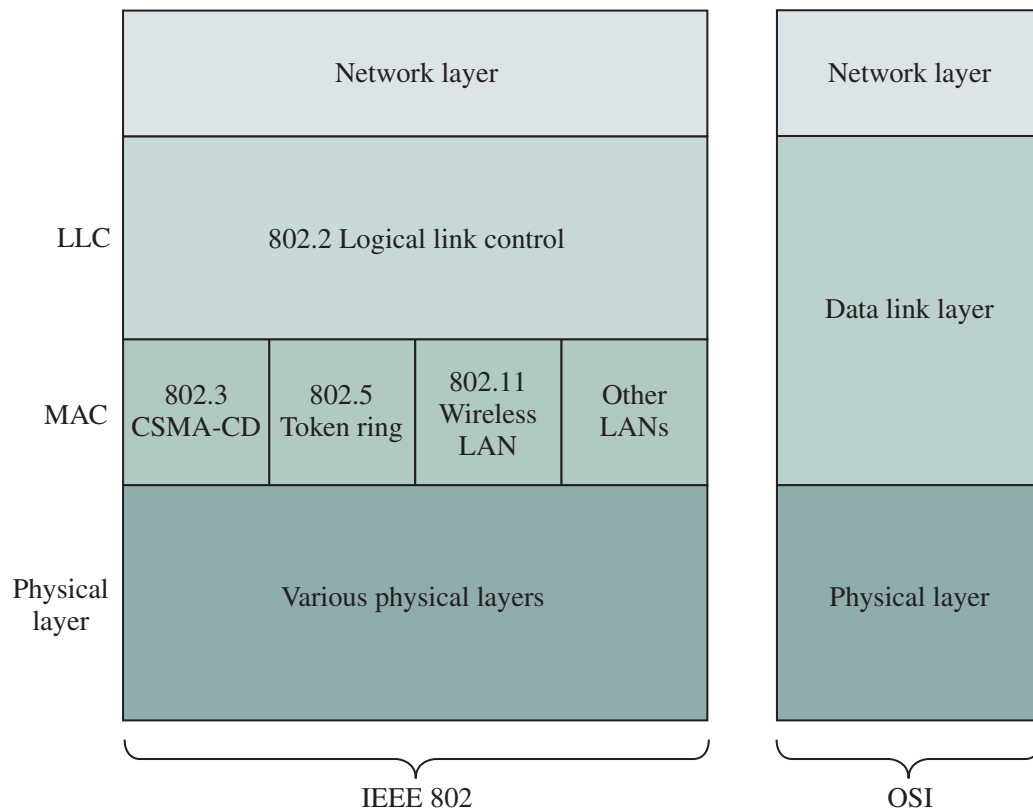
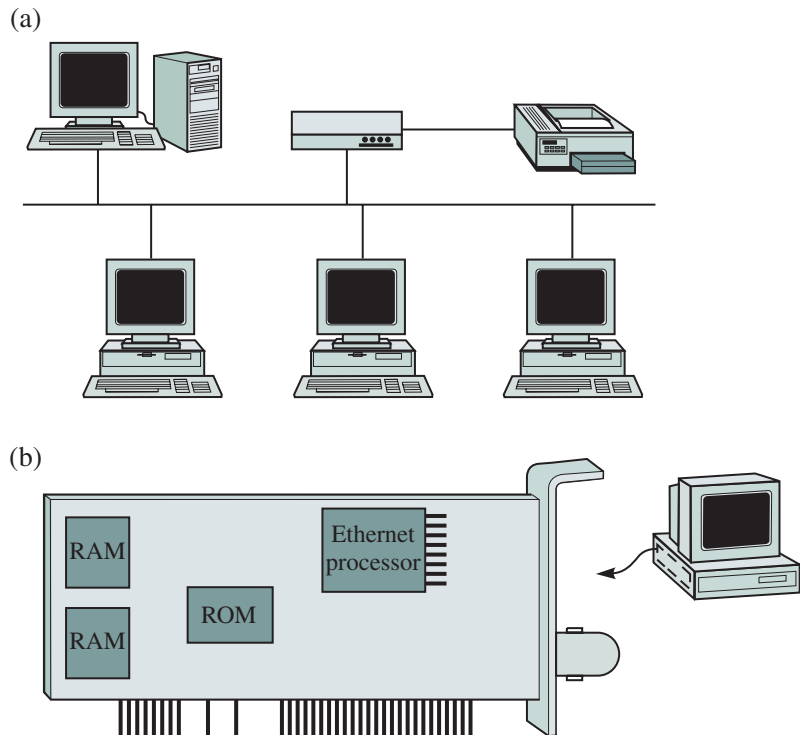
LAN структура



- Транспортен медиум
- Network Interface Card (NIC)
- *MAC “физичка” адреса*



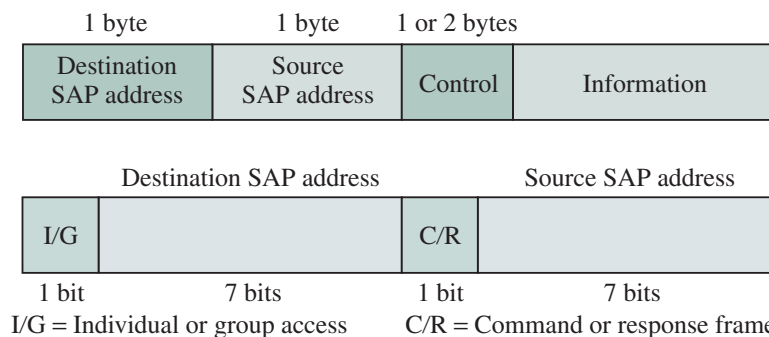
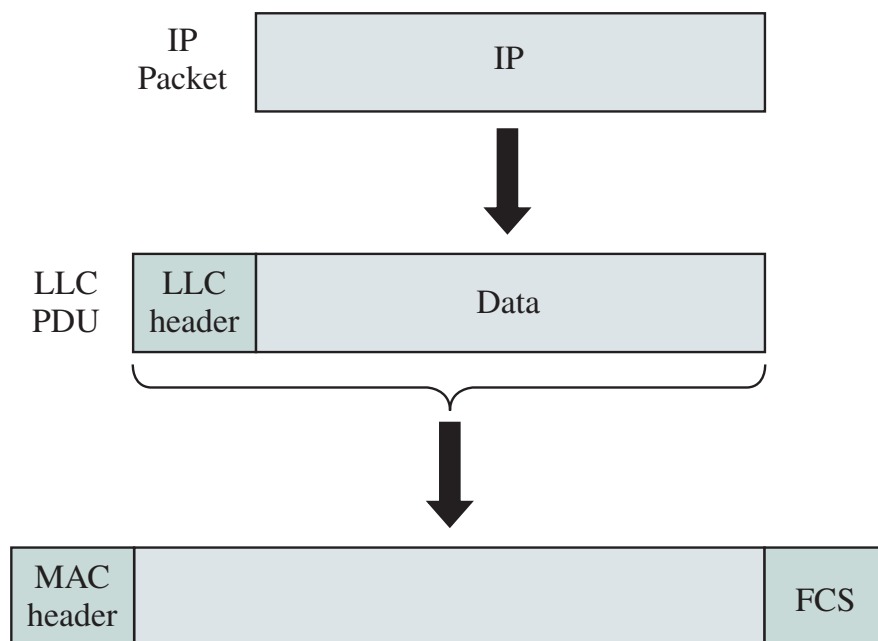
Local Area Networks (LAN)



IEEE 802.2: Logical Link Control (LLC)

- LLC служи за подобрување на датаграм сервисот кој го нуди MAC поднивото преку поддршка за дел од HDLC сервисите на податочното ниво
 - ⇒ На мрежното ниво му се нуди стандарден сет од сервиси прикривајќи ги деталите од долните MAC протоколи
 - ⇒ Можна е размена на рамки помеѓу LAN мрежи кои користат различни MAC протоколи
- LLC нуди три типа на HDLC сервиси:
 - Тип 1: непотврден неконекциски сервис (unacknowledged connectionless service) кој користи ненумерирани рамки за трансфер на информација без следење на секвентност
 - Најчесто користен тип на LLC сервис кај LAN
 - Тип 2: надежен конекциски-ориентиран сервис (reliable connection-oriented service) во форма на ABM
 - Згоден за користење кога нема транспортен протокол
 - Тип 3: потврден неконекциски сервис (acknowledged connectionless service) односно неконекциски трансфер на индивидуални рамки со потврди

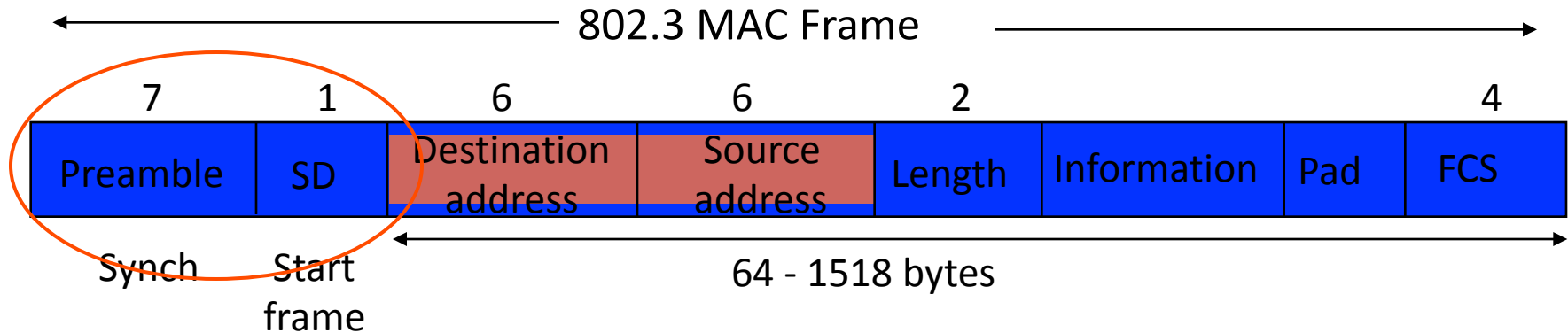
Енкапсулација на LLC PDUs



Ethernet и IEEE 802.3 LAN стандард

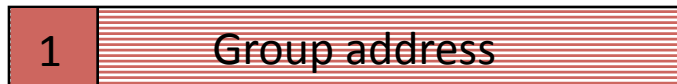
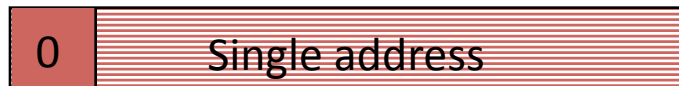
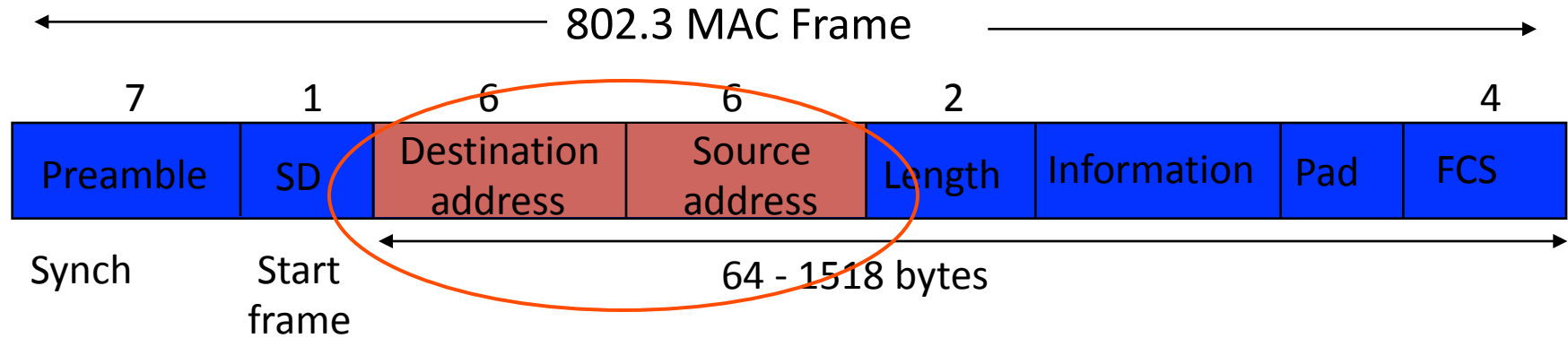
- Ethernet LAN е развиен во раните 1970-ти години од страна на Xerox PARC
 - Базиран на CSMA/CD
 - Поддржува брзина од 2.94 Mbps
 - Овозможува поврзување на преку 100 станици со кабел од 1 km
- “DIX” Ethernet стандард за 10 Mbps LAN по коаксијален кабел (рани 1980-ти)
 - Основа за IEEE 802.3 LAN
- Основната разлика помеѓу Ethernet и IEEE 802.3 стандардите е во структурата на рамката

IEEE 802.3 MAC рамка (1/3)



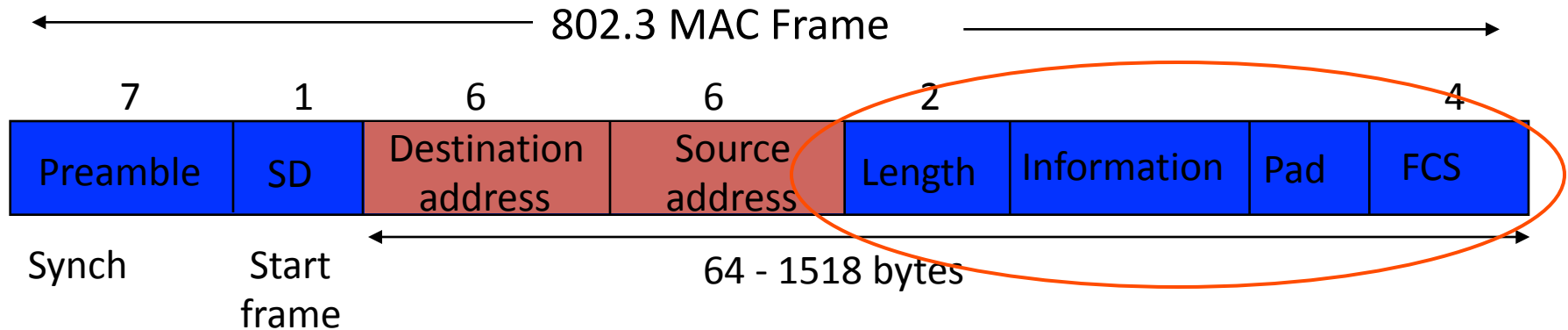
- Преамбулата се користи за синхронизација помеѓу предавателот и приемникот
 - Повторување на 7 бајти со распоред 10101010
- SD: означува почеток на рамката (1010101**1**)

IEEE 802.3 MAC рамка (2/3)



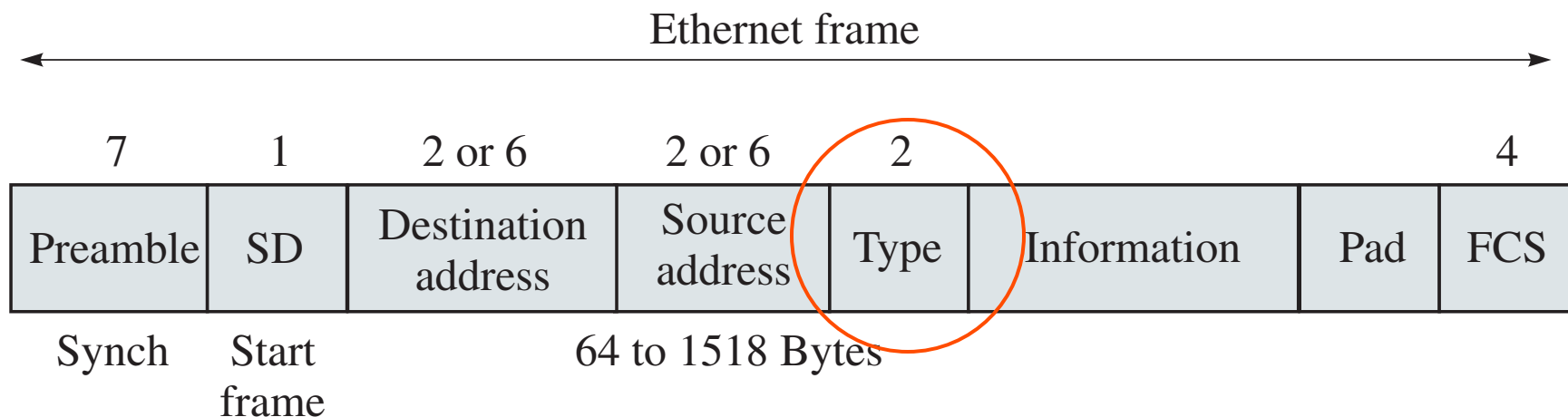
- Дестинациска адреса
 - единствена адреса
 - групна адреса
 - дифузна = 111...111
- Изворна адреса
 - локална или глобална
- Глобална адреса
 - првите 24 бити доделени за производителот;
 - наредните 24 бити ги доделува производителот
 - Cisco 00-00-0C
 - 3COM 02-60-8C

IEEE 802.3 MAC рамка (3/3)



- Length: должина на рамката
 - Max должина 1518B (без преамбула & SD)
 - Max payload 1500B: **05DC**
- Pad: Врши дополнување до 64B (кога е потребно)
- FCS: CCITT-32 CRC (Address, Length, Information, Pad)
 - NIC ги отфрла рамките со несоодветна должина или CRC

Ethernet рамка (DIX стандард)



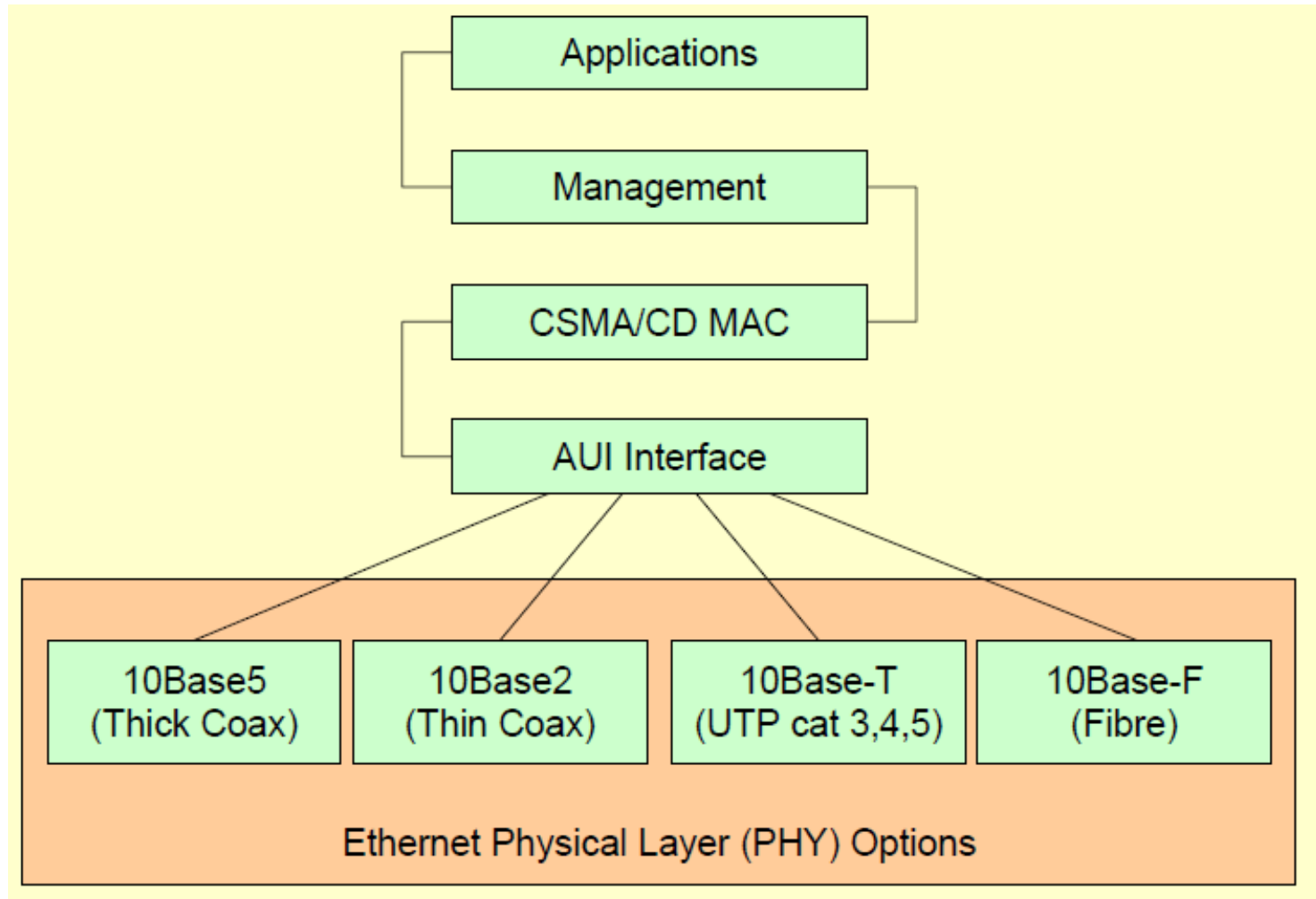
- Идентификува протокол од повисоко ниво
 - IP, ARP, RARP ...
 - Вредностите почнуваат од 0600
- Клучна разлика со IEEE 802.3 кој претпоставува секогаш користење на LLC

Физички нивоа кај IEEE 802.3 (1/5)

- Мах. број на рипитери 4
 - двојното време на пропација од крај до крај е $51.2 \mu s$
 - минималната должина на рамката 64 бајти ($X \geq 2\tau$ за $10 Mbps$)

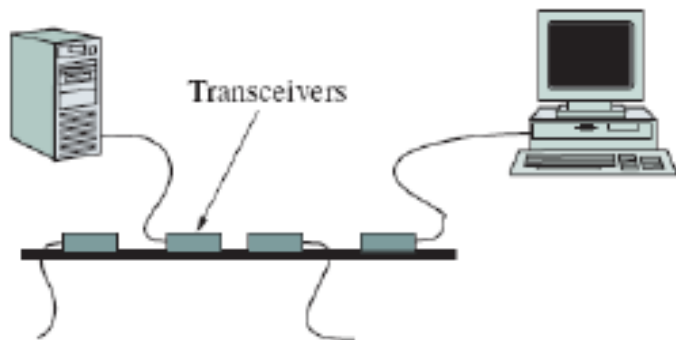
	10Base5	10Base2	10BaseT	10BaseF
Медиум	“Дебел” коаксијален кабел	“Тенок” коаксијален кабел	Впредена парица	Оптичко vlakно
Максимална должина на сегмент	500 m	200 m	100 m	2 km
Максимален број уреди по јазел	100	30	1024	1024
Топологија	Магистрала	Магистрала	Свезда	Точка-точка
Предности	За скелетен дел од мрежа	Ефтин систем	Лесен за одржување	Поврзување меѓу згради

Физички нивоа кај IEEE 802.3 (2/5)

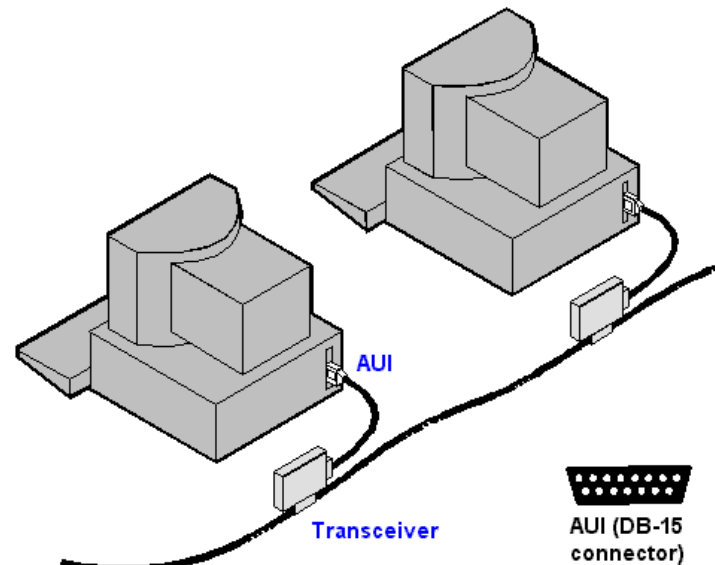
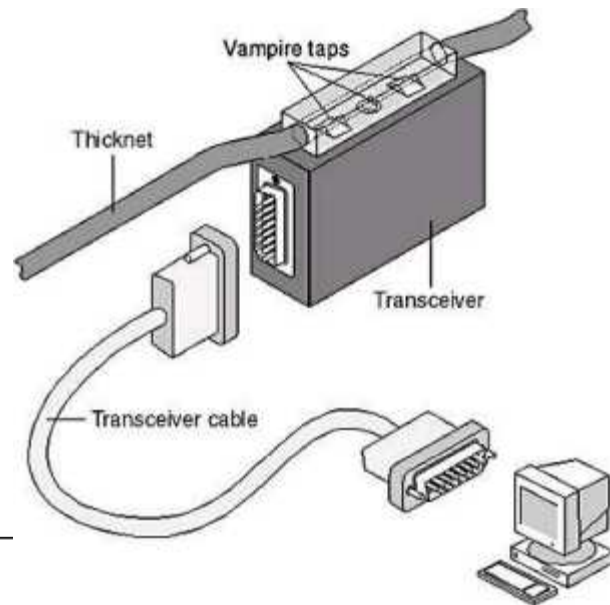


Физички нивоа кај IEEE 802.3 (3/5)

- 10Base5



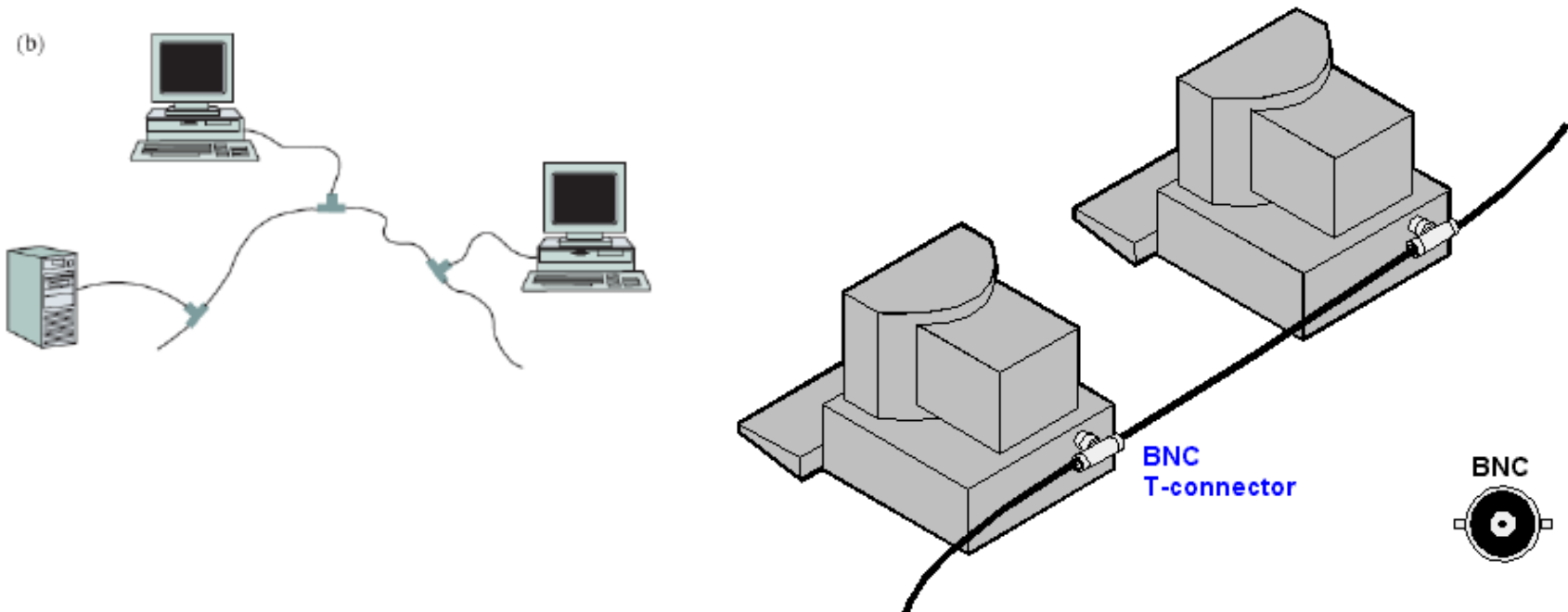
From Computer Desktop Encyclopedia
© 1998 The Computer Language Co., Inc.



Физички нивоа кај IEEE 802.3 (4/5)

- 10Base2

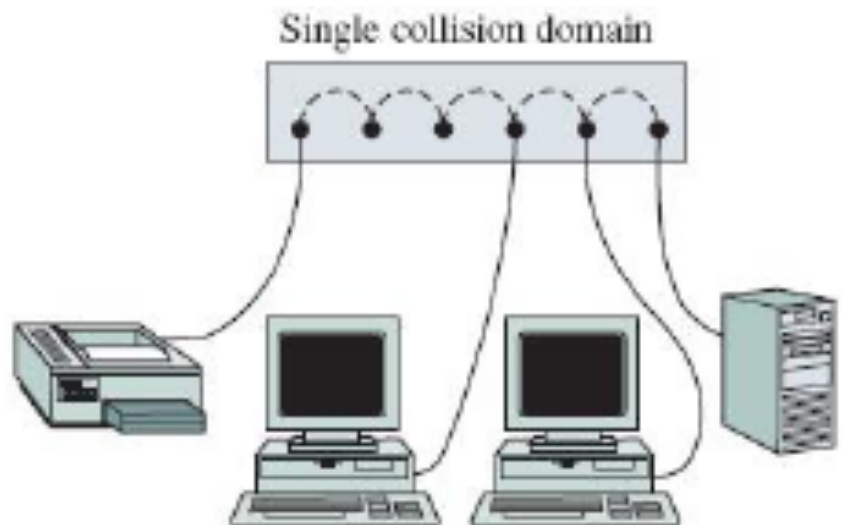
From Computer Desktop Encyclopedia
© 1998 The Computer Language Co., Inc.



Физички нивоа кај IEEE 802.3 (5/5)

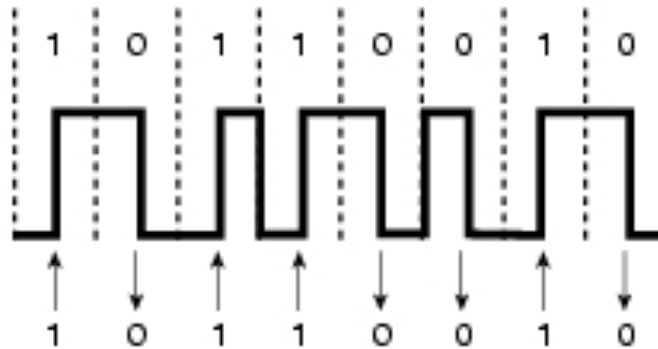
- **10BaseT**

- Користи hub мрежен уред
- Еден колизионен домен
- UTP тип на каблирање



Кодирање на сигналот кај IEEE 802.3

- Манчестер кодирање
 - “1” е претставена со ниско ниво (-0.85 V) односно високо ниво (+0.85 V)
 - Кај бинарната “0” имаме обратен случај
 - Лесна синхронизација на двете страни
 - Двојно поголема сигнализациона брзина (20Mbaud)

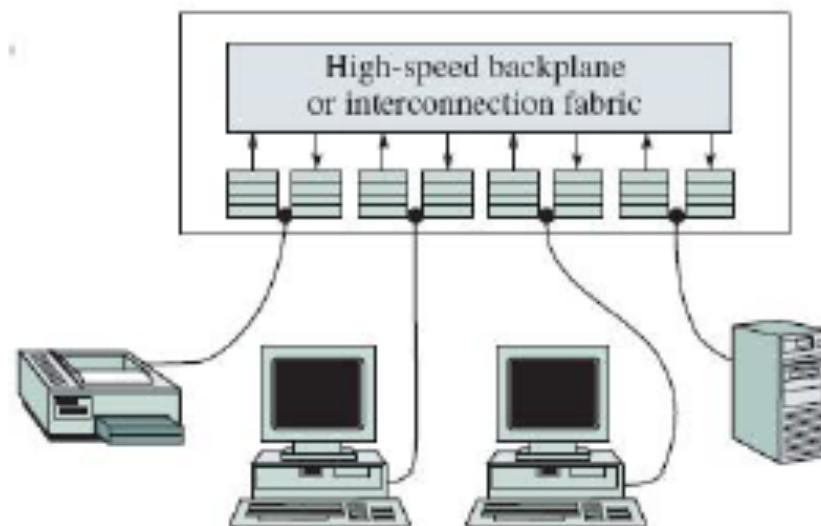


Бинарен експоненцијален backoff алгоритам

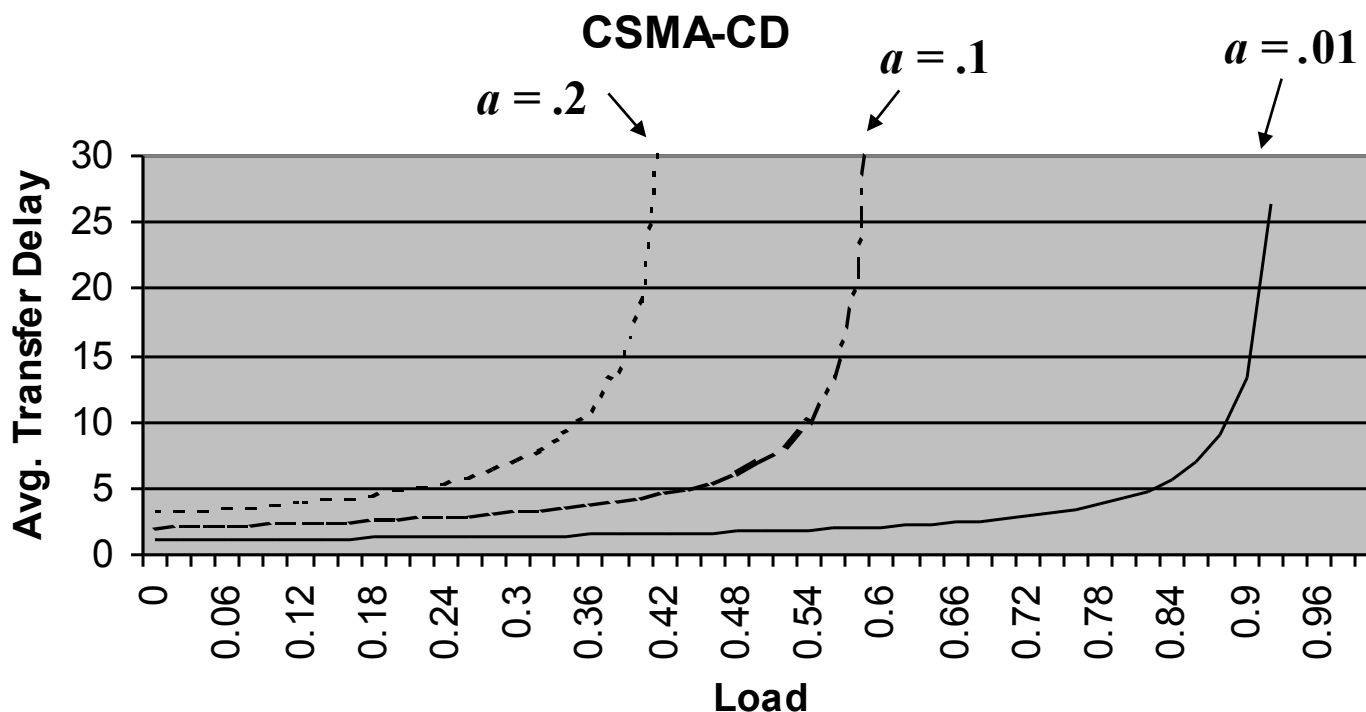
- Слот на backoff $\rightarrow 2\tau$
- После i -та колизија станицата чека меѓу 0 и $2^i - 1$ слота.
- После 10 колизии бројачот се замрзнува на 1023 слота
- После 16 колизии се сигнализира за грешка на погорните нивоа
- Backoff алгоритмот е така избран да соодветствува на бројот на станици во LAN мрежата

Комутиран Ethernet

- Hub (L1) уредот е заменет со нов елемент “комутатор” (анг. switch) (L2)
- Способен е за:
 - Адресирање (кон конкретна порта се врши испорака)
 - Баферирање на повеќе пораки кон иста порта
 - Комутациска матрица (од 10 до 100 пати поголема брзина)
- Секоја порта различен колизионен домен



Перформанси на Ethernet



- CSMA-CD → максимална пропусност зависи од нормализираниот **delay-bandwidth product**
 $a = t_{prop}/X$
- 10-кратно зголемување на капацитетот = 10-кратно намалување на X
- За константно a мора да се или намали t_{prop} (растојанието) или да се зголеми должината на рамката

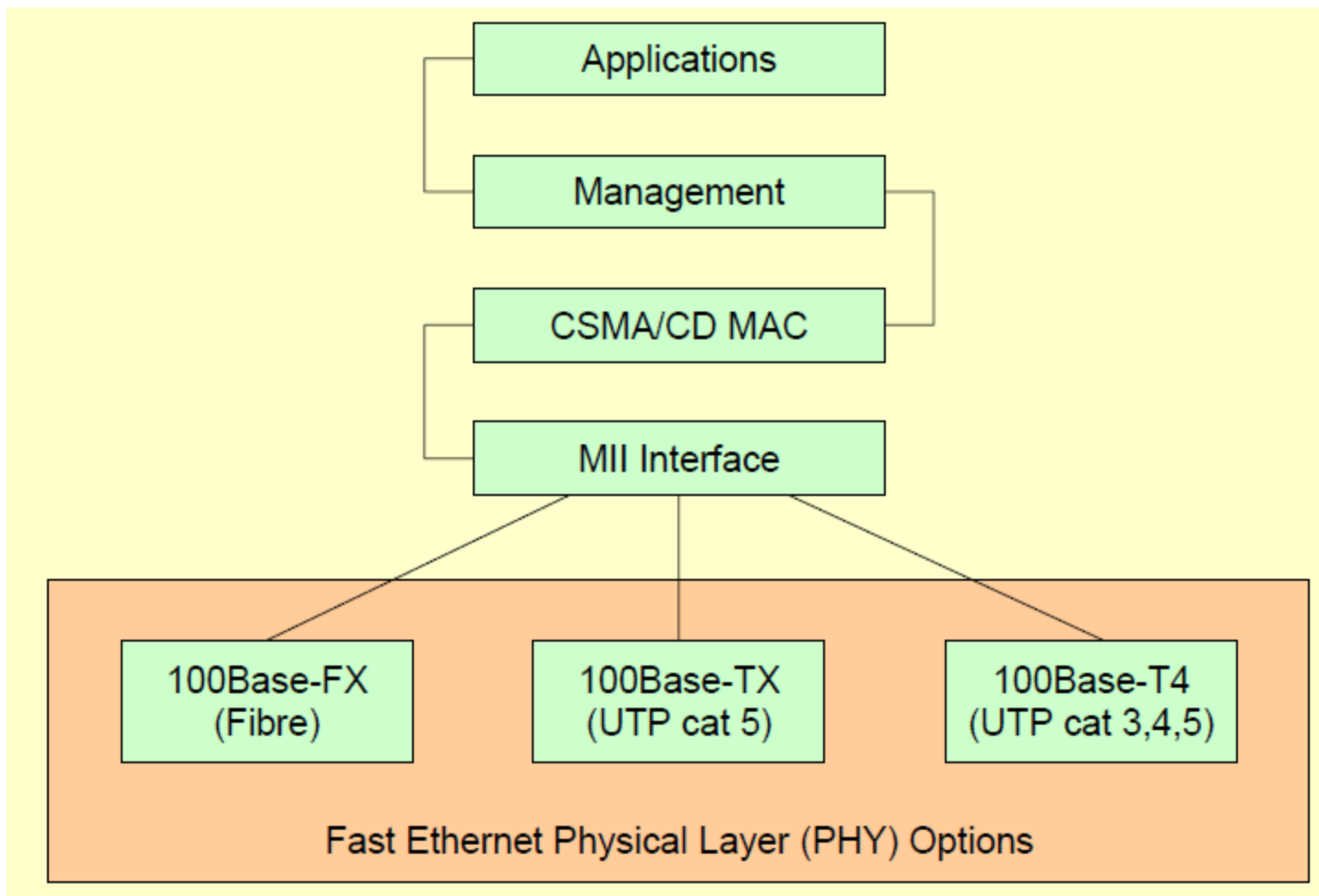
$$\rho = \frac{X}{t_v} = \frac{1}{1 + 2 \cdot a \cdot \frac{1-v}{v}} = \frac{1}{1 + 2 \cdot \frac{l \cdot R}{v_p \cdot L} \cdot \frac{1-v}{v}}$$

IEEE 802.3u LAN стандард (Fast Ethernet) (1/4)

- Наменет да поддржува до 100Mbps
 - 10-кратно намалување на битскиот интервал
 - Коаксијален кабел и магистрала (напуштени)
 - UTPcat3 и UTPcat5 кабли

	100BaseT4	100BaseTX	100BaseF
Медиум	UTPcat3	UTPcat5	2 мултимодни оптички влакна
Максимална должина на сегмент	100 m	100 m	2 km
Топологија	Свезда	Свезда	Свезда
Пренос	Half-duplex	Full-duplex	Full-duplex

IEEE 802.3u LAN стандарт (Fast Ethernet) (2/4)

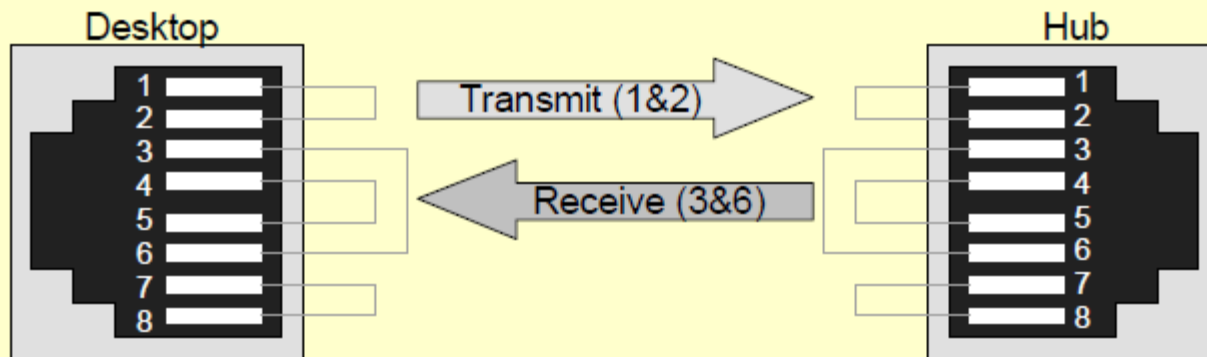


IEEE 802.3u LAN стандарт (Fast Ethernet) (3/4)

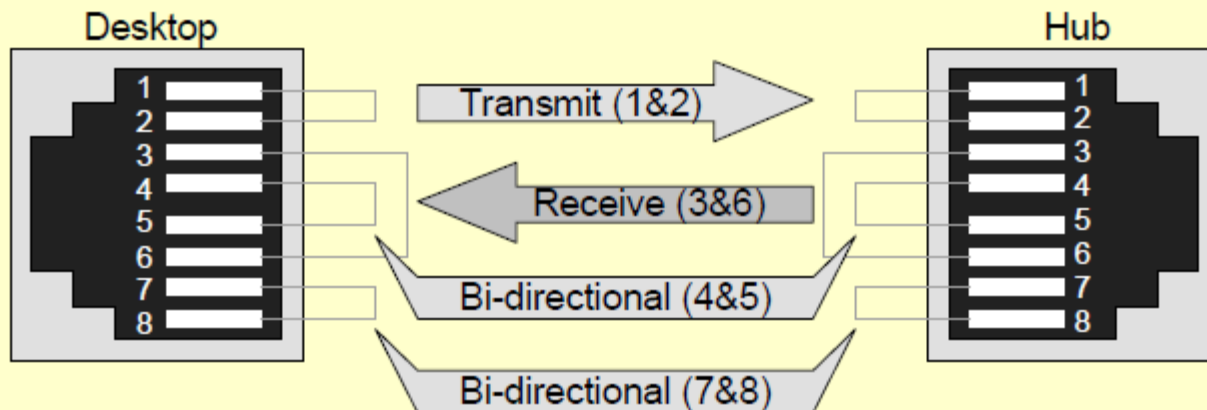
- **100BaseT4**
 - Потребна сигнализација од 200Mbaud (невозможно со UTP)
 - 4 впредени парици со по 25MHz
 - Мах. 3 парици во една насока
 - Тернарно кодирање наместо Манчестер (0,1,2)
 - 27 комбинации → 4 бита + редунданса (100Mbps)
 - 8B6T кодирање (8 bits map to 6 trits)
- **100BaseTX**
 - UTPcat5 → 125MHz
 - Се користат само две парици
 - 4B5B кодирачка шема
- **100BaseF**
 - Користи исклучиво комутатори

IEEE 802.3u LAN стандарт (Fast Ethernet) (4/4)

- 100Base-TX Cable Pinout



- 100 Base-T4 Cable Pinout

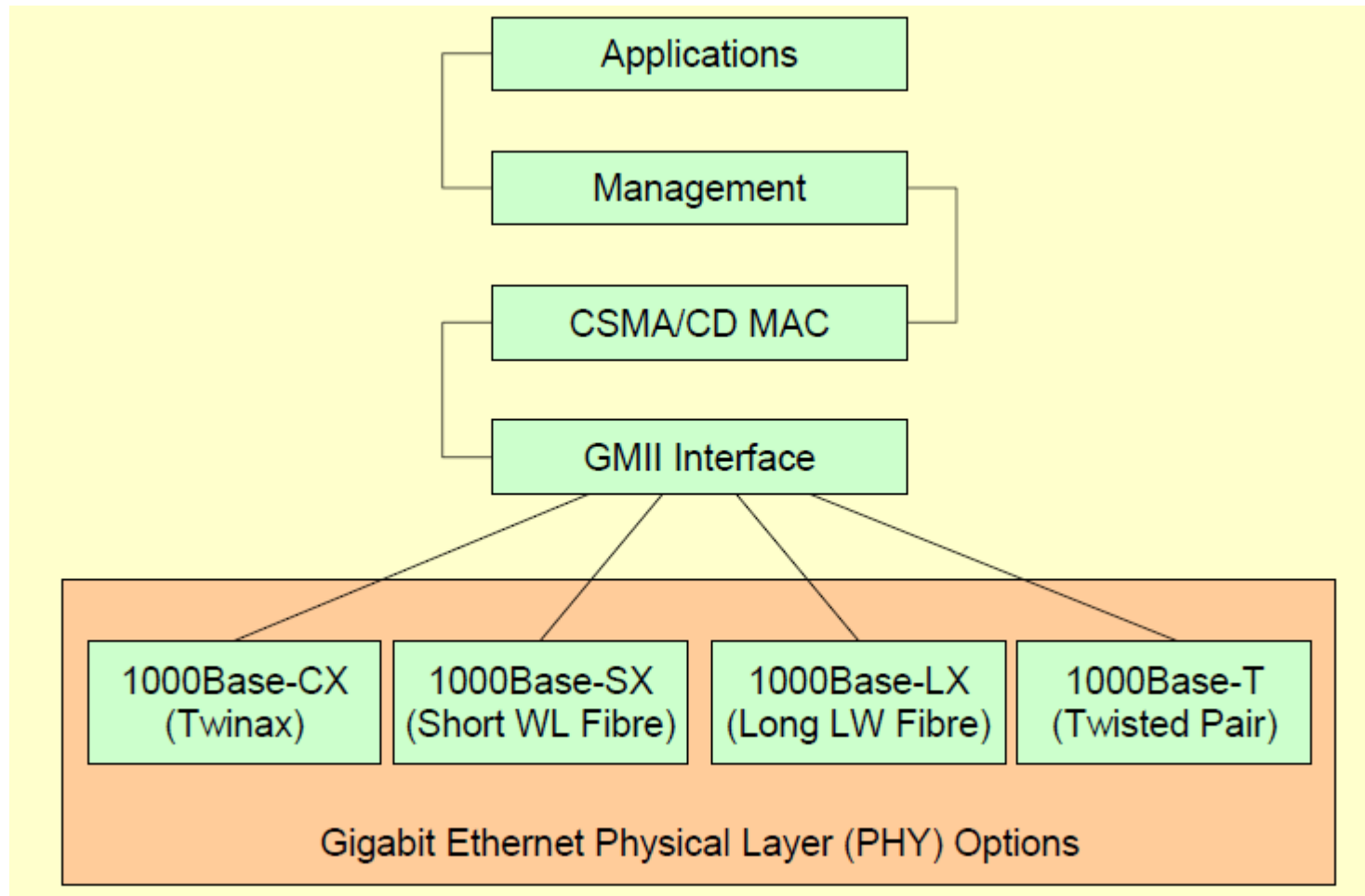


IEEE 802.3z LAN стандарт (Gigabit Ethernet) (1/3)

- 2 битни новитета
 - Минималната големина на рамката е зголемена на 512B
 - *Carrier Extension u Frame Padding*
 - Групирање на повеќе последователни рамки (анг. Packet Bursting)

	1000BaseSX	1000BaseLX	1000BaseCX	1000BaseT
Медиум	2 мултимодни оптички влакна (50 или 62.5 μm)	2 мономодни оптички влакна (10 μm)	STP	UTPcat5
Максимална должина на сегмент	550 m	5 km	25 m	100 m
Топологија	Свезда	Свезда	Свезда	Свезда

IEEE 802.3z LAN стандарт (Gigabit Ethernet) (2/3)



IEEE 802.3z LAN стандарт (Gigabit Ethernet) (3/3)








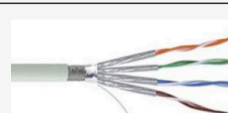
- **1000BaseCX**
 - Користи STP каблирање
 - Ретко се употребува
- **1000BaseT**
 - Користи UTPcat5 каблирање
 - 4 симболи (5 можни напонски нивоа) → 2 бита по симбол, 125MHz → 1Gbps
 - За секоја парица:
 - 1 еквилизатор
 - 1 поништувач на ехо
 - 3 NEXT поништувачи
- **PoE**
 - UTPcat5e

10 Gigabit Ethernet (10GbE)

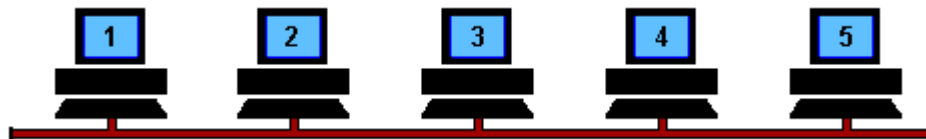
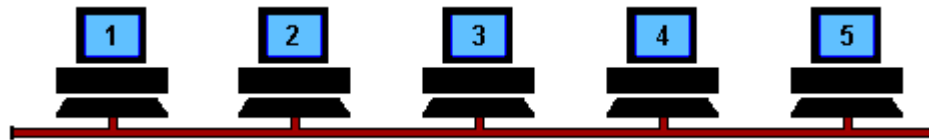
- Зачувана структурата на рамката
- CSMA-CD официјално напуштен
- Исклучиво point-to-point full-duplex линкови и комутатори
- Иницијално дефиниран со IEEE 802.3ae-2002
- Се предвидува широка распространетост во метро мрежи

	10GbaseSR	10GBaseLR	10GbaseEW	10GbaseLX4
Медиум	Две мултимодни оптички влакна 850 nm 64B66B линиски код	Две мономодни оптички влакна 1310 nm 64B66B линиски код	Две мономодни оптички влакна 1550 nm Компатибилност со SONET	Две мономодни оптички влакна 1310 nm 8B10B линиски код
Мах. должина на делница	300 m	10 km	40 km	300 m – 10 km

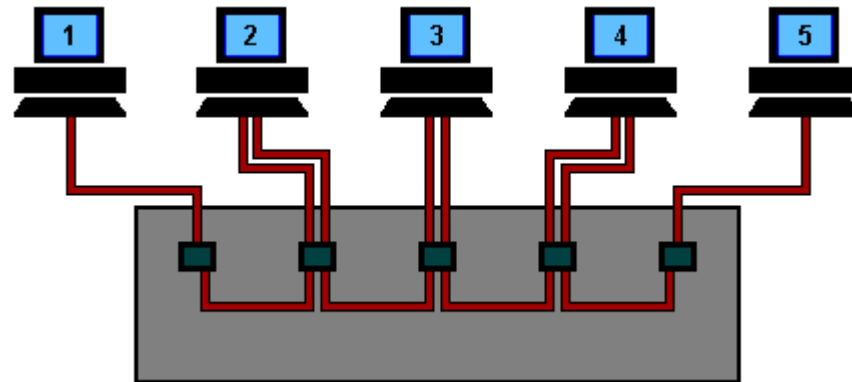
Типови на кабли

Common Industry Acronyms	ISO/IEC11801 Name	Cable Shielding Type	Twisted Pair Shielding Type	Example
UTP	U/UTP	None	None	
FTP, STP, ScTP	F/UTP	Foil	None	
STP, ScTP	S/UTP	Braiding	None	
SFTP, S-FTP, STP	SF/UTP	Braiding & foil	None	
STP, ScTP, PiMF	U/FTP	None	Foil	
FFTP	F/FTP	Foil	Foil	
SSTP, SFTP, STP, PiMF	S/FTP	Braiding	Foil	
SSTP, SFTP	SF/FTP	Braiding & foil	Foil	

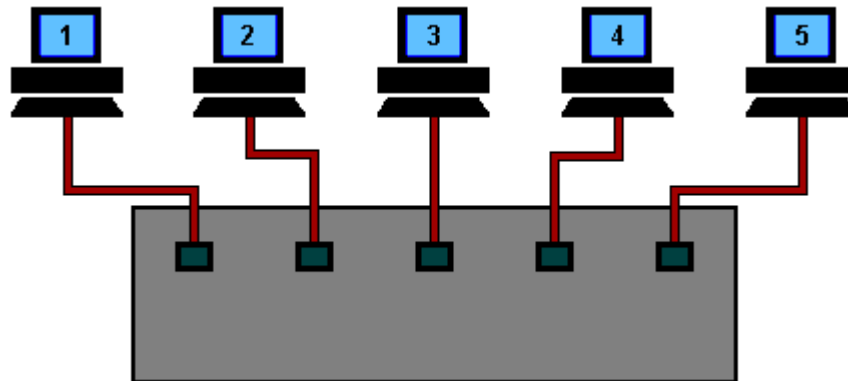
LAN со магистрала



LAN со HUB



LAN со комутатор

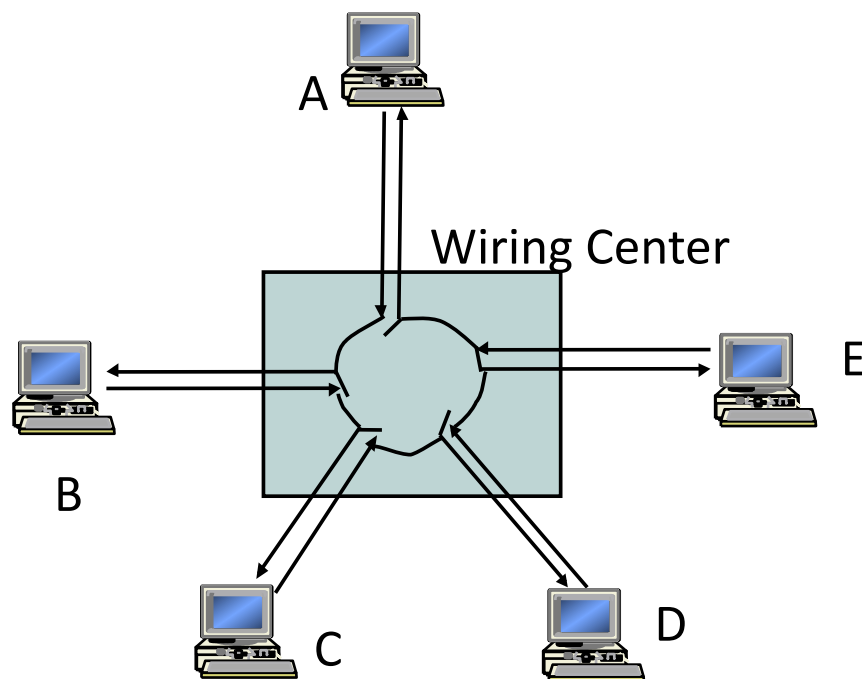


IEEE 802.5 Token Ring LAN

- Унидирекциона прстенеста мрежа
- 4 и 16 Mbps на twisted pair медиум
 - Диференцијално Manchester кодирање
- Пристап базиран на жетон
 - ✓ Праведност
 - ✓ Приоритетност
 - ✗ Дефект на прстенот → испад на цел LAN
- Max 250 станици

Свездест LAN

- Свездестиот LAN поефикасен од прстенестиот LAN
- Станиците се поврзани во свездеста топологија
 - Може да се користи телефонска линија
- Може да се заобиколат станиците во испад

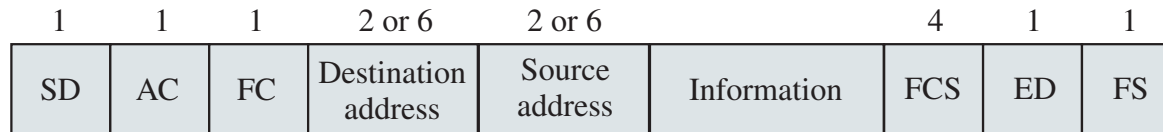


IEEE 802.5 формат

Token frame format



Data frame format

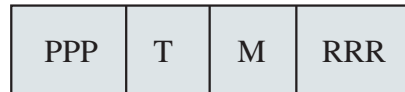


Starting delimiter



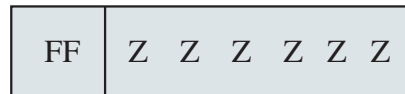
J,K = nondata symbols (line code)

Access control



PPP = priority; T = token bit
M = monitor bit; RRR = reservation

Frame control



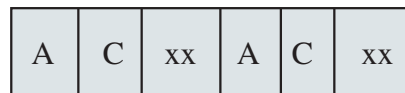
FF = frame type
ZZZZZZ = control bit

Ending delimiter



I = intermediate-frame bit
E = error-detection bit

Frame status

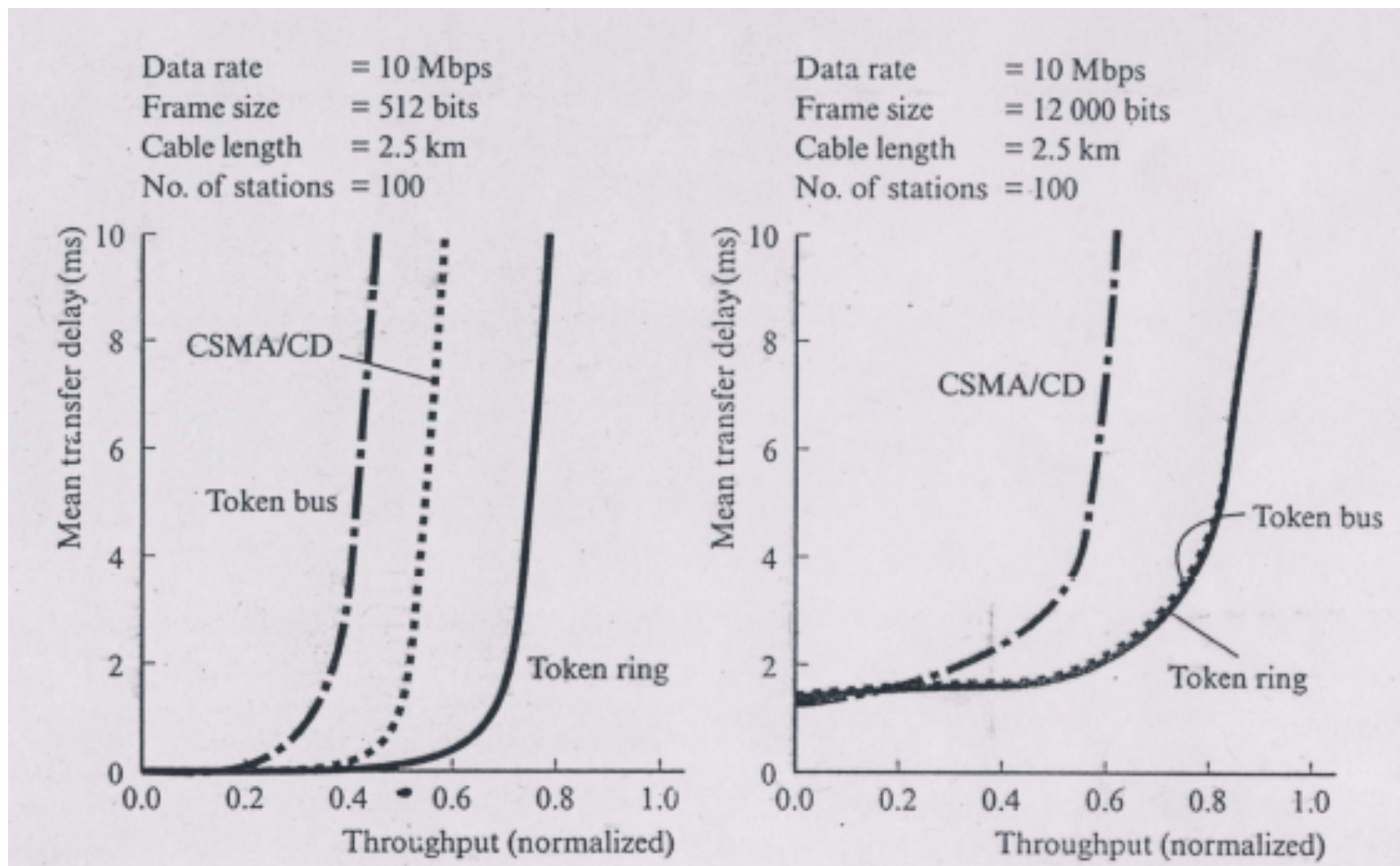


A = address-recognized bit
xx = undefined
C = frame-copied bit

Одржување на прстенот

- IEEE 802.5 дефинира процедура за селекција на **мониторинг станица**
- Задачи на мониторинг станицата:
 - Детекција и отстранување на заталкани рамки
 - Идентификација и замена на загубени жетони
- MAC контролна рамка
 - Идентификација на испад на линк
 - Идентификација на активна мониторинг станица
 - Откривање на соседи

Споредба на перформанси



IEEE 802.11: Wireless LAN (1/3)

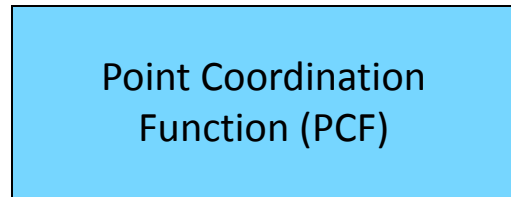
- WLAN = безжично omрежување во домашни и канцелариски услови
- Предности
 - Флексибилност во рамките на приемната област
 - Моожност за ад-хок omрежување без потреба од претходно планирање
 - Робустност во вонредни ситуации (пр. земјотрес, пожар и сл.)
- Недостатоци
 - Типично, брзините се далеку помали во споредба со жичани мрежи, битските грешки се поголеми
 - Многу различни решенија (т.н. proprietary), особено за големи битски брзини; стандардизацијата оди побавно
 - Производите мораат да почитуваат многу национални ограничувања; потребно е многу долго време за да се воспостави глобален стандард како на пр. IMT-2000

IEEE 802.11: Wireless LAN (2/3)

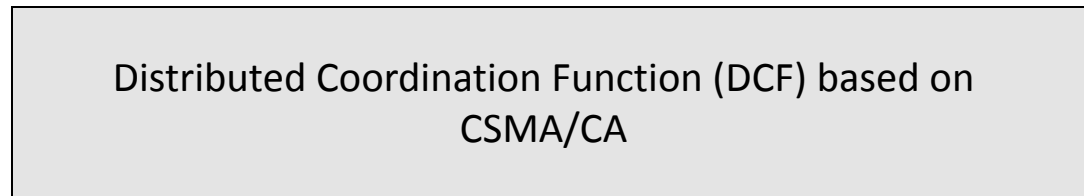
- **Industrial, Scientific and Medical (ISM)** опсезите првично биле резервирани интернационално за индустриски, научни и медицински истражувања
- ISM опсезите ги дефинира ITU-T со препораките S5.138 и S5.150 на Radio Regulations (на национално ниво може да варираат)
- ISM има 3 нелиценцирани опсези:
 - 900 MHz – ен опсег (902 - 928 MHz)
 - 2.4 GHz – ен опсег (2.4 - 2.4835 GHz)
 - Во Европа:
 - » FH => вкупна трансмисиона моќност < 100 mW и густина на моќност < 100 mW / 100 kHz
 - » DSSS => вкупна трансмисиона моќност < 100 mW и густина на моќност < 10 mW / 1 MHz
 - 5.8 GHz – ен опсег (5.725 - 5.850 GHz)

IEEE 802.11: Wireless LAN (3/3)

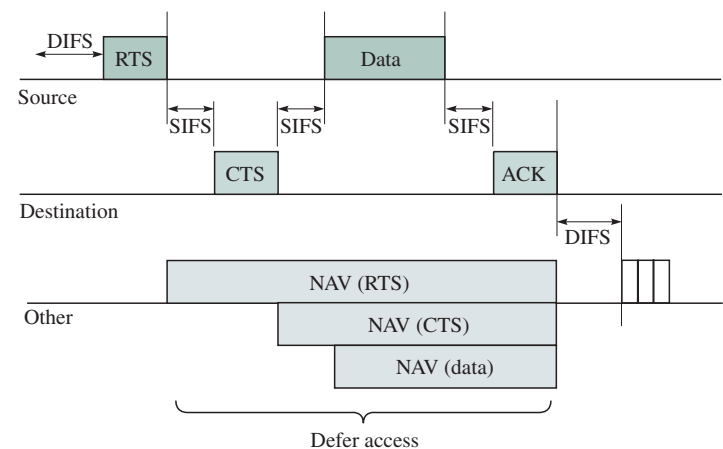
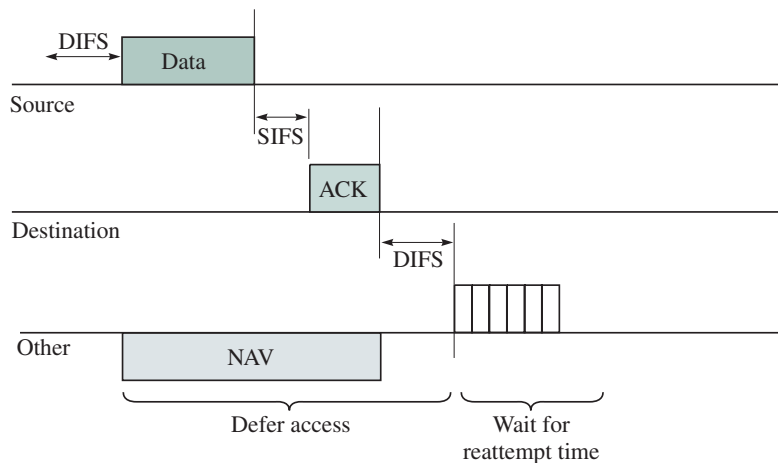
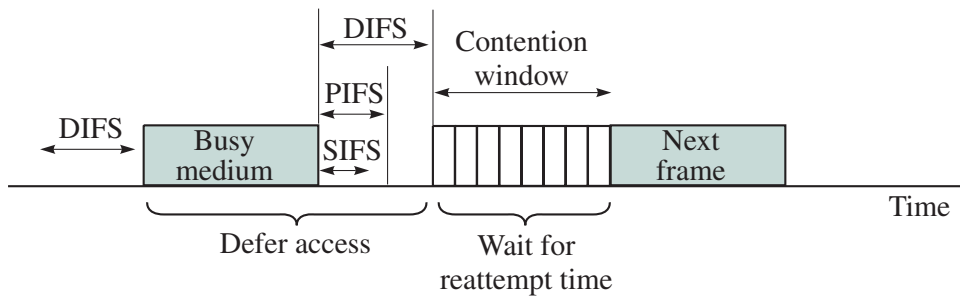
PCF за delay-sensitive real-time сервиси



DCF за non-real-time сообраќај
(web browsing, file transport...)



CSMA/CA

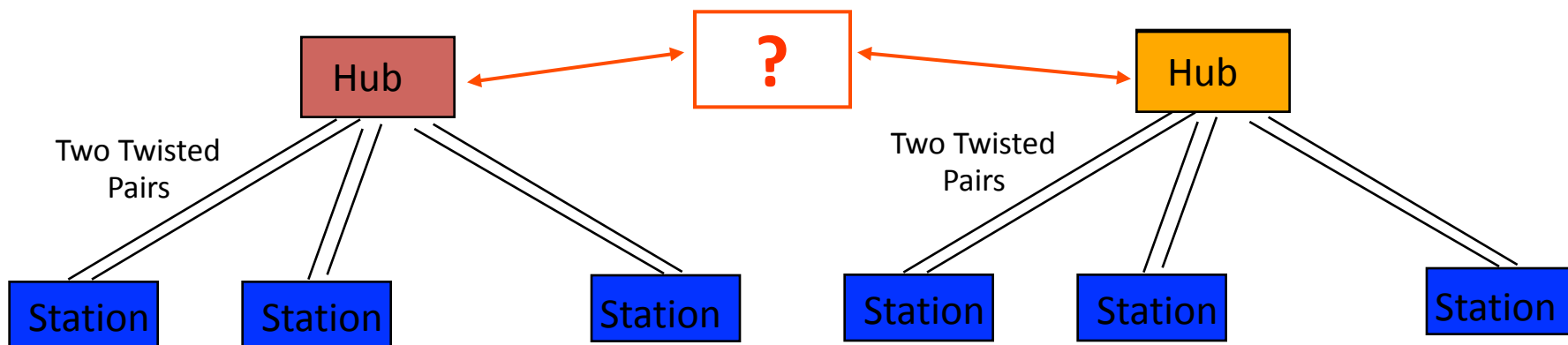


Споредба на WLAN технологии

Protocol	Op. Frequency	Throughput (typical)	Data rate (max)	Range (indoor)	Range (outdoor)
Legacy	2.4 GHz	0.7 Mbps	2 Mbps	~ depends on walls	~ 75 m
802.11b	2.4 GHz	4 Mbps	11 Mbps	~ 35 m	~ 110 m
802.11a	5 GHz	23 Mbps	54 Mbps	~ 30 m	~ 100 m
802.11g	2.4 GHz	19 Mbps	54 Mbps	~ 35 m	~ 110 m
802.11n	2.4 and/or 5 GHz	74 Mbps	248 Mbps = 2x2 ant	~ 70 m	~ 160 m

Меѓумрежно поврзување (Internetworking)

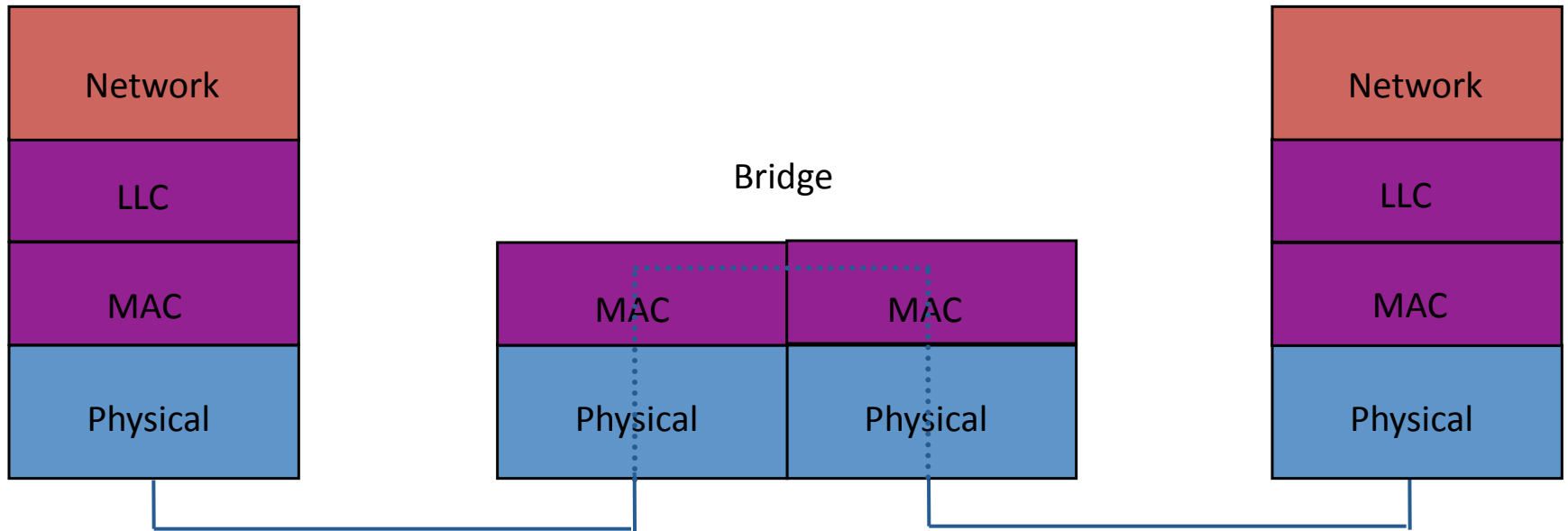
- Inter Working Unit (IWU) = централен елемент во свездеста топологија
- Во зависност од тоа на кое протоколно ниво се врши поврзувањето меѓу две или повеќе мрежи, постојат неколку опции:
 - поврзување на физичко ниво – уред за меѓумрежно поврзување на физичко ниво е repeater или hub
 - поврзување на податочно ниво – уред за меѓумрежно поврзување на податочно ниво е switch или мост (анг. bridge)
 - поврзување на мрежно ниво – уред за меѓумрежно поврзување на мрежно ниво е рутер
 - поврзување на повисоки нивоа – уред за меѓумрежно поврзување на повисоки нивоа е gateway



LAN мостови (1/3)

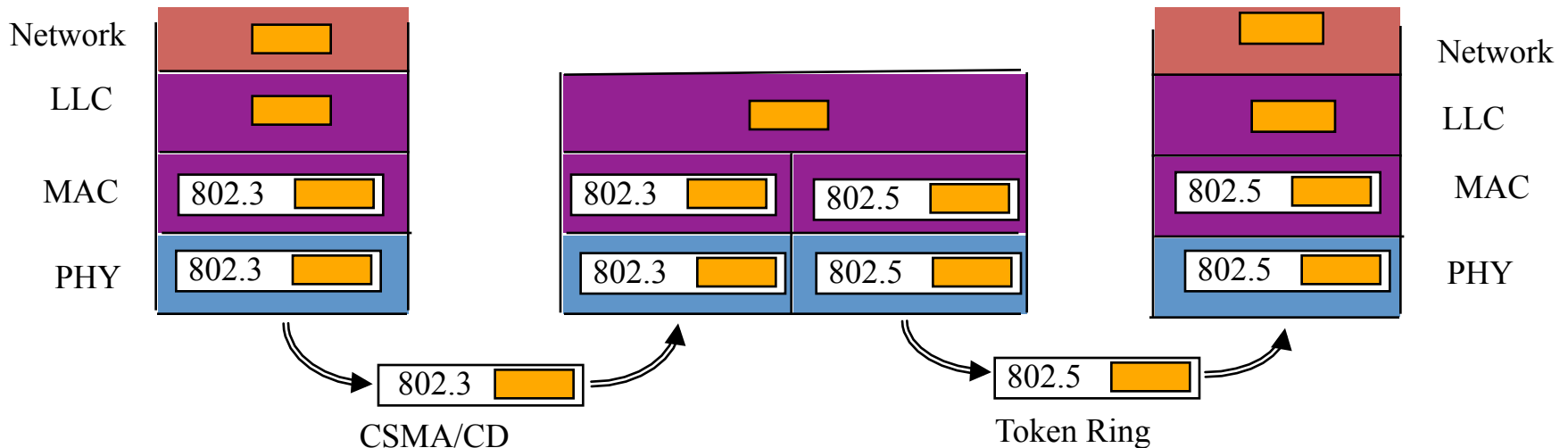
- Два типа на мостови
 - Транспарентни мостови (Ethernet LAN)
 - Упатуваат рамки од една LAN мрежа кон друга LAN мрежа
 - Учат каде станиците се закачени на LAN (Backward learning)
 - Спречуваат јамки во топологијата (spanning tree протокол)
 - Мостови со рутирање од изворот (анг. source routing bridges)
 - Token ring
 - FDDI

LAN мостови (2/3)



- Во најголем случај се користат за ист тип на LAN
- Рутирањето се врши на MAC ниво

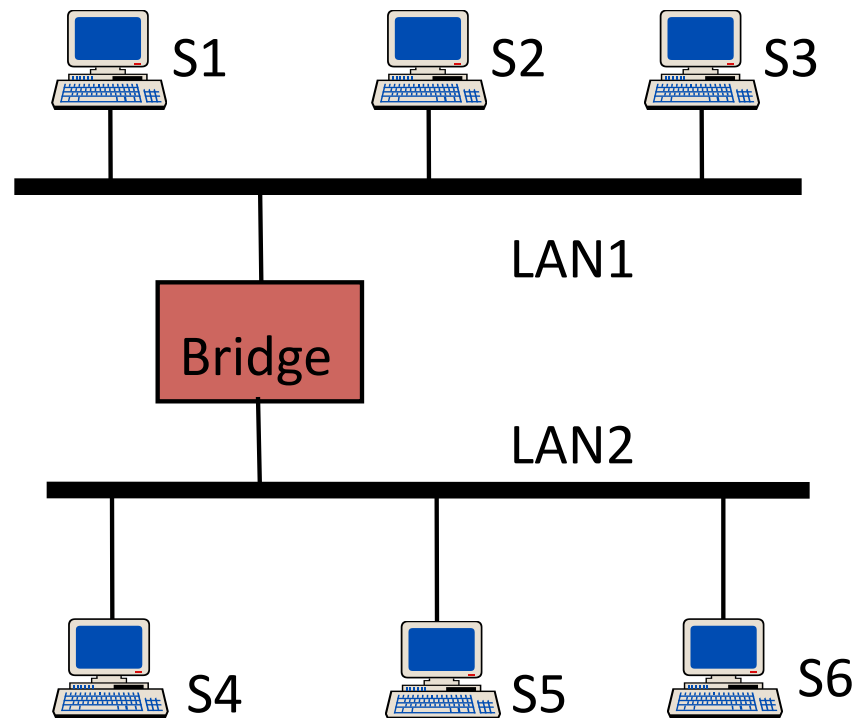
LAN мостови (3/3)



- Работа на data link ниво подразбира способност да се работи со повеќе различни технологии
- Мостот мора да се справува со:
 - Различни MAC формати
 - Различни битски брзини; бафери; тајмери
 - Различна големина на рамка

Транспарентни мостови

- Транспарентна интерконекција на повеќе LAN-ови
- Користење на look-up табели
 - Отфрлање на рамка → извор и дестинација во ист LAN
 - Проследување на рамка → извор и дестинација во различен LAN
 - Flooding → дестинацијата е непозната
- Backward learning за формирање на табела
 - Се набљудуваат изворните адреси на пристигнатите пакети
 - Справување со промени во топологијата → бришење на стари записи



Адаптивно учење

- Во статичка мрежа нема потреба од константно ажурирање на табелите
- Во реалност станиците се додаваат и отстрануваат од мрежата
 - Потреба од тајмери (во ред на минути) заради пребришување на старите записи
 - Моментално ажурирање на табелата доколку стигне рамка на порта различна од запишаната

Spanning tree протокол – IEEE 802.1D

- Да нема јамки за правилно функционирање на backward learning
 - Spanning tree протокол
 - Учествуваат само мостовите во мрежата
 - Транспарентен за станиците во мрежата
 - Секој мост мора да има
 - Уникатна bridge ID
 - Уникатни port ID во секој мост
 - Групна MAC адреса
 - Чекори во алгоритмот
 - Се одбира root мост (најмал bridge ID)
 - Одредување на root порт во секој мост, освен root мостот
 - Секој LAN бира designated мост → root мост (designated порт)