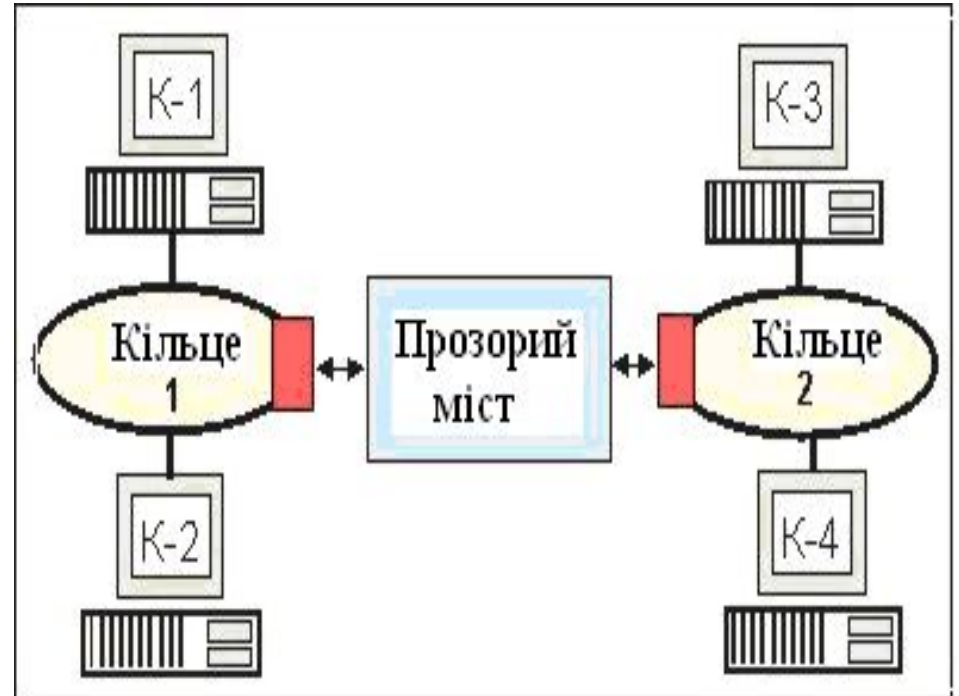
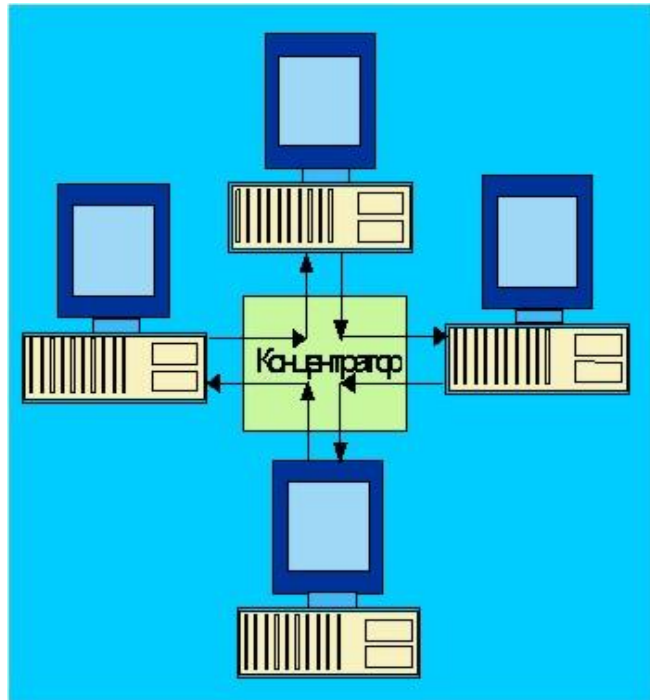
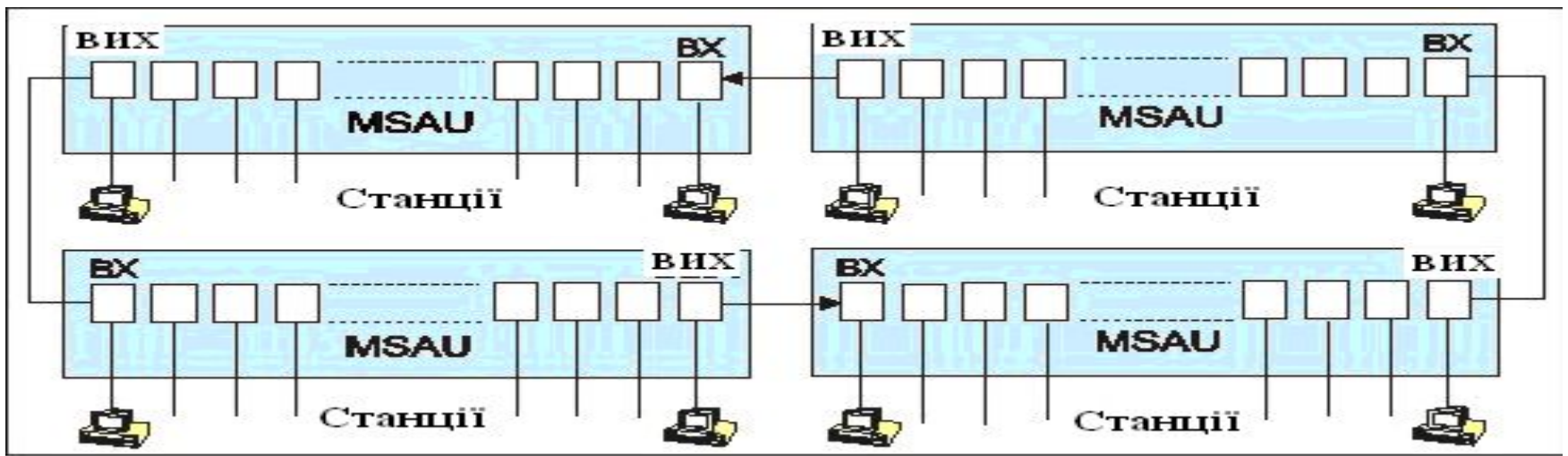


Лекція №5 Технологія Token Ring

- 1. Загальна характеристика мережі**
- 2. Маркерний метод доступу до розділюваного середовища**
- 3. Структура кадрів технології Token Ring**
- 4. Фізичний рівень технології Token Ring**

Загальна характеристика мережі

- **Мережі Token Ring**, так само як і мережі Ethernet, характеризує загальне середовище передачі даних, що у цьому випадку складається з відрізків кабелю, що з'єднують всі станції мережі в кільце. Кільце розглядається як загальний поділюваний ресурс, і для доступу до нього потрібний алгоритм, заснований на передачі станціям права на використання кільця в певному порядку. Це право передається за допомогою кадру спеціального формату, який називається *маркером* або *токеном (token)*. Різні типи топології мереж Token Ring наведено на рис. 1.22 та 1.23.
- Технологія Token Ring розроблена компанією IBM у 1984 році, а потім передана як проект стандарту в комітет IEEE 802. На основі проекту комітет прийняв у 1985 році стандарт 802.5. Компанія IBM використовує технологію Token Ring як свою основну мережну технологію для побудови локальних мереж. Водночас саме компанія IBM є основним законодавцем моди технології Token Ring, роблячи близько 60 % мережних адаптерів цієї технології.
- Мережі Token Ring працюють із двома бітовими швидкостями – 4 й 16 Мбіт/с. Змішання станцій, що працюють на різних швидкостях, в одному кільці не допускається. Мережі Token Ring, що працюють зі швидкістю 16 Мбіт/с, мають деякі вдосконалення в алгоритмі доступу в порівнянні зі стандартом 4 Мбіт/с.



Загальна характеристика мережі

- У мережі Token Ring визначено процедури контролю роботи мережі, які використовують зворотний зв'язок кільцеподібної структури – посланий кадр завжди повертається у станцію-відправник. У деяких випадках виявлені помилки в роботі мережі усуваються автоматично, наприклад, може бути відновлений загублений маркер. В інших випадках помилки тільки фіксуються, а їхнє усунення виконується вручну обслуговуючим персоналом.
- Для контролю мережі одна зі станцій виконує роль, так званого *активного монітора*. Активний монітор вибирається під час ініціалізації кільця як станція з максимальним значенням MAC-адреси. Якщо активний монітор виходить із ладу, процедура ініціалізації кільця повторюється та вибирається новий активний монітор. Щоб мережа могла виявити відмову активного монітора, останній у працездатному стані кожні 3 секунди генерує спеціальний кадр своєї присутності. Якщо цей кадр не з'являється в мережі більше 7 секунд, то інші станції мережі починають процедуру «виборів» нового активного монітора.

Маркерний метод доступу до розділюваного середовища

- У мережах з маркерним методом доступу (а до них, крім мереж Token Ring, відносяться мережі *FDDI*, а також мережі, близькі до стандарту 802.4, - *ArcNet*, мережі виробничого призначення MAP) право на доступ до середовища передається циклічно від станції до станції по логічному кільцю.
- У мережі Token Ring будь-яка станція завжди безпосередньо отримує дані тільки від однієї станції – тієї, яка є попередньою в кільці. Така станція називається *найближчим активним сусідом, розташованим вище по потоці (даних) – Nearest Active Upstream Neighbor, NAUN*. Передачу ж даних станція завжди здійснює своєму найближчому сусідові вниз по потоці даних.
- Функціонування мережі полягає в наступному. По мережі циркулює кадр-маркер, що має структуру: *<обмежник SDEL-PPPTMRRR-обмежник EDEL>*



Обмежник SDEL



Індикатор помилки, яка виявлена
Обмежник EDEL



Біти пріоритету

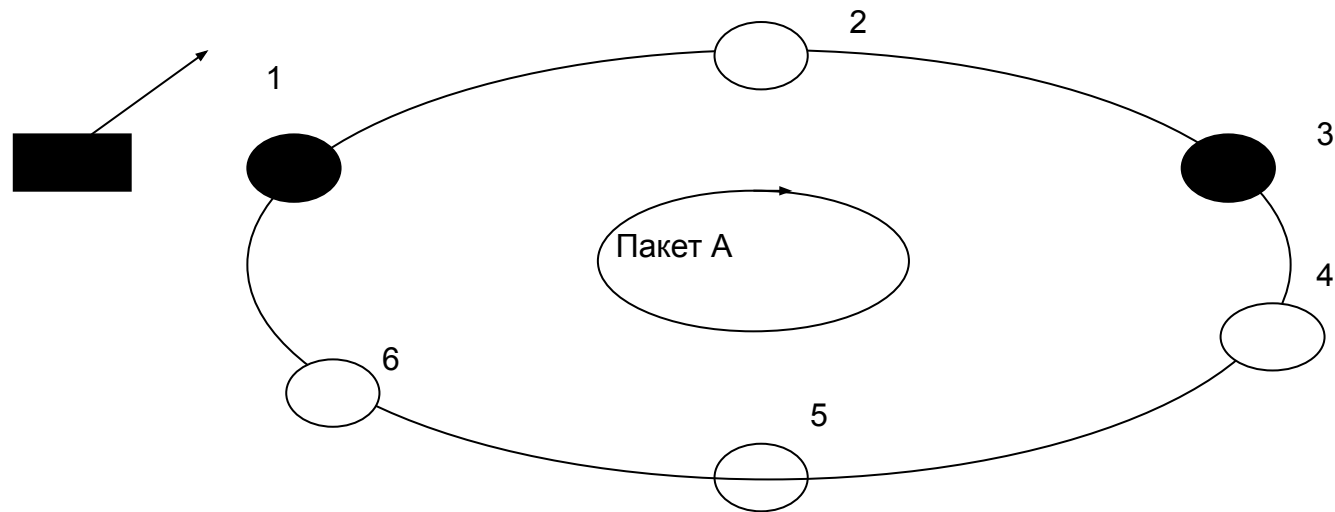
Біти маркеру

Біти резервування пріоритету

Біти моніторингу

- При цьому використані наступні позначки: О, Н – одиниця та нуль, які заcodedані диференціальним манчестерським кодом; ВР, НР – одиниця та нуль, які не заcodedані.
- Якщо $T = 0$, то маркер вільний. Тоді, якщо він проходить повз станцію, що має дані для передачі, і пріоритет станції не нижче значення, записаного в PPP , то станція перетворить маркер в інформаційний кадр: установлює $T = 1$ і записує між RRR і кінцевим обмежником адресу одержувача, дані й інші відомості відповідно до прийнятої структури кадру. Інформаційний кадр проходить по кільцю, при цьому:
 - 1) кожна станція, що готова до передачі, записує значення свого пріоритету в RRR , якщо її пріоритет вище вже записаного в RRR значення;
 - 2) станція-одержувач, розпізнавши свою адресу, зчитує дані й відзначає наприкінці кадру (у біті "статус кадру") факт прийому даних.

- Зробивши повний оберт по кільцю, кадр приходить до станції-відправника, яка аналізує стан кадру. Якщо передача не відбулася, то робиться повторна спроба передачі. Якщо відбулася, то кадр перетворюється в маркер зазначеної вище структури з $T = 0$. При цьому також відбуваються дії: $PPP := RRR$; $RRR := 0$;
- де PPP и RRR – трибітові коди.
- При наступному оберті маркер буде захоплений тією станцією-претендентом, у якої на попередньому оберті виявився найвищий пріоритет (саме його значення записане в PPP).



Порядок звільнення маркера для швидкості 4 Мбіт/с

- Після повернення пакета в станцію 1 відправник розпізнає свій пакет за адресою джерела й вилучає пакет з кільця. Установлені станцією 3 ознаки говорять станції-відправникові про те, що пакет дійшов до адресата й був успішно скопійований їм у свій буфер.
- Час володіння поділюваним середовищем у мережі Token Ring обмежується *часом утримання маркера (token holding time, THT)*, після витікання якого станція зобов'язана припинити передачу власних даних (поточний кадр дозволяється завершити) і передати маркер далі по кільцю. Звичайно час утримання маркера за замовчуванням дорівнює *10 мс*, а максимальний розмір кадру в стандарті 802.5 не визначений. Для мереж *4 Мбіт/с* він звичайно дорівнює *4 Кбайт*, а для мереж *16 Мбіт/с* – *16 Кбайт*. Це пов'язано з тим, що за час утримання маркера станція має встигнути передати хоча б один кадр. Зі швидкістю *4 Мбіт/с* за час *10 мс* можна передати *5 000 байт*, а зі швидкістю *16 Мбіт/с* - відповідно *20 000 байт*. Максимальні розміри кадру обрані з деяким запасом.

Порядок звільнення маркера для швидкості 16 Мбіт/с

- У мережах Token Ring зі швидкістю 16 Мбіт/с використовується інший алгоритм доступу до кільця, який називається *алгоритмом раннього звільнення маркера (Early Token Release)*.
- Відповідно до нього станція передає маркер доступу наступної станції відразу ж після закінчення передачі останнього біта кадру, не чекаючи повернення по кільцю цього кадру з бітом підтвердження прийому.
- У цьому випадку пропускна здатність кільця використовується більш ефективно, оскільки по кільцю одночасно просуваються кадри декількох станцій.
- Проте, свої кадри в кожен момент часу може генерувати тільки одна станція – та, яка в цей момент володіє маркером доступу. Інші станції в цей час тільки повторюють чужі кадри, так що принцип поділу кільця в часі зберігається прискорюється тільки процедура передачі володіння кільцем.
- Для різних видів повідомлень, які передаються у кадрах, можуть призначатися різні *пріоритети*: від 0 (нижчий) до 7 (вищий). Рішення про пріоритет конкретного кадру приймає передавальна станція (протокол Token Ring отримує цей параметр через міжрівневі інтерфейси від протоколів верхнього рівня, наприклад прикладного).

Формати кадрів Token Ring

- **В Token Ring крім кадру - маркер існують два додаткових формати кадрів:**
- **- кадр даних;**
- **- послідовність, що перериває.**

Октети	1	1	1	6	6	< 4502	4	1	1
Поле кадру	SDEL	AC	FC	DA	SA	DATA	FCS	EDEL	FS

- **Кадр даних складається з таких полів:**
- **- початковий обмежник (Start Delimiter, SDEL);**
- **- управління доступом (Access Control, AC);**
- **- управління кадром (Frame Control, FC);**
- **- адреса призначення (Destination Address, DA);**
- **- адреса джерела (Source Address, SA);**
- **- дані (DATA);**
- **- контрольна сума (Frame Check Sequence, FCS);**
- **- кінцевий обмежник (End Delimeter, EDEL);**
- **- статус кадру (Frame Status, FS).**
- **Кадр даних може переносити або службові дані для управління кільцем (дані MAC-рівня), або користувальницькі дані (LLC-рівня).**
- **Послідовність, що перериває, складається із двох байтів, які містять початковий і кінцевий обмежники. Послідовність, що перериває, може з'явитися в будь-якому місці потоку бітів і сигналізує про те, що поточна передача кадру або маркера скасовується.**

6 типів керуючих кадрів MAC-рівня

- Поле FC визначає тип кадру (MAC або LLC), і якщо він визначений як MAC, то поле також вказує, який із шести типів кадрів поданий даним кадром.
- Призначення цих шести типів кадрів наступне.
- 1. Щоб упевнитися, що її адреса унікальна, станція, коли вперше приєднується до кільця, посилає кадр *Тест дублювання адреси (Duplicate Address Test, DAT)*.
- 2. Щоб повідомити іншим станціям, що він працездатний, активний монітор періодично посилає в кільце кадр – *Існує активний монітор (Active Monitor Present, AMP)*.
- 3. Кадр – *Існує резервний монітор (Standby Monitor Present, SMP)* відправляється будь-якою станцією, що не є активним монітором.
- 4. Резервний монітор відправляє кадр – *Маркер заявки (Claim Token, CT)*, коли підозрює, що активний монітор відмовив, потім резервні монітори домовляються між собою, який з них стане новим активним монітором.
- 5. Станція відправляє кадр – *Сигнал (Beacon, BCN)* у випадку виникнення серйозних мережних проблем, таких як обрив кабелю, виявлення станції, що передає кадри без очікування маркера, вихід станції з ладу. Діагностична програма (її існування й функції не визначаються стандартами Token Ring) визначаючи, яка станція відправляє кадр сигналу, може локалізувати проблему. Кожна станція періодично передає кадри BCN доти, доки не прийме кадр BCN від свого попереднього (NAUN) сусіда. У результаті в кільці тільки одна станція продовжує передавати кадри BCN – та, у якої є проблеми з попереднім сусідом. У мережі Token Ring кожна станція знає MAC-адресу свого попереднього сусіда, тому Beacon-процедура призводить до виявлення адреси некоректно працюючої станції.
- 6. Кадр – *Очищення (Purge, PRG)* використовується новим активним монітором для того, щоб перевести всі станції у вихідний стан й очистити кільце від усіх раніше посланих кадрів.

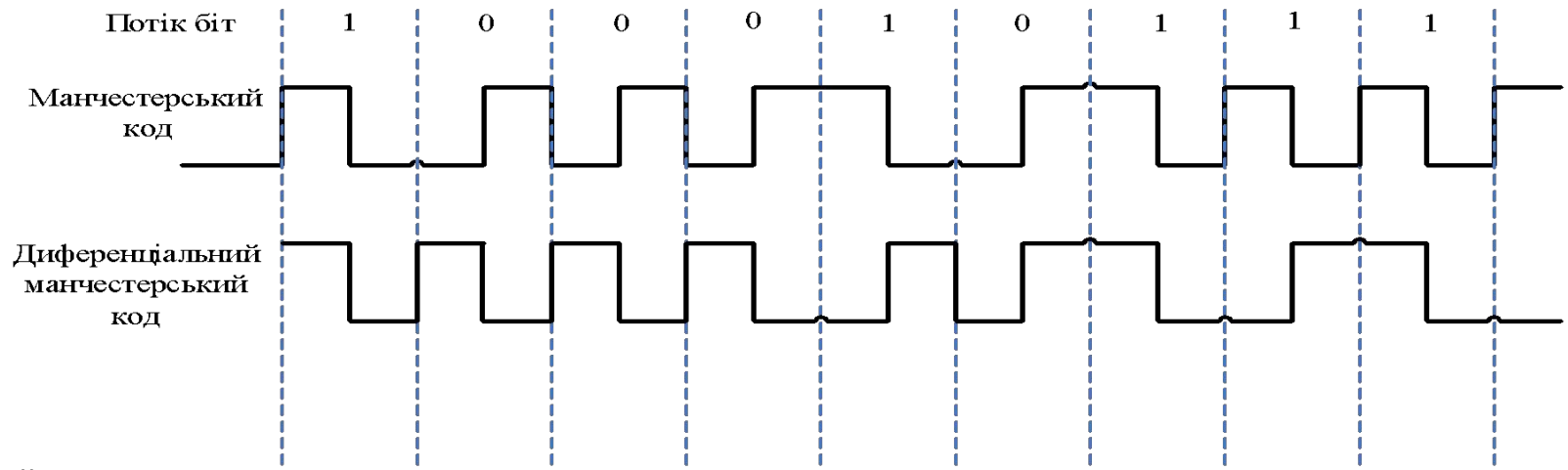
Фізичний рівень технології Token Ring

- Стандарт Token Ring фірми IBM споконвічно передбачав побудову зв'язків у мережі за допомогою концентраторів, які називаються *MAU (Multistation Access Unit)* або *MSAU (Multi-Station Access Unit)*, тобто пристроями багатостанційного доступу. Мережа Token Ring може включати до 260 вузлів.
- Концентратор Token Ring може бути активним або пасивним. Пасивний концентратор просто з'єднує порти внутрішніми зв'язками так, щоб станції, які підключають до цих портів, утворили кільце. Ні посилення сигналів, ні їх ресинхронізацію пасивний MSAU не виконує. Такий пристрій можна вважати простим кросовим блоком за одним виключенням – MSAU забезпечує обхід будь-якого порту, коли приєднаний до цього порту комп'ютер вимикають. Така функція необхідна для забезпечення зв'язності кільця поза залежністю від стану підключених вузлів. Звичайно обхід порту виконується за рахунок релейних схем, які отримують постійний струм від мережного адаптера, а при вимиканні мережного адаптера нормально замкнуті контакти реле з'єднують вхід порту з його виходом.
- Активний концентратор виконує функції регенерації сигналів і тому іноді називається повторювачем, як у стандарті Ethernet.
- При використанні пасивних концентраторів, роль підсилювача сигналів виконує кожен мережний адаптер, а ресинхронізацію – мережний адаптер активного монітора кільця. Кожен мережний адаптер Token Ring має блок повторення, який спроможний регенерувати й ресинхронізувати сигнали. Однак останню функцію виконує в кільці тільки блок повторення активного монітора.

Фізичний рівень технології Token Ring

- У загальному випадку мережа Token Ring має комбіновану зірково-кільцеву конфігурацію. Кінцеві вузли підключаються до MSAU за топологією зірки, а самі MSAU поєднуються через спеціальні порти Ring In (RI) і Ring Out (RO) для утворення магістрального фізичного кільця.
- Кабелі, що з'єднують станцію з концентратором, називаються *відгалуженими (lobe cable)*, а кабелі, що з'єднують концентратори, – *магістральними (trunk cable)*. Дозволяється використовувати для з'єднання кінцевих станцій і концентраторів різні типи кабелю: STP Type 1, UTP Type 3, UTP Type 6, а також волоконно-оптичний кабель.
- Під час використання екранованої крученої пари STP Type 1 з номенклатури кабельної системи IBM у кільце допускається поєднувати до 260 станцій з довжиною відгалужених кабелів до 100 метрів, а під час використання неекранованої крученої пари максимальна кількість станцій скорочується до 72 з довжиною відгалужених кабелів до 45 метрів.
- Відстань між пасивними MSAU може досягати 100 м під час використання кабелю STP Type 1 й 45 м під час використання кабелю UTP Type 3. Між активними MSAU максимальна відстань збільшується відповідно до 730 м або 365 м залежно від типу кабелю.
- Максимальна довжина кільця Token Ring складає 4 000 м. Обмеження на максимальну довжину кільця й кількість станцій у кільці в технології Token Ring не є такими твердими, як у технології Ethernet. Тут ці обмеження багато в чому пов'язані згодом з обертом маркера по кільцю (але не тільки – є й інші міркування, що диктують вибір обмежень). Так, якщо кільце складається з 260 станцій, то при часі втримання маркера в 10 мс маркер повернеться в активний монітор у найгіршому разі через 2,6 с, а цей час саме складає тайм-аут контролю оберту маркера. У принципі, всі значення тайм-аутів у мережних адаптерах вузлів мережі Token Ring можна врахувати й тому можна побудувати мережу Token Ring з більшою кількістю станцій і з більшою довжиною кільця.

- Всі аспекти протоколу доступу до кільця з передачею позначки виконуються підрівнем управління доступом до передавального середовища. Фізичний рівень приймає від підрівня управління доступом до середовища розряд за розрядом, кодує їх і передає їх у середовище. Він виконує також зворотну операцію, приймаючи розряди з передавального середовища, декодує їх і передаючи на підрівень управління доступом до середовища. Процедура кодування, яку визначає стандарт для кільця з передачею позначки, передбачає застосування *диференціального манчестерського коду* (див. рис. 1.27).



- Цей метод кодування відрізняється від манчестерського коду. У диференціальному манчестерському коді для переносу двійкової інформації застосовуються дві полярності, і переходи відбуваються в середині двійкового інтервалу. Однак у випадку розряду 1 перша половина двійкового інтервалу несе ту саму полярність, що й друга половина попереднього інтервалу. У випадку ж розряду 0 перехід відбувається як на початку, так й у середині двійкового інтервалу. Даний код, на відміну від класичного, не залежить від зміни місць двох проводів кабелю. Особливо це зручно у випадку, коли для зв'язку використовується кручена пара, проведення якої легко переплутати. Рівень позитивних та негативних імпульсів знаходяться в діапазоні 3,...,4.5 В, що значно спрощує процедури виявлення сигналів.
- Компанія IBM запропонувала варіант технології Token Ring, що називається *High-Speed Token Ring, HSTR*. Ця технологія підтримує бітові швидкості в 100 й 155 Мбіт/с, зберігаючи основні особливості технології Token Ring 16 Мбіт/с.