

Тема 4. Технології локальних комп'ютерних мереж. Мережа Ethernet

Лекція 6. Мережа Ethernet

- 1. Варіанти побудови мережі.**
- 2. Протокол CSMA/CD.**
- 3. Основні функціональні параметри Ethernet.**

1. Стеклов В.К., Беркман Л.Н. Телекомунікаційні мережі. Київ, "Техніка", 2001- 526 с.
2. Стеклов В.К., Беркман Л.Н. Проектування телекомунікаційних мереж. Київ, "Техніка", 2003 - 923 с.
3. Олифер В.Г., Олифер Н.А. «Комп'ютерні мережі. Принципи, технології, протоколи» Підручник для вузів.3-е изд. - Спб.: Питер. 2006.-864с.

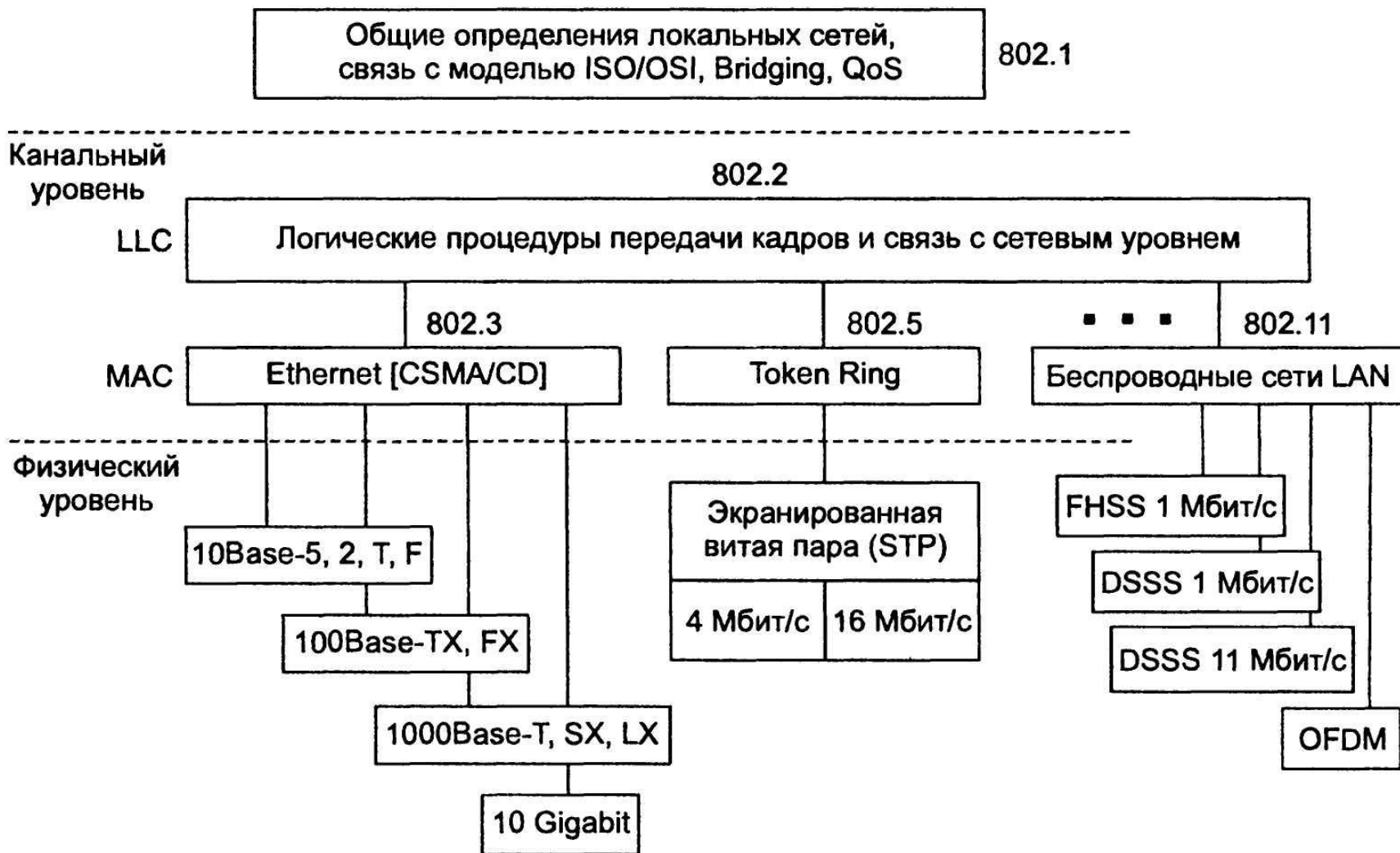
Ethernet - це найпоширеніший на сьогоднішній день стандарт локальних мереж

Історична довідка

Загальна кількість мереж, що працюють по протоколу Ethernet у цей час, оцінюється в **5 мільйонів**, а кількість комп'ютерів із установленими мережними адаптерами Ethernet - в **50 мільйонів**.

- У вузькому смислі Ethernet - це мережний стандарт, заснований на експериментальній мережі **Ethernet Network**, що фірма **Xerox** розробила й реалізувала в **1975 році**.
- Метод доступу був випробуваний ще раніше: у другій половині 60-х років у радіомережі Гавайського університету використовувалися різні варіанти випадкового доступу до загального радіосередовища, що одержали загальну назву **Aloha**.
- В **1980 році** фірми **DEC, Intel і Xerox** спільно розробили й опублікували стандарт Ethernet версії II для мережі, побудованої на основі коаксіального кабелю, що став останньою версією фірмового стандарту Ethernet. Тому фірмову версію стандарту Ethernet називають стандартом **Ethernet DIX або Ethernet II**.

Структура стандартов IEEE 802.x



В 1980 році в інституті IEEE був організований комітет 802 по стандартизації локальних мереж

- у результаті його роботи було прийняте сімейство стандартів IEEE 802.x, які містять рекомендації із проектування нижніх рівнів локальних мереж.
- Пізніше результати роботи цього комітету лягли в основу комплексу міжнародних стандартів ISO 8802-1...5. Ці стандарти були створені на основі розповсюджених фірмових стандартів мереж Ethernet, ArcNet і Token Ring.
- Крім IEEE у роботі зі стандартизації протоколів локальних мереж брали участь і інші організації. Так, для мереж, що працюють на оптоволокні, ANSI був розроблений стандарт FDDI, що забезпечує швидкість передачі даних 100 Мбіт/с.
- Роботи зі стандартизації протоколів ведуться також асоціацією ECMA, що прийняті стандарти ECMA-80, 81, 82 для локальної мережі типу Ethernet і згодом стандарти ECMA-89, 90 по методу передачі маркера.

*Стандарти сімейства IEEE 802.x
охоплюють тільки два нижніх рівня моделі
OSI - фізичний і канальний.*

- Це пов'язане з тим, що саме ці рівні відбивають специфіку локальних мереж
- Старші, починаючи з мережного, у значній мірі мають загальні риси як для локальних, так і для глобальних мереж.

Специфіка локальних мереж також знайшла своє відбиття в поділі канального рівня на два підрівня. Канальний рівень (Data Link Layer) поділиться в локальних мережах на два підрівня:

- логічної передачі даних (Logical Link Control, LLC);
- керування доступом до середовища (Media Access Control, MAC).

Рівень МАС

- Рівень МАС з'явився через існування в локальних мережах поділюваного середовища передачі даних.
- Саме цей рівень забезпечує коректне спільне використання загального середовища, надаючи її відповідно до певного алгоритму в розпорядження тієї або іншої станції мережі.
- Після того як доступ до середовища отриманий, нею може користуватися більше високий рівень - рівень LLC, що організує передачу логічних одиниць даних, кадрів інформації, з різним рівнем якості транспортних послуг.
- У сучасних локальних мережах одержали поширення кілька протоколів рівня МАС, що реалізують різні алгоритми доступу до поділеного середовища. Ці протоколи повністю визначають специфіку таких технологій, як Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, Token Ring, FDDI, 100VG-AnyLAN.

Рівень LLC


- Рівень LLC відповідає за передачу кадрів даних між вузлами з різним ступенем надійності, а також реалізує функції інтерфейсу із прилягаючим до нього мережним рівнем.
- Саме через рівень LLC мережний протокол запитує в канального рівня потрібну йому транспортну операцію з потрібною якістю.
- На рівні LLC існує кілька режимів роботи, що відрізняються наявністю або відсутністю на цьому рівні процедур відновлення кадрів у випадку їхньої втрати або перекручування, тобто транспортних послуг, що відрізняються якістю, цього рівня.

Стандарти підкомітета 802.1

- стандарти носять загальний для всіх технологій характер.
- У підкомітеті 802.1 розроблені загальні визначення локальних мереж і їхніх властивостей, визначений зв'язок трьох рівнів моделі IEEE 802 з моделлю OSI. Найбільше важливими є стандарти 802.1, що описують взаємодію між собою різних технологій та стандарти побудови складних мереж на основі базових топологій. Ця група стандартів носить загальну назву стандартів межмережевої взаємодії (internetworking).
- Сюди входять такі важливі стандарти, як стандарт 802.1D, що описує логіку роботи моста/комутатора, стандарт 802.1H, що визначає роботу моста, що може без маршрутизатора поєднувати мережі Ethernet і FDDI, Ethernet і Token Ring і т.п.
- набір стандартів 802.1, поповнюється. Наприклад, стандарт 802.1Q, що визначає спосіб побудови віртуальних локальних мереж VLAN у мережах на основі комутаторів.
- Стандарти 802.3, 802.4, 802.5 і 802.12 описують технології локальних мереж, які з'явилися в результаті поліпшення технологій окремих фірм. Так, основу стандарту 802.3 склала технологія Ethernet, розроблена компаніями Digital, Intel і Xerox (або Ethernet DIX), стандарт 802.4 з'явилася як узагальнення технології ArcNet компанії Datapoint Corporation, а стандарт 802.5 в основному відповідає технології Token Ring компанії IBM.
- Технології фірм і їхні модифіковані варіанти - стандарти 802.x у ряді випадків довгі роки існували паралельно. Наприклад, технологія ArcNet так до кінця не була наведена у відповідність зі стандартом 802.4 (тепер це робити пізно, тому що десь приблизно з 1993 року виробництво встаткування ArcNet було згорнуто).
- Розбіжності між технологією Token Ring і стандартом 802.5 теж періодично виникають, тому що компанія IBM регулярно вносить удосконалення у свою технологію й комітет 802.5 відбиває ці вдосконалення в стандарті з деяким запізненням.
- Виключення становить технологія Ethernet. Останній фірмовий стандарт Ethernet DIX був прийнятий в 1980 році, і з тих пор ніхто більше не вживав спроб фірмового розвитку Ethernet. Всі нововведення в сімействі технологій Ethernet вносяться тільки в результаті прийняття відкритих стандартів комітетом 802.3.
- Більш пізні стандарти розроблялися групою зацікавлених компаній, а потім передавалися у відповідний підкомітет IEEE 802 для затвердження. Так відбулося з технологіями Fast Ethernet, 100VG-AnyLAN, Gigabit Ethernet. Група зацікавлених компаній утворювала спочатку невелике об'єднання, а потім у міру розвитку робіт до нього приєднувалися інші компанії, так що процес прийняття стандарту носив відкритий характер.

Сьогодні комітет 802 включає наступний ряд підкомітетів, у який входять як уже згадані, так і деякі інші:

- 802.1 - Internetworking - об'єднання мереж;
- 802.2 - Logical Link Control, LLC - керування логічною передачею даних;
- 802.3 - Ethernet з методом доступу CSMA/CD;
- 802.4 - Token Bus LAN - локальні мережі з методом доступу Token Bus;
- 802.5 - Token Ring LAN - локальні мережі з методом доступу Token Ring;
- 802.6 - Metropolitan Area Network, MAN - мережі мегаполісів;
- 802.7 - Broadband Technical Advisory Group - технічна консультативна група по широкосмуговій передачі;
- 802.8 - Fiber Optic Technical Advisory Group - технічна консультативна група по волоконно-оптичних мережах;
- 802.9 - Integrated Voice and data Networks - інтегровані мережі передачі голосу й даних;
- 802.10 - Network Security - мережна безпека;
- 802.11 - Wireless Networks - бездротові мережі;
- 802.12 - Demand Priority Access LAN, 100VG-AnyLAN - локальні мережі з методом доступу на вимогу із пріоритетами.



Залежно від типу фізичного
середовища стандарт IEEE 802.3 має
різні модифікації:

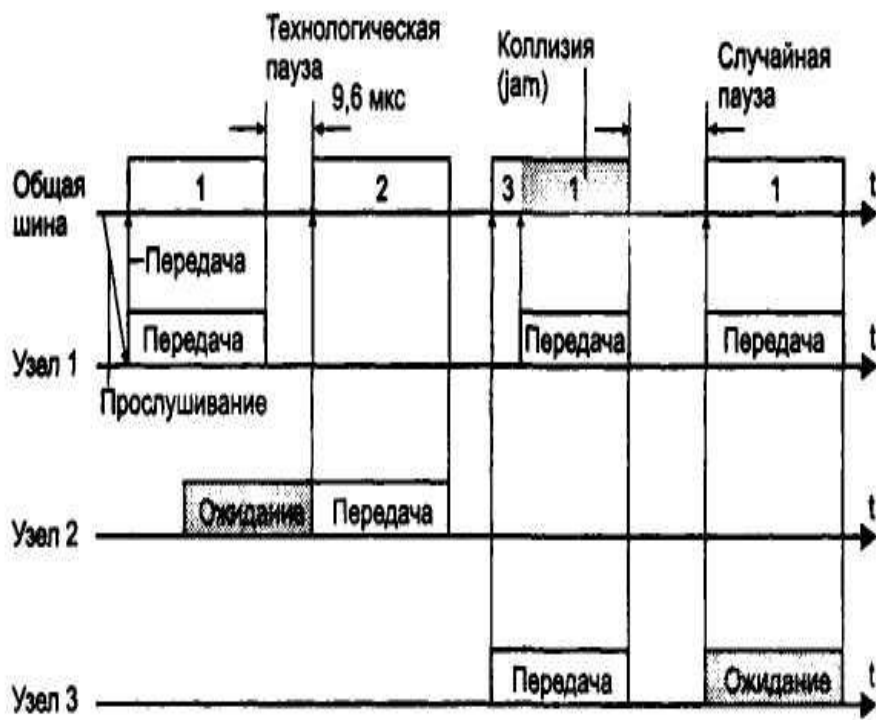
- 10Base-5,
- 10Base-2,
- 10Base-T,
- 10Base-FL,
- 10Base-FB.

Метод доступу CSMA/CD

- У мережах Ethernet використовується метод доступу до середовища передачі даних, що має назву метод колективного доступу із упізнаванням несучої й виявленням колізій (*carrier-sense-multiply-access with collision detection, CSMA/CD*).
- Цей метод застосовується винятково в мережах з логічною загальною шиною. Всі комп'ютери такої мережі мають безпосередній доступ до загальної шини, тому вона може бути використана для передачі даних між будь-якими двома вузлами мережі.
- Одночасно всі комп'ютери мережі мають можливість негайно (з урахуванням затримки поширення сигналу по фізичному середовищу) одержати дані, які кожною з комп'ютерів почав передавати на загальну шину.
- Простота схеми підключення - це один з факторів, що визначили успіх стандарту Ethernet.
- Кажуть, що кабель, до якого підключені всі станції, працює в режимі *колективного доступу (Multiply Access, MA)*.

Метод випадкового доступу CSMA/CD

- Всі дані, передані по мережі, містяться в кадри певної структури й забезпечуються унікальною адресою станції призначення.



Щоб одержати можливість передавати кадр, станція повинна переконатися, що поділюване середовище вільне. Це досягається прослуховуванням основної гармоніки сигналу- несучою частотою (carrier-sense, CS). Ознакою незайнятості середовища є відсутність несучої частоти, що при манчестерском способі кодування дорівнює 5-10 МГц, залежно від послідовності одиниць і нулів, переданих у цей момент.

Етапи доступу до середовища

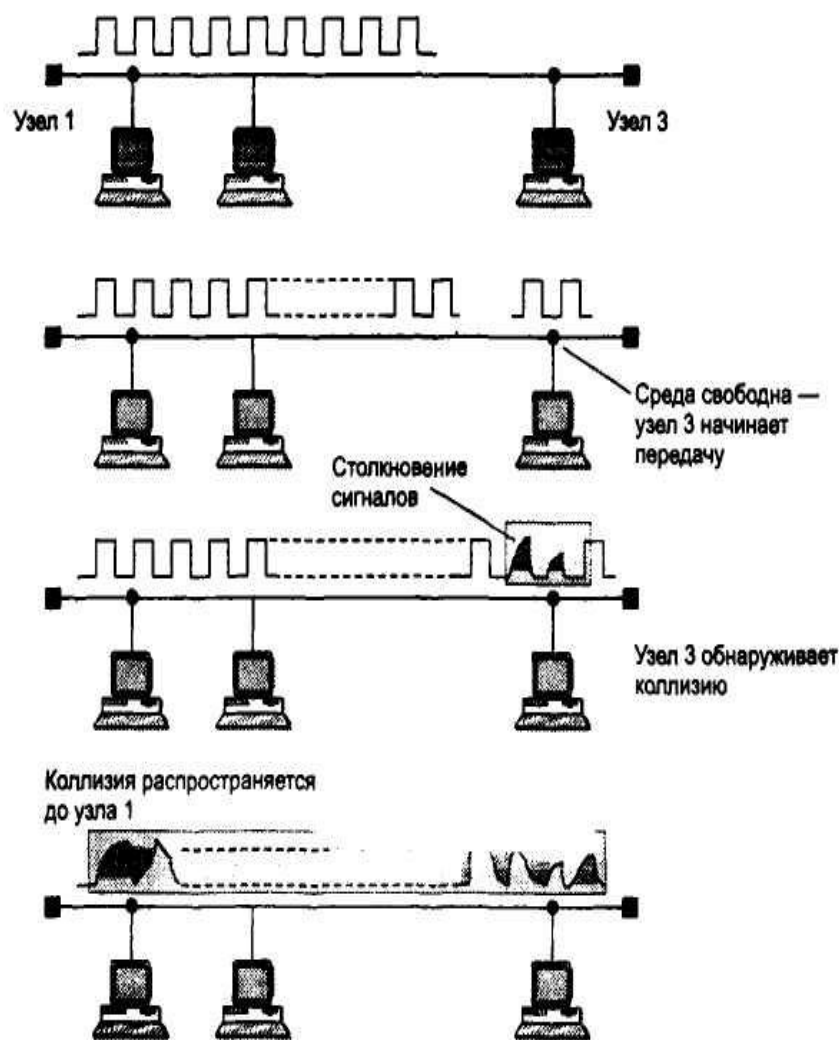
- Якщо середовище вільне, то вузол має право почати передачу кадру.
- У класичній мережі Ethernet на коаксіальному кабелі сигнали передавача вузла поширюються в обидва боки, так що всі вузли мережі їх одержують.
- Кадр даних завжди супроводжується *преамбулою (preamble)*, що складається з 7 байт, виду - **10101010**, і 8-го байта - **10101011**. Преамбула потрібна для входження приймача в побітовий і побайтовий синхронізм із передавачем.
- Всі станції, підключені до кабелю, можуть розпізнати факт передачі кадру, і та станція, що довідається про власну адресу в заголовках кадру, записує його вміст у свій внутрішній буфер, обробляє отримані дані, передає їх нагору по своєму стеку, а потім посилає по кабелі кадр-відповідь. Адреса станції джерела є у вихідному кадрі, тому станція-одержувач знає, кому потрібно послати відповідь.
- Вузол 2 під час передачі кадру вузлом 1 також намагався почати передачу свого кадру, однак виявив, що середовище зайняте — на ній є присутнім несуча частота, — тому вузол 2 змушений чекати, поки вузол 1 не припинить передачу кадру.
- Після закінчення передачі кадру всі вузли мережі зобов'язані витримати технологічну паузу (Inter Packet Gap) в 9,6 мкс. Ця пауза, називана також міжкадровим інтервалом, потрібна для приведення мережних адаптерів у вихідний стан, а також для запобігання монопольного захвата середовища одною станцією.
- Після закінчення технологічної паузи вузли мають право почати передачу свого кадру, тому що середовище вільне. Через затримки поширення сигналу по кабелю не всі вузли строго одночасно фіксують факт закінчення передачі кадру вузлом.

Виникнення колізії

- можлива ситуація, коли дві станції одночасно намагаються передати кадр даних по загальному середовищу.
- Механізм прослуховування середовища й пауза між кадрами не гарантують від виникнення такої ситуації, коли дві або більше станції одночасно вирішують, що середовище вільне, і починають передавати свої кадри.
- Вважають, що при цьому відбувається **колізія (collision)**, тому що кадри зіштовхується на загальному кабелі й відбувається перекручування інформації
- Методи кодування, використовувані в Ethernet, не дозволяють виділяти сигнали кожної станції із загального сигналу.

Помітимо, що цей факт відображений у назві «Base(band)», що є присутнім у назвах всіх фізичних протоколів технології Ethernet (наприклад, 10Base-2, 10Base-T і т.п.). Baseband network означає мережа з немодульованою передачею, у якій повідомлення пересилаються в цифровій формі по єдиному каналі, без частотного поділу.

Колізія — це нормальна ситуація в роботі мереж Ethernet



- Для виникнення колізії не обов'язково, щоб кілька станцій почали передачу абсолютно одночасно, така ситуація малоймовірна.
- Набагато вірогідніше, що колізія виникає через те, що один вузол починає передачу раніше іншого, але до другого вузла сигнали першого просто не встигають дійти на той час, коли другий вузол вирішує почати передачу свого кадру.
- Тобто колізії - це наслідок розподіленого характеру мережі.

- Щоб коректно обробити колізію, всі станції одночасно спостерігають за виникаючими на кабелі сигналами.
- Якщо передані й спостерегаєми сигнали відрізняються, то фіксується *виявлення колізії (collision detection, CD)*.
- Для збільшення ймовірності якнайшвидшого виявлення колізії всіма станціями мережі станція, що виявила колізію, перериває передачу свого кадру (у довільному місці, можливо, і не на границі байта) і підсилює ситуацію колізії посилкою в мережу спеціальної послідовності з 32 біт, що має називу - *jam-послідовністю*.
- Після цього передавальна станція, що виявила колізію, зобов'язана припинити передачу й зробити паузу протягом короткого випадкового інтервалу часу. Потім вона може знову почати спробу захвату середовища й передачі кадру. Випадкова пауза вибирається по наступному алгоритмі: **Пауза = L x (інтервал відстрочки),**

де інтервал відстрочки дорівнює 512 бітовим інтервалам. Величина бітового інтервалу дорівнює 0,1 мкс или 100 нс);

L являє собою ціле число, обране з рівною ймовірністю з діапазону [0, 2 у ступені N], де N — номер повторної спроби передачі даного кадру: 1, 2, ..., 10. Після 10-й спроби інтервал, з якого вибирається пауза, не збільшується. Таким чином, випадкова пауза може приймати значення від 0 до 52,4 мс. Якщо 16 послідовних спроб передачі кадру викликають колізію, то передавач повинен припинити спроби й відкинути цей кадр.

Основні функціональні параметри Ethernet

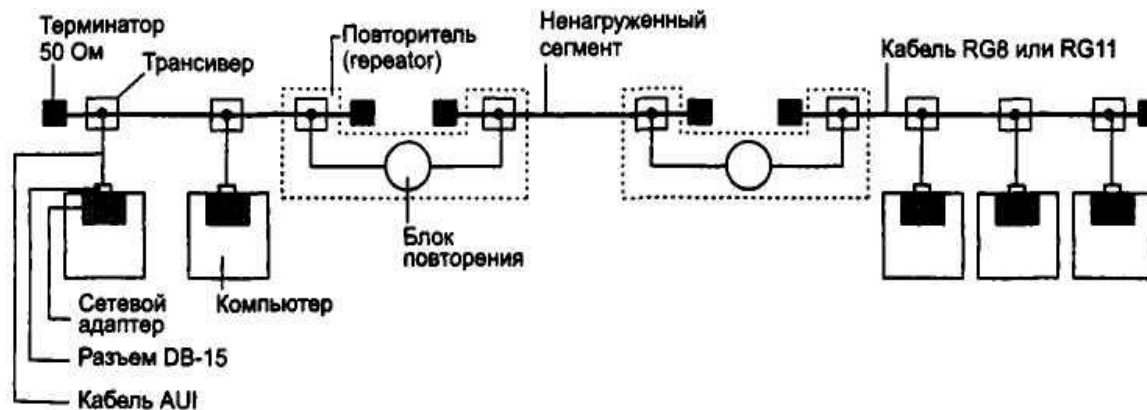
Параметри	Значення
• Бітова швидкість	10 Мбіт/с
• Інтервал відстрочки	512 бітових інтервалів
• Міжкадровий інтервал (IPG)	9,6 мкс
• Максимальне число спроб передачі	16
• Максимальне число зростання діапазону паузи	10
• Довжина jam-послідовності довжина кадру (без преамбули)	32 біта Максимальна
• Мінімальна довжина кадру	1518 байт
• Довжина преамбули	64 байт (512 біт)
• Мінімальна довжина випадкової паузи після колізії	64 біт
• Максимальна довжина випадкової паузи після колізії	0 бітових інтервалів
• Максимальна відстань між станціями мережі	524000 бітових інтервалу
• Максимальне число станцій у мережі	2500м
	1024

Спецификации физической среды Ethernet

Физические спецификации технологии Ethernet на сегодняшний день включают следующие среды передачи данных.

- 10Base-5 — коаксиальный кабель диаметром 0,5 дюйма, называемый «толстым» коаксиалом. Имеет волновое сопротивление 50 Ом. Максимальная длина сегмента — 500 метров (без повторителей).
- 10Base-2 — коаксиальный кабель диаметром 0,25 дюйма, называемый «тонким» коаксиалом. Имеет волновое сопротивление 50 Ом. Максимальная длина сегмента — 185 метров (без повторителей).
- 10Base-T — кабель на основе неэкранированной витой пары (Unshielded Twisted Pair, UTP). Образует звездообразную топологию на основе концентратора. Расстояние между концентратором и конечным узлом — не более 100 м.
- 10Base-F — волоконно-оптический кабель. Топология аналогична топологии стандарта 10Base-T. Имеется несколько вариантов этой спецификации — FOIRL (расстояние до 1000 м), 10Base-FL (расстояние до 2000 м), 10Base-FB (расстояние до 2000 м).

Компоненты физического уровня сети стандарта 10 Base-5, состоящей из трех сегментов

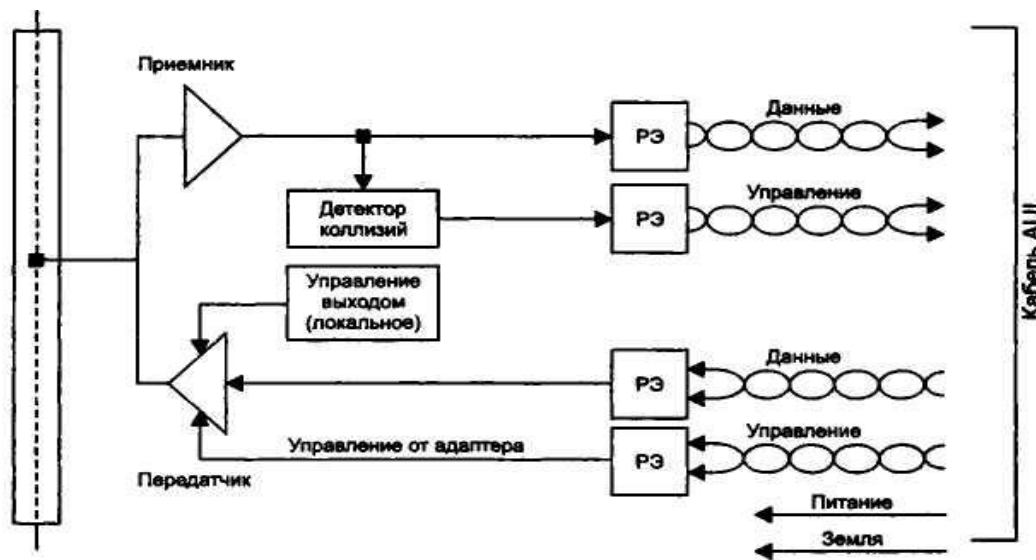


Станция должна подключаться к кабелю при помощи приемопередатчика — *трансивера* (*transmitter+receiver = transceiver*). Трансивер устанавливается непосредственно на кабеле и питается от сетевого адаптера компьютера. Трансивер может подсоединяться к кабелю как методом прокалывания, обеспечивающим непосредственный физический контакт, так и бесконтактным методом.

- Трансивер соединяется с сетевым адаптером интерфейсным кабелем *AUI (Attachment Unit Interface)* длиной до 50 м, состоящим из 4 витых пар (адаптер должен иметь разъем AUI). Наличие стандартного интерфейса между трансивером и остальной частью сетевого адаптера очень полезно при переходе с одного типа кабеля на Другой. Для этого достаточно только заменить трансивер, а остальная часть сетевого адаптера остается неизменной, так как она обрабатывает протокол уровня MAC. При этом необходимо только, чтобы новый трансивер (например, трансивер для витой пары) поддерживал стандартный интерфейс AUI. Для присоединения к интерфейсу AUI используется разъем DB-15.
- Допускается подключение к одному сегменту не более 100 трансиверов, причем расстояние между подключениями трансиверов не должно быть меньше 2,5 м. На кабеле имеется разметка через каждые 2,5 м, которая обозначает точки подключения трансиверов. При подсоединении компьютеров в соответствии с разметкой влияние стоячих волн в кабеле на сетевые адаптеры сводится к минимуму.

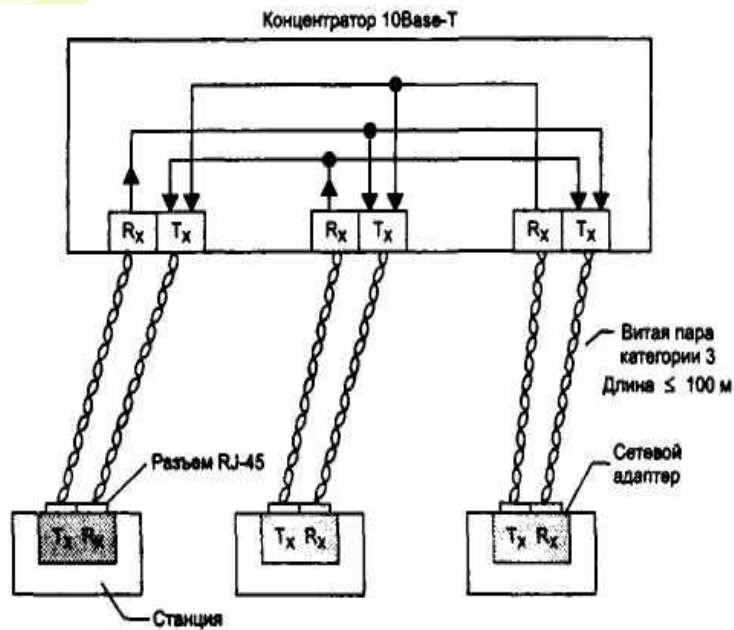
Трансивер — это часть сетевого адаптера, которая выполняет следующие функции:

- прием и передача данных с кабеля на кабель;
- определение коллизий на кабеле;
- электрическая развязка между кабелем и остальной частью адаптера;
- защита кабеля от некорректной работы адаптера.



Структурная схема трансивера

Сеть стандарта 10Base-T: Т, - передатчик; Rх - приемник



Иерархическое соединение концентраторов Ethernet. Правило 4-х хабов

