

Кафедра комп'ютерної інженерії та програмування

Спеціальність - 123 Комп'ютерна інженерія

Освітня програма – Сучасне програмування, мобільні пристрої та комп'ютерні ігри

Рівень вищої освіти - другий (магістерський)

АПАРАТНІ ЗАСОБИ ЛОКАЛЬНИХ ТА ГЛОБАЛЬНИХ МЕРЕЖ

лекційний курс

Розробник Баленко Олексій Іванович

Затверджено протокол засідання кафедри КІП №10 від 18.03.2024 р.

ЗМІСТ

- Тема 1. Вступ. Основні поняття. Зв'язок між локальними та глобальними мережами.
- Тема 2. Мережеві кабелі. Основні види кабелів: коаксіальний, вита пара, оптоволоконний.
- Тема 3. Волоконно-оптичні лінії зв'язку. Фізичні властивості, характеристики, особливості.
- Тема 4. Функції та принцип роботи мережевого адаптера, концентратора, їх класифікація.
- Тема 5. Міст як міжмережеві пристрої зв'язку. Призначення, виконувані функції, побудова, принцип дії, області застосування.
- Тема 6. Шлюз як міжмережеві пристрої зв'язку. Призначення, виконувані функції, побудова, принцип дії, області застосування.
- Тема 7. Маршрутизатор: призначення, виконувані функції, побудова, принцип дії, області застосування.
- Тема 8. Мости-маршрутизатори. Призначення, виконувані функції, побудова, принцип дії.
- Тема 9. Комутатори. Призначення, області застосування, основні виконувані функції.
- Тема 10. Модем, як засіб передачі інформації в комп'ютерній мережі.
- Тема 11. Технологія IP-телефонії. Типова структура IP-телефонної мережі, апаратні засоби.
- Тема 12. Модулі Bluetooth. Їх використання в локальних мережах.
- Тема 13. Апаратні рішення для бездротових мереж різних технологій.
- Тема 14. Популярні та перспективні стандарти та протоколи бездротових сенсорних мереж
- Тема 15. Технологія АТМ (Asynchronous Transfer Mode). Архітектурна модель.

ВСТУП. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ. ЗВ'ЯЗОК МІЖ ЛОКАЛЬНИМИ ТА ГЛОБАЛЬНИМИ МЕРЕЖАМИ.

Успіхи в області напівпровідникової електроніки, що дозволяють інтегрувати на одному кристалі велику кількість різноманітних пристроїв (в тому числі можливість інтеграції аналогових і цифрових схем), досягнення в технології виробництва інтегральних схем (зниження вартості виробництва) сприяють проникненню в повсякденне життя різних електронних пристроїв і систем. Часто вони стають повсякденними і непомітними, проте за кожною з них стоїть праця багатьох людей і технології. Особливо інтенсивно розвиток йде в сфері вбудованих систем і портативних пристроїв, що використовують радіоканал - часто це ті пристрої, які оточують нас в звичайному житті, що працюють в умовах різних обмежень - законодавчих, медичних, вага і розмір. Такі пристрої відносять до класу малопотужних радіопристроїв.

Бездротові системи міцно увійшли в наше життя:

- в побуті це різні мультимедійні системи, вузли знаходяться, бездротові інтерфейси, різноманітні системи моніторингу;

- в промисловості - системи збору даних, автоматизовані та автоматичні системи управління (від систем освітлення, до автоматизації будівель і їх комплексів);

- в транспорті - відстеження вантажів, моніторинг параметрів руху і т.д.

Одним з перспективних секторів ринку є автоматизація в області житлово-комунального господарства (ЖКГ), особливо в області обліку споживання ресурсів. Одним потрібно якомога повніше врахування споживання, іншим важлива динаміка споживання ресурсів і низька вартість впровадження і володіння системою обліку, треті зацікавлені в прозорості процесу формування тарифів і нарахування рахунків.

Основні ресурси, які мають враховуватися - електроенергія, вода, газ, тепло. Системи, що дозволяють автоматично враховувати всі ці ресурси на певному об'єкті або об'єктах, носять назву - автоматизовані системи контролю та обліку енергоресурсів (АСКОЕ). Безумовно, побудова АСКОЕ - завдання не просте, і вимагає індивідуального підходу для кожного випадку, до того ж потрібно рішення як інженерних, так і організаційних завдань.

Зазвичай в АСКОЕ виділяють кілька рівнів:

- рівень збору інформації;
- рівень передачі інформації (сполучний);

- рівень збору, аналізу та зберігання даних.

При цьому маємо зворотну залежність між кількістю окремих пристроїв на кожному з рівнів і потоками даних, з якими їм доводиться оперувати (найбільша кількість пристроїв буде на рівні збору даних, а найбільший потік даних на рівні збору та аналізу даних).

З точки зору вбудованих систем найбільш цікаві перші два рівня. В організаційному плані маємо взаємодію між кінцевими споживачами (квартиронаймачі, юридичні або приватні особи - об'єкти обліку (точніше ресурси, ними споживані)) і одним або декількома посередниками (житлово-експлуатаційні управління - ЖЕУ, керуючі компанії - суб'єкти обліку). В інженерному плані - завдання розміщення датчиків і лічильників, організація транспортування даних, спільної роботи всіх систем обліку. При цьому в даний час практикується як поквартирний, так і побудинкових облік ресурсів.

Розглянемо взаємодію між суб'єктом обліку та кінцевими споживачами. Можна виділити кілька характерних ситуацій, які спостерігаються в населених пунктах.

Кілька багатоквартирних будинків, що обслуговуються одним суб'єктом обліку. Даний випадок є практично ідеальним, так як розташування об'єктів обліку щодо компактне (площа

близько декількох гектар ~ 200x300 метрів), кількість об'єктів також відносно невелике - у районі одиниць тисяч.

Окремі мікрорайони або житлові масиви. Ситуація найчастіше зустрічається в районах новобудов, коли один або кілька кварталів забудовує одне підприємство, в населених пунктах, де це географічно доцільно (наприклад через особливості рельєфу), або в разі існуючих (що існували) районо- і містоутворюючих підприємств. Випадок характерний досить великою площею території - мова може йти про десятки квадратних кілометрів і дуже великою кількістю об'єктів обліку - для невеликого міського мікрорайону ця цифра становить приблизно 30 - 50 тисяч об'єктів.

Котеджні селища, населені пункти сільського типу. Характерні великий займаною площею - в кілька десятків квадратних кілометрів (ситуація може бути ускладнена особливостями рельєфу), відносно невеликою кількістю об'єктів обліку. У разі поквартирного обліку в кожній квартирі встановлюється набір лічильників - електрику, витрати газу, витрати води (окремо холодна, гаряча, можливо каналізація), теплолічильник - тобто близько чотирьох-п'яти пристроїв. Для їх установки необхідна якась система харчування, і середовище передачі даних. Звичайно, в разі новобудов, наявність датчиків можна передбачити і закласти відповідні лінії в СКС будівлі,

але залишається проблема квартир вільного планування і популярної перепланування квартири мешканцями вже після здачі будинку. Для вже експлуатованих будівель існує проблема встановлення лічильників в умовах житлового інтер'єру. Природно, існує певний вибір між дротяними і бездротовими способами передачі даних від окремих лічильників на квартирний, під'їзний або домовик центральний вузол.

Розглянемо докладніше деякі особливості організації АСКОЕ з використанням бездротової передачі даних. Основні проблеми:

- перехід на автономні джерела живлення - високі вимоги по енергоефективності приймачів і керуючих пристроїв - враховується час роботи пристроїв без заміни джерела живлення;
- взаємний вплив радіопристроїв - однотипні пристрої, прилади сигналізації, зв'язку, побутова електроніка - можлива інтерференція сигналів, можливість роботи декількох пристроїв в одному частотному діапазоні, взаємний вплив частотних каналів, селективні можливості приймачів;
- забезпечення надійної постійного зв'язку - наявність перешкод, загасання сигналу з відстанню, багатопроменеве поширення - чутливість приймача, потужність передавача, способи модуляції сигналу;

- забезпечення інформаційної безпеки системи - підміна трафіка, атаки на доступність, придушення сигналу - модуляція сигналу, шифрування трафіку, протоколи обміну.

На даний момент більш цікавим для реалізації бездротового обміну даними в АСКОЕ представляється низькочастотна частина ISM діапазону, а саме частоти менше 1 ГГц. Причини цього наступні:

- в діапазоні 2,4 ГГц присутня велика кількість пристроїв - комп'ютери і бездротове мережеве обладнання, бездротові навушники, гарнітури, системи типу "розумний будинок";
- сигнали з частотами менше 1 ГГц менше схильні до впливу перешкод у вигляді стін, будинків, дерев;
- при рівних потужностях можуть забезпечити більш впевнений прийом даних (зменшення частоти передачі в два рази приблизно в стільки ж збільшує дальність (формула Фріза)).

В даний час спостерігається стійка тенденція до переходу на автоматизовані системи обліку ресурсів. У цьому зацікавлені і споживачі ресурсів, і постачальники ресурсів, а також компанії, що займаються розподілом ресурсів. Найбільш часто зустрічається в повсякденному житті прояв цієї тенденції - установка індивідуальних лічильників витрати ресурсів - холодної та гарячої води, електрики, газу, тепла. Це дозволяє кінцевому споживачеві оптимізувати власні комунальні

витрати - не секрет, що платити "за середнім", як це було років десять тому, зараз вже не вигідно і все частіше споживачі, крім звичних лічильників електроенергії встановлюють додатково лічильники води, газу або тепла. Більш того, при будівництві нових багатоквартирних будинків подібні лічильники встановлюються на окремі під'їзди або будинку в цілому. Надалі це дозволяє керуючим компаніям формувати рахунки саме по спожитим даними будинком ресурсів, отримуючи можливість детально звітувати перед постачальниками ресурсів (і, відповідно, не платити за втрати ресурсів, які були не з вини споживача - витоку води або тепла, втрати електроенергії). У загальному випадку лічильники споживання ресурсів можна розділити на дві великі категорії - лічильники електроенергії та витратоміри - рис. 1.

У багатьох випадках компанії, що надають комунальні ресурси встановлюють т.зв. інтелектуальні лічильники, які забезпечують більш низькі експлуатаційні та капітальні витрати, підтримують нові послуги і покращують оперативне управління. До завдань таких лічильників ставиться автоматичне зчитування та зберігання показань, передача накопичених або оперативних даних, захист від несанкціонованих дій. На основі аналізу накопичених даних згодом можливе формування тарифних планів, наприклад з урахуванням розподілу інтенсивності

споживання ресурсів протягом дня, тижня, місяця, сезонні коливання. Типова структура інтелектуального лічильника представлена на рис. 2 (лічильник електроенергії).



Рис. 1 Орієнтовна класифікація лічильників витрати ресурсів

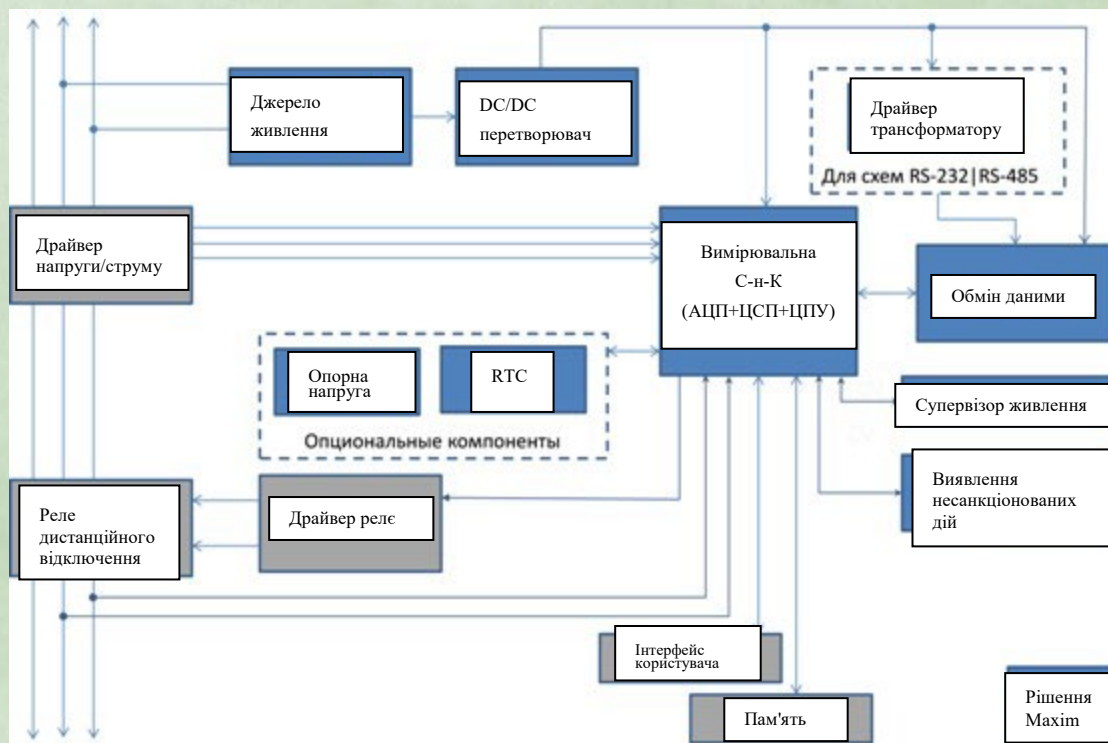


Рис. 2. Типова структура інтелектуального лічильника електроенергії

Однією з основних проблем при впровадженні інтелектуальних лічильників енергоресурсів є інтеграція окремих лічильників в мережу для централізованого збору даних. Єдиного рішення цього завдання, мабуть, не існує. Практично в кожному випадку рішення підбирається

індивідуально. Але можна відзначити наступне - для багатоквартирних будинків можлива побудова системи збору даних обліку, що використовує існуючі канали зв'язку, наприклад канали Інтернет провайдерів, телефонні мережі, також можлива передача інформації по лініях електроживлення. Для районів індивідуальної забудови одним з можливих рішень є використання для збору даних системи стільникового зв'язку та інших бездротових рішень.

У будь-якому з цих варіантів залишається проблема збору та передачі локальних даних, наприклад, даних лічильників в межах однієї квартири, сходової площадки або будинку. Одним із прикладів завдання в цій галузі - простий монітор споживання ресурсів, можливо з можливістю зберігання історії, що відображає поточне значення декількох лічильників. Багато з приватних споживачів повинні до певної дати повідомити показання своїх лічильників (особливо лічильників витрати води, споживання тепла) керуючої компанії. В якості носія даних зручніше вибрати радіоканал, що дозволяє не залежати від розташування датчиків і центрального вузла. При цьому для не ліцензована додатків можлива робота в т.зв. ISM діапазоні частот.

Витрати на бездротові вузли АСКОЕ:

- антена;
- приймач;

- керуючий контролер;
- інтерфейс узгодження з лічильником (як правило, лічильники використовують інтерфейс 485);
- джерело живлення (акумуляторна батарея).

Бездротовий канал передачі даних між вузлами мережі представимо в традиційному вигляді: джерело / приймач даних, приймач (в ряді випадків тільки приймач або тільки передавач), антенний підсилювач (може бути відсутнім або бути частиною приймача), антена і саме середовище передачі.

Дальність зв'язку

Одним з факторів, тісно пов'язаних, а в деяких завданнях і впливають на топологію мережі і вибір протоколу передачі даних - це граничне відстань, на які можна рознести вузли в мережі при збереженні стійкого зв'язку і необхідної швидкості обміну даними (хоча б на мінімальних значеннях, що влаштовують додаток).

Відстань між вузлами можна оцінити виходячи з відомостей про вихідної потужності передавача, чутливості приймача і характеристик антен з урахуванням емпіричних відомостей.

Для теоретичних оцінок використовується формула Фріза для вільного простору:

$$P_r = P_t + G_t + G_r + 20 \log \left(\frac{\lambda}{4\pi} \right) - 20 \log d \quad 1)$$

или

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r}{(4\pi d)^2}$$
$$d = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_t}{P_r}} \quad 2)$$

де

- P_t - потужність передатчику;
- P_r - чутливість приймача;
- G_t, G_r - коефіцієнти посилення передавальної або приймальної антен відповідно;
- d - відстань між вузлами;
- λ - довжина хвилі.

Формула (1) має назву енергетичного бюджету каналу зв'язку (або просто бюджет каналу).

В реальній ситуації розрахована дальність передачі буде трохи нижче через різних ефектів поширення сигналу (розсіювання, дисперсія, багатопроменеве поширення і ін.). Оскільки

врахувати всі або хоча б частину ефектів практично не реально, користуються емпіричними правилами (правила наближеного рахунки), що дозволяють зробити необхідні оцінки.

Найбільш важливими факторами для вузлів мережі є характеристики антени - коефіцієнт посилення, діаграма спрямованості, чутливість до предметів в ближній зоні і ін. Сильно також впливає реалізація передачі даних в різних мережевих технологіях (рис. 1-2).

Енергоспоживання

Енергоспоживання вузлів мережі є важливим для систем з автономним живленням, а також в рамках загальної тенденції до переходу на енергозберігаючі технології.

Крім технічних характеристик мікросхем приймачів, мікроконтролерів і інших вузлів бездротових модулів на енергоспоживання істотно впливає режим роботи мережевого додатки, інтенсивність обміну даними рис. 3.

Виділяють режими роботи з інтенсивним робочим циклом і з малою інтенсивністю обміну. У додатках з інтенсивним робочим циклом основна частка енергоспоживання припадає на радіоінтерфейс - прийом / передача пакетів, синхронізація і автопідстройка частоти. При цьому, в разі переважання в трафіку довгих пакетів, домінує споживання приймача, в разі переважної

передачі коротких пакетів на перший план виходить споживання схем ініціалізації родючості і автокалібровки частоти.

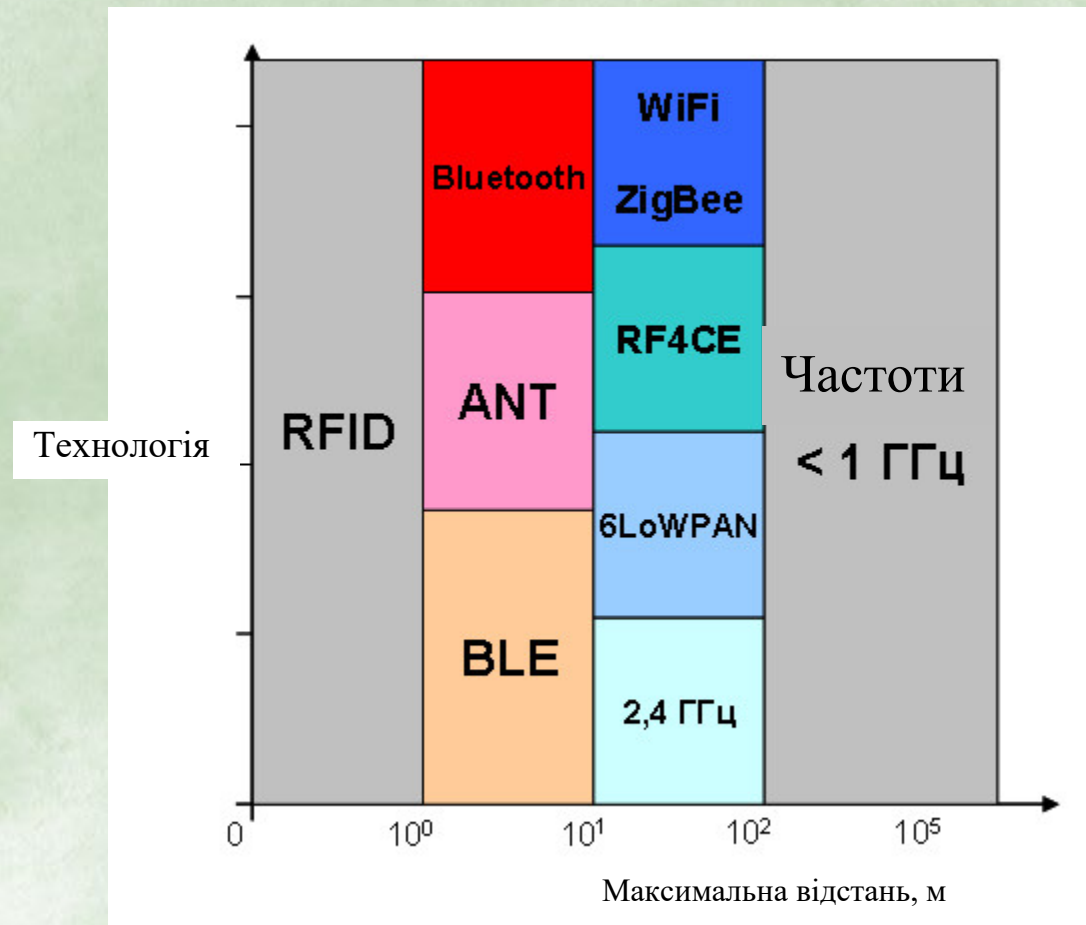


Рис. 3. Дальність зв'язку, що забезпечується різними бездротовими технологіями

У додатках з малою інтенсивністю обміну починають грати роль такі показники, як наявність і ефективність режимів зниженого енергоспоживання мікросхем датчиків, мікроконтролерів і приймачів рис. 4.

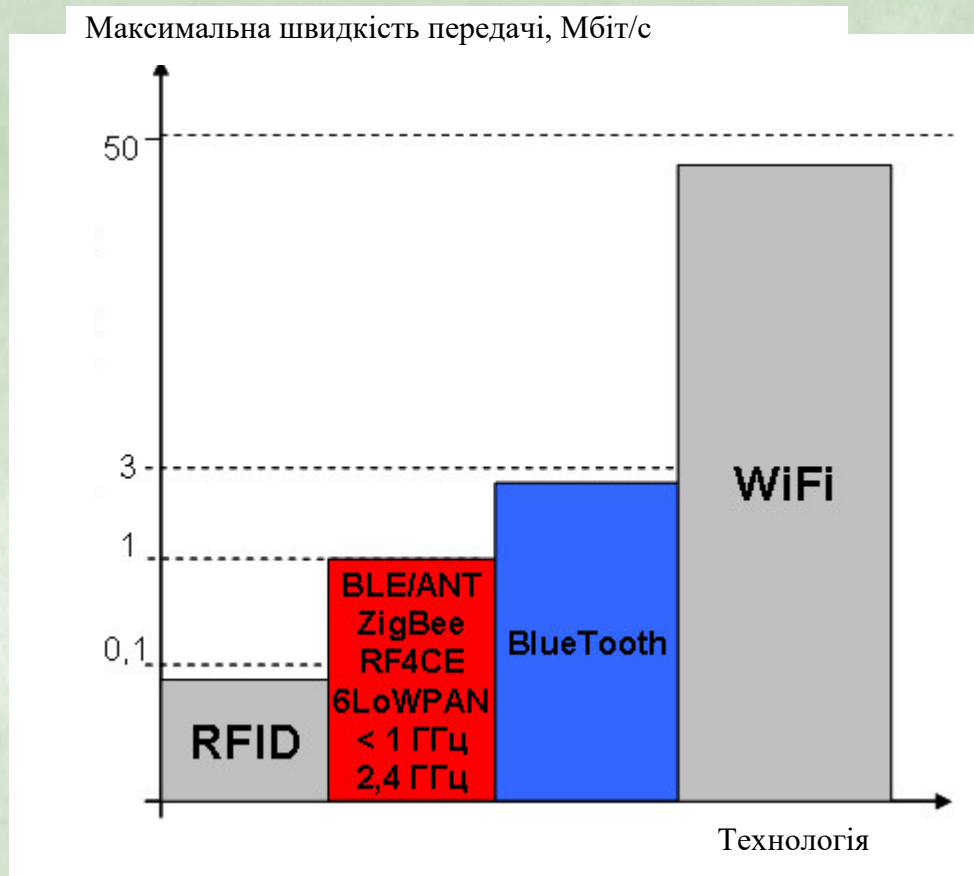


Рис. 4. Діапазон швидкостей передачі даних в бездротових технологіях

Типовий профіль енергоспоживання бездротового вузла представлений на рис. 5 (абсолютні величини наведені для пристрою діапазону менше 1 ГГц, для пристроїв діапазону 2,4 ГГц струми споживання будуть приблизно в два рази вище). При цьому відносний рівень споживання пристроїв, що відрізняються за технологіями реалізації можна оцінити по рис. 6.

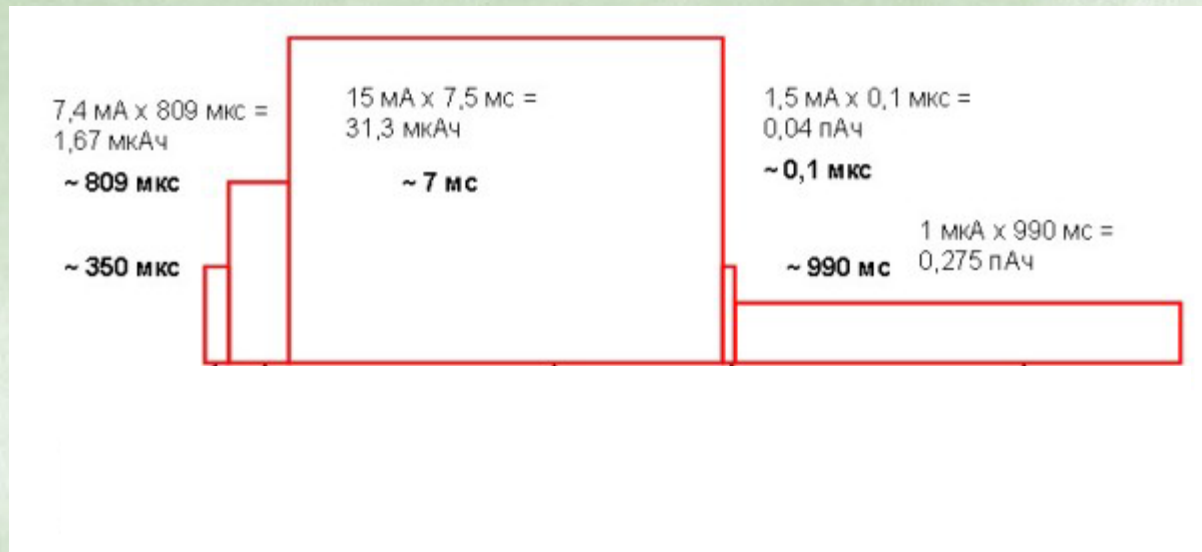


Рис. 5. Приклад профілю енергоспоживання бездротового вузла

Найчастіше виробниками пропонуються декілька видів продуктів з низьким енергоспоживанням для бездротових систем з усім необхідним програмним і апаратним забезпеченням. Фактично це позбавляє розробників від необхідності застосування спеціалізованих протоколів для зниження енергоспоживання - ця частина проблеми вирішується на рівні компонентів.

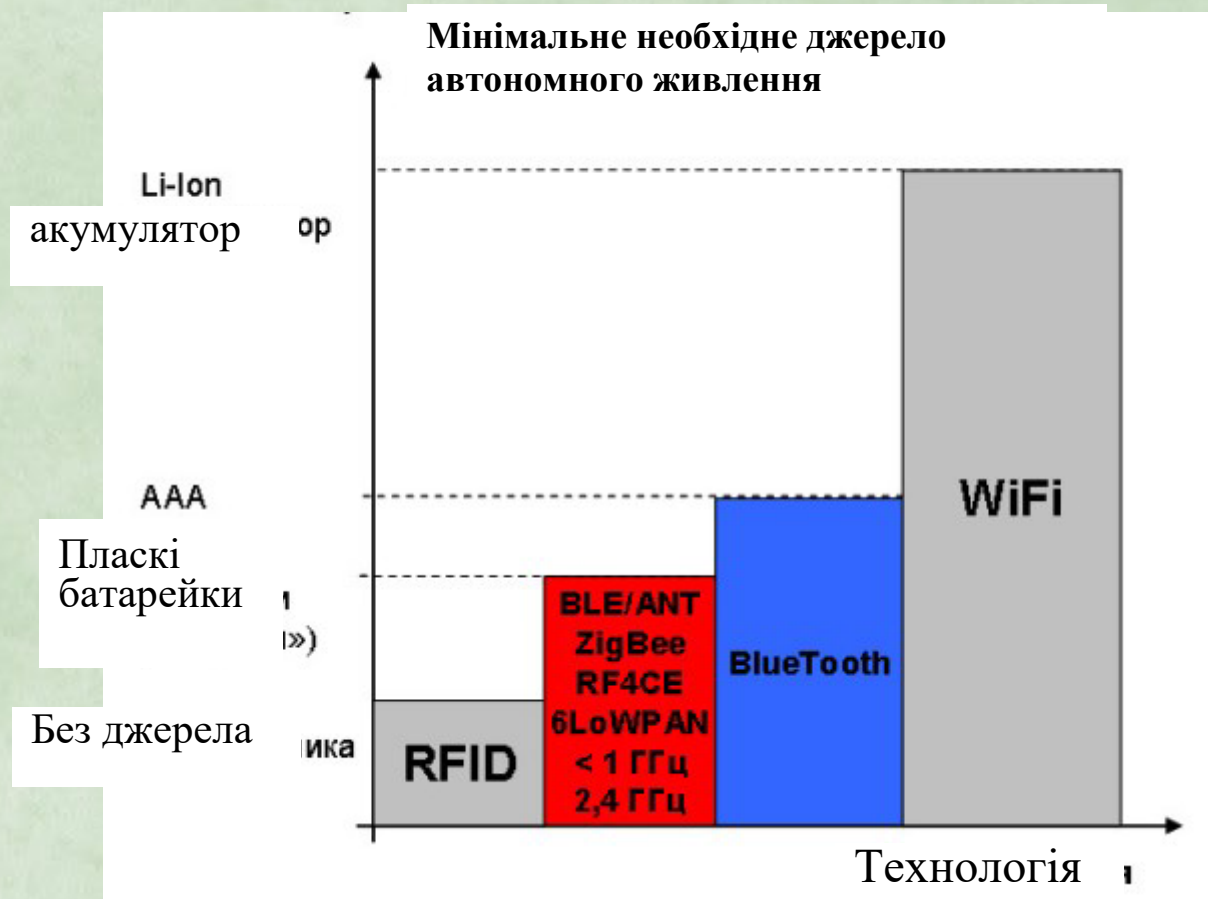


Рис. 6. Мінімальні вимоги до джерел живлення бездротових вузлів різних технологій

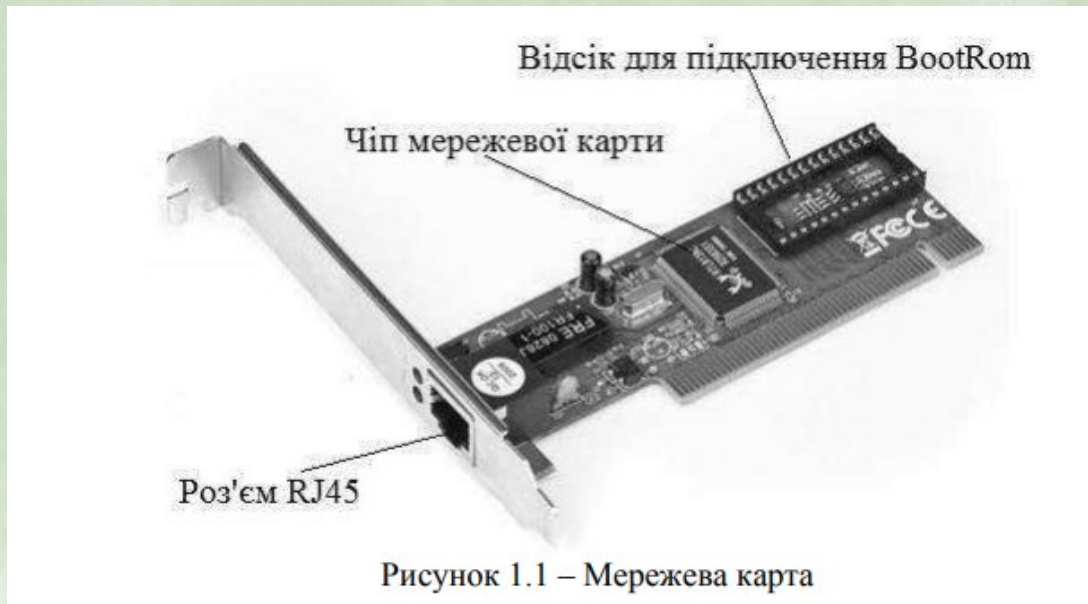
МЕРЕЖЕВІ КАБЕЛІ. ОСНОВНІ ВИДИ КАБЕЛІВ: КОАКСІАЛЬНИЙ, ВИТА ПАРА, ОПТОВОЛОКОННИЙ.

У якості засобів комунікації найбільше часто використовуються вита пара, коаксіальний кабель і оптоволоконні лінії. При виборі типу кабелю враховують наступні показники:

- Вартість монтажу та обслуговування;
- Швидкість передачі інформації;
- Обмеження на величину відстані передачі інформації (без додаткових підсилювачів-повторювачів (репітерів));
- Безпека передачі даних.

Головна проблема полягає в одночасному забезпеченні цих показників, наприклад, найвища швидкість передачі даних обмежена максимально можливим відстанню передачі даних, при якому ще забезпечується необхідний рівень захисту даних. Легка нарощуваність, простота розширення кабельної системи впливають на її вартість і безпеку передачі даних. 1.1

Мережеві карти відповідають за передачу інформації між одиницями мережі. Будь-яка мережева карта складається з роз'єму для мережевого провідника і мікропроцесора, що кодує/декодує мережні пакети, а також допоміжних програмно-апаратних комплексів і служб. Кожна карта має свій MAC-адрес - унікальний ідентифікатор пристрою.



Коаксіальний кабель Коаксіальний кабель має середню ціну, добре завадозахищений і застосовується для зв'язку на великі відстані (декілька кілометрів).



Рисунок 1.2 – Коаксіальний кабель

Швидкість передачі інформації від 1 до 10 Мбіт/с, а в деяких випадках може досягати 50 Мбіт/с. Коаксіальний кабель використовується для основної і широкопasmової передачі інформації.

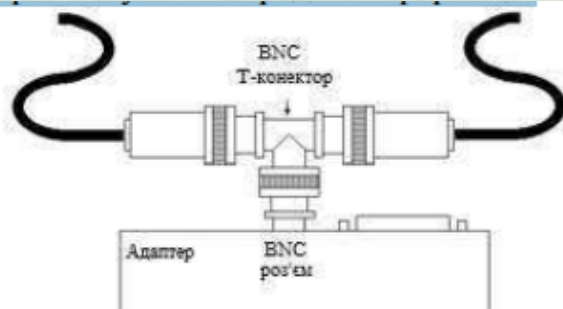


Рисунок 1.3 – Приєднання адаптера до тонкого коаксіального кабелю

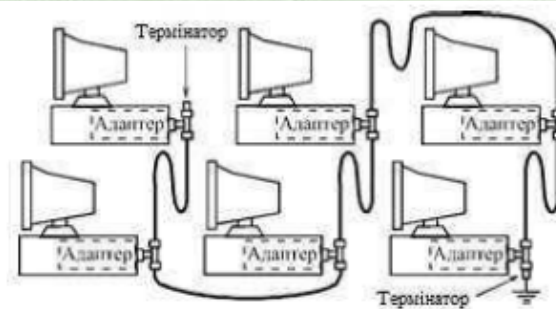


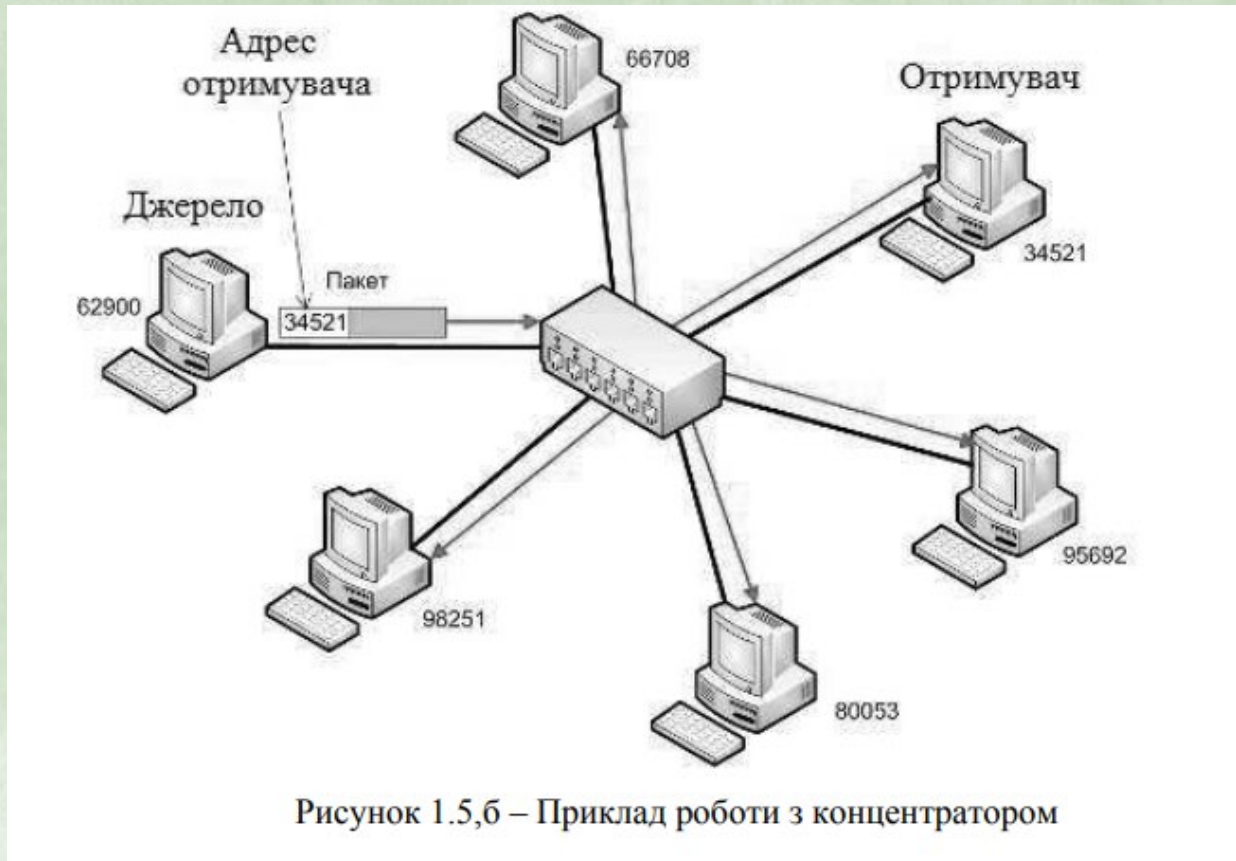
Рисунок 1.4 – З'єднання комп'ютерів мережі тонким кабелем

Мінімальний набір обладнання для односегментної мережі на тонкому кабелі повинен включати в себе наступні елементи: • мережеві адаптери (за кількістю поєднаних у мережу комп'ютерів) - (англ. network interface card) - периферійний пристрій, що дозволяє комп'ютеру взаємодіяти з іншими пристроями мережі; • відрізки кабелю з BNC-роз'ємами на обох кінцях, загальна довжина яких достатня для об'єднання всіх комп'ютерів; • BNC T-коннектори (по числу мережевих адаптерів) (рис.1.5,а) (призначений для з'єднання трьох кабелів); • один BNC термінатор без заземлення (термінатор - поглинач енергії на кінці довгої лінії, опір якої дорівнює хвильовому опору даної лінії) (рис.1.5,б); • один BNC термінатор із заземленням (рис.1.5,в).



Якщо мережа створюється з декількох сегментів з використанням репітерів і концентраторів, то треба враховувати, що деякі концентратори мають вбудовані 50-омні термінатори (іноді -

відключаються), що спрощує проблеми узгодження. Концентратор – це з'єднувальний компонент, до якого підключають усі комп'ютери в мережі за топологією «зірка» (рис.1.5, б)



Ethernet-кабель (RG-8, 10Base5) Ethernet- кабель також є коаксіальним кабелем з хвильовим опором 50 Ом (рис.1.6).



Рисунок 1.6 – Загальний вигляд Ethernet-кабелів (RG-8, 10Base5)

Його називають ще товстий Ethernet (англ. thick) або жовтий кабель (англ. yellow cable). Він використовує 15-контактне стандартне включення. Внаслідок заводозахищеності є дорогою альтернативою звичайним коаксіальним кабелям. Середня швидкість передачі даних 10 Мбіт/с. Максимально доступна відстань без повторювача не перевищує 500 м, а загальна відстань мережі Ethernet - близько 3000 м. Ethernet - кабель, завдяки своїй магістральній топології, використовує в кінці лише один навантажувальний резистор.

1.1.3 Cheapernet-кабель (RG-58, 10Base2) Більш дешевим, ніж Ethernet-кабель є з'єднання Cheapernet-кабель (RG58) (рисунок 1.7) або, як його часто називають, тонкий (англ. thin) Ethernet. Це також 50-омний коаксіальний кабель зі швидкістю передачі інформації в 10 Мбіт/с. При з'єднанні сегментів Cheapernet-кабелю також потрібні повторювачі. Обчислювальні мережі з Cheapernet-кабелем мають невелику вартість і мінімальні витрати при нарощуванні. З'єднання мережевих плат проводиться за допомогою

широко використовуваних малогабаритних байонетних роз'ємів (CP-50) (рисунок 1.8) (байонет – тип з'єднання).



Рисунок 1.7 – Загальний вигляд Chearernet-кабелю (RG-58, 10Base2)

Додаткове екранування не потрібно. Кабель приєднується до ПК за допомогою трійникових з'єднувачів (T-connectors). Відстань між двома робочими станціями без повторювачів може становити максимум 300 м, а мінімум - 0,5 м, загальна відстань для мережі на Chearernet-кабелю - близько 1000 м. Приймач Chearernet розташований на мережевий платі як для гальванічної розв'язки між адаптерами, так і для підсилення зовнішнього сигналу

1.1.4 Широкопосмуговий

коаксіальний кабель Широкопсмуговий коаксіальний кабель (рисунок 1.9) несприйнятливий до завад, легко нарощується, але ціна його висока



Рисунок 1.8 – Загальний вигляд роз'ємів типу CP-50



Рисунок 1.9 – Загальний вигляд широкопasmового коаксiального кабелю RG-59 (75 Ом): жила - 24 AWG(0.6 мм, мiдь, багатожильний), зовн. дiам. - 6.1 мм, екран (сiтка 95%), легкий, гнучкий

Швидкiсть передачi iнформацiї дорiвнює 500 Мбiт/с. При передачi iнформацiї в базисноi смузi частот на вiдстань бiльше 1,5 км потрiбно пiдсилювач, або так званий репiтер (англ. repeater - повторювач). Тому сумарну вiдстань при передачi iнформацiї збiльшується до 10 км. Для обчислювальних мереж з топологiєю типу «шина» або «дерево» коаксiальний кабель повинен мати на кiнцi узгоджувальний резистор (термiнатор). 1.1.5 Витя пара (10BaseT) Найбiльш дешевим кабельним з'єднанням є витя двожильнопровiдне з'єднання часто зване «витою парою» (англ. twisted pair) (рис. 1.10). Вона дозволяє передавати iнформацiю зi швидкiстю до 10 Мбiт/с,

легко нарощується, проте є незахищеною. Довжина кабелю не може перевищувати 1000 м при швидкості передачі 1 Мбіт/с. Перевагами є низька ціна і безпроблемна установка. Неекранована кручена пара складається з восьми проводів. Кожен провід ізольований окремо; всі вісім проводів зібрані в чотири звиті пари. Завивка проводів запобігає перехресним перешкодам, що наводяться сусідніми парами і зовнішніми джерелами. Всі чотири пари поміщені в загальну оболонку.



Рисунок 1.10 – Вита пара

З кабелями типу «вита пара» використовуються роз'єми RJ45 (рис.1.11), ті ж, що і у стандартних телефонних кабелів, тільки з вісьмома контактами замість чотирьох або шести.

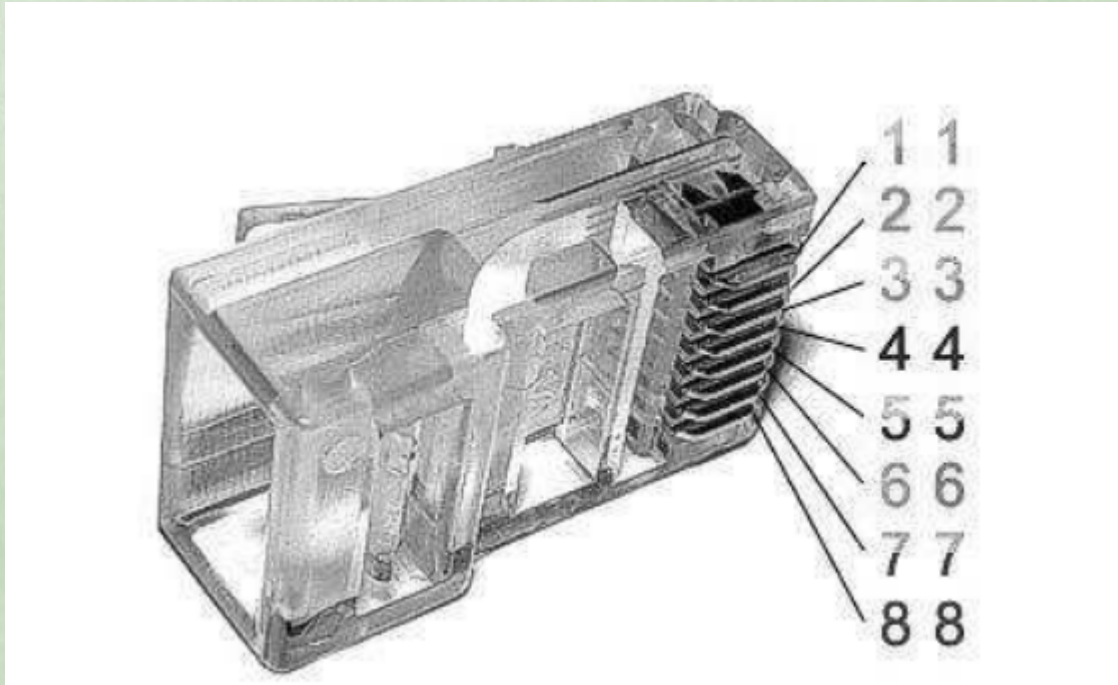


Рисунок 1.11 – Загальний вигляд роз'єму RJ45

Для підвищення завадозахищеності інформації часто використовують екрановану виту пару, тобто виту пару, вміщену в екрану оболонку, подібно екрану коаксіального кабелю. Це збільшує вартість вити пари і наближає її ціну до ціни коаксіального кабелю. У телефонних мережах вита пара використовується вже не одне десяти - річчя, а ось до комп'ютерних мереж її пристосували відносно недавно.

Вита пара витіснила коаксіальний кабель зі світу ЛОМ завдяки кільком явним перевагам. По-перше, кабель «вита пара» складається з восьми окремих проводів, що робить його гнучкіше коаксіального і, відповідно, полегшує його укладання. По-друге, до прокладання кабелів для ЛОМ можна сміливо залучати тисячі готових кваліфікованих монтажників телефонних кабелів. У нових будівлях часто телефонний і мережевий кабелі одночасно укладає один і той же підрядник. Мінімальний набір обладнання для мережі на витій парі включає в себе наступні елементи:

- мережеві адаптери (за кількістю поєднаних у мережу комп'ютерів), що мають UTP-роз'єми RJ-45;
- відрізки кабелю з роз'ємами RJ-45 на обох кінцях (по числу об'єднуються комп'ютерів);
- один концентратор, що має стільки UTP-портів з роз'ємами RJ-45, скільки необхідно об'єднати комп'ютерів.

ВОЛОКОННО-ОПТИЧНІ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ. ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОСОБЛИВОСТІ.

Оптоволоконні (волоконно-оптичні кабелі) використовуються передачі інформації з допомогою світлового променя. Передача інформації по волоконно-оптичному кабелю має низку переваг перед передачею по мідному кабелю.

Широка смуга пропускання – порівняно з електромагнітним середовищем. Одне волокно, що працює на довжині хвилі 1300 або 1550 нм, має потенційно ширину смуги 20 ТГц (2×10^{12}). Це дає можливість передачі по одному оптичному волокну потоку інформації зі швидкістю кілька терабіт на секунду. Це достатньо розміщення приблизно 250 мільйонів каналів зі швидкістю передачі 64 Кбіт/с.

Мале згасання світлового сигналу у волокні . Промислове оптичне волокно, що випускається в даний час вітчизняними та зарубіжними виробниками, має згасання 0,2-0,35 дБ/км на довжині хвилі 1300 і 1500 нм. При допустимому згасанні 20 дБ максимальна відстань між підсилювачами чи повторювачами становить близько 100 км і більше.

Низький рівень шумів у волоконно-оптичному кабелі дозволяє збільшити смугу пропускання шляхом передачі з використанням різної модуляції сигналів без захисту і контролювати правильність прийнятої інформації тільки в кінцевих терміналах. Це спрощує алгоритми обробки та ще більше збільшує реальну швидкість передачі.

Захищеність від електромагнітних перешкод. Оскільки волокно виготовлено з діелектричного матеріалу, воно несприйнятливим до електромагнітних перешкод з боку навколишніх мідних кабельних систем та електричного обладнання, здатного індукувати електромагнітне випромінювання (лінії електропередачі, електродвигуни і т.д.). У багатоволоконних кабелях також немає проблеми перехресного згасання.

Невелика вага та обсяг. Волоконно-оптичні кабелі мають меншу вагу та об'єм у порівнянні з мідними кабелями в розрахунку на ту саму пропускну здатність. Наприклад, 900-парний телефонний кабель діаметром 7,5 см, може бути замінений одним волокном з діаметром 0,1 см. Якщо волокно "одягнути" у безліч захисних оболонок і покрити сталеву стрічкову броню, діаметр такого кабелю буде 1,5 см, що у кілька разів менше телефонного кабелю, що розглядається.

Висока безпека від несанкціонованого доступу . Оскільки оптоволоконний кабель практично не випромінює в радіодіапазоні, інформацію, що передається важко підслухати, не порушуючи прийому/передачі. Більш того, несанкціоновані відводи (див. розділ "Оптичні з'єднувачі") в оптичній системі реалізуються складніше, і вимагають підключення за допомогою складного обладнання. Несанкціоновані підключення в оптичній мережі найпростіше виявляються. Системи, що відстежують якість світлових сигналів, що поширюються (як по різних волокнах, так і різної поляризації), мають дуже високу чутливість до коливань, до невеликих перепадів тиску. Тому оптичні системи зі стеженням за якістю сигналу особливо необхідні для створення ліній зв'язку в урядових, банківських та деяких інших спеціальних службах, що висувають підвищені вимоги до захисту даних.

Гальванічна розв'язка елементів мережі . Ця перевага оптичного волокна полягає в його ізолюючій властивості. Оптоволоконні кабелі не вимагають заземлення оболонки, що захищає від "блукаючих струмів" та високовольтних наведень по "землі", при яких може виникнути велика різниця потенціалів, що для електромагнітних кабелів може призвести до пошкодження мережного обладнання.

Пожежна безпека . Через відсутність іскроутворення оптичне волокно підвищує безпеку мережі на хімічних, нафтопереробних підприємствах при обслуговуванні технологічних процесів підвищеного ризику.

Зменшення вимог до лінійно-кабельних споруд . Волоконно-оптичні кабелі звільняють переповнені кабельні трубопроводи. Як уже зазначалося вище, волоконно-оптичні кабелі мають менший обсяг у розрахунку на ту саму пропускну здатність, у зв'язку з чим переповнення кабельних трубопроводів стає малоймовірним, навіть за інтенсивного зростання широкосмугових послуг.

Економічність волоконно-оптичного кабелю . Волокно виготовлене з кварцу, основу якого становить двоокис кремнію, широко поширеного, тому недорогого матеріалу, на відміну міді. В даний час вартість волокна по відношенню до мідної пари визначається як 2:5. При цьому волоконно-оптичний кабель дозволяє передавати сигнали великі відстані без ретрансляції. Кількість повторювачів на довгих лініях скорочується при використанні волоконно-оптичного кабелю. Сучасні системи передачі дозволяють досягти дальності близько 400 км. тільки з використанням оптичних підсилювачів на проміжних вузлах при швидкості передачі вище 10 Гбіт/с.

Тривалий термін експлуатації . Згодом волокно зазнає деградації. Це означає, що згасання у прокладеному кабелі поступово зростає. Однак завдяки досконалості сучасних технологій виробництва оптичних волокон цей процес значно уповільнений, і термін служби волоконно-оптичного кабелю становить приблизно 25 років. За цей час може змінитися кілька поколінь стандартів приймально-передаючих систем. Терміни старіння оптичних кабелів набагато більші, ніж терміни деградації електромагнітних кабельних споруд.

Принципи роботи оптоволоконних кабелів

Електромагнітний спектр

Частина електромагнітного спектру, яка призначена для волоконного оптичного зв'язку - у межах інфрачервоної складової світла, спектрально розташована між НВЧ діапазоном та видимою частиною спектра. Інфрачервоний означає, що він лежить нижче червоного світла" від латинського слова "інфра". Інфрачервона частина спектру починається "нижче" червоної

частини спектру, приблизно в 700 нм довжини хвилі. інфрачервоного спектру найчастіше використовується для оптичного волоконного зв'язку - від 850 нм до 1625 нм.

Таблиця 1. Позначення діапазонів, що використовуються під час оптичного зв'язку

Діапазон у нанометрах	Позначення діапазону	Назва діапазону
1260 – 1360	O – band	Початковий(original)
1369 - 1460	E – band	Розширений
1460 – 1530	S – Band	Короткохвильовий
1530 – 1565	C-band	Звичайний
1565 – 1625	L-band	Довгохвильовий
1625 - 1675	U – band	Ультра Довгохвильовий

Використання електромагнітного спектру для оптичного волоконного зв'язку тісно пов'язане з показниками згасання скляного волокна в областях інфрачервоного спектра. Ці області з низьким оптичним загасанням, названі вікнами прозорості ¹ залежать від матеріалів, з

яких виготовляється оптичне волокно (добавками, що поліпшують властивості волокна). Найраніші системи були розроблені на основі волокна з використанням кварцу. Перше вікно в оптичному волокні призначалося для роботи приблизно 850 нм. Запропоноване незабаром друге вікно в області 1310 нм (S-band) мало нижче згасання порівняно з першим (завдяки додаванню діоксиду германію). Далі третє вікно області 1550 нм (C -band), з низькими оптичними втратами. Сьогодні є також доступним четверте вікно в області, близько 1625 нм (L -band). Ці чотири вікна показано на рис.2

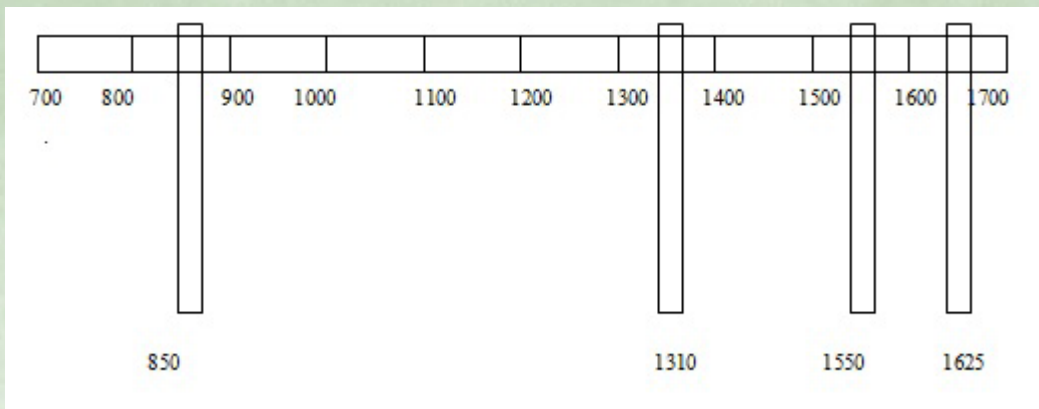


Рис. 1. Вікна прозорості

Конструкція оптоволоконного кабелю

Оптоволоконний кабель містить три основні елементи:

- обплетення;
- оболонка;
- серцевина.

Серцевина, волоконний світлопровідний елемент оточений оболонкою, яка має менший показник заломлення світла. Це призводить до того, що більшість світлових променів у серцевині відбиваються всередину серцевини. Чи потрапить промінь знову всередину серцевини, залежить від кута, під яким він перетинає кордон "серцевина-оболонка" (числова апертура ²). Якщо промінь входить під занадто гострим кутом до поверхні оболонки, він поглинається. Поглинання може відбуватися при зміні оболонки, наприклад, при згинах оптокабелю або при неправильному зрощуванні волокон. При побудові мереж використовують багатожильні кабелі. У центрі розташований сталевий трос для зміцнення кабелю, а зовнішня поверхня покрита сталевим обплетенням для захисту від дій.

Багатомодові волокна

При відображенні променя під певним кутом з'являється інший промінь - "вторинна мода". Такі промені можуть бути використані для організації другого шляху перенесення інформації.

Оптичні волокна, у яких допускається проходження променів до приймача численними шляхами, називаються багатомодовими . У порівнянні з одномодовими кабелями (діаметр серцевини 8,5 або 9,5 мкм) багатомодові кабелі мають більший діаметр (50/62/5 мкм при діаметрі оболонки 125 мкм). Більший діаметр серцевини полегшує їх виготовлення.

Багатомодова дисперсія Звернемо увагу, що відбитий промінь проходить більший шлях, отже, проходження інформації дещо сповільнюється. Запізнювальні промені призводять до розширення імпульсів, що передаються . Величина цього розширення прямо пропорційна ширині імпульсу і обернено пропорційна швидкості передачі. Отже, багатомодова дисперсія обмежує пропускну спроможність оптичного кабелю, яка характеризується коефіцієнтом широкопasmового зв'язку (BDF — Bandwidth Distance Factor). Типове значення BDF у багатомодових кабелів змінюється від 200 до 800 МГц/км. Одномодові волокна широкопasmові, їх значення BDF дорівнює від 50-100 ГГц/км. Такий ефект спостерігається у про волокон зі ступінчастим показником заломлення. Це волокна, у яких на межі " оболонка-серцевина" відбувається стрибок коефіцієнта заломлення. Найкращі показники BDF у волокна з плавною зміною, показника заломлення від максимального в центрі до мінімального по краях. Таким чином, промені, що проходять ближче до центру, поширюватимуться із затримкою, порівняно з

променями, що проходять його краями. Тому швидкості всіх променів вирівнюються і промені прибувають до приймача з однаковою затримкою. Волокна з показником заломлення, що змінюється, за вказаним вище законом називаються градієнтними волокнами і мають коефіцієнт широкосмуговості на два порядки більше, ніж волокна зі ступінчастим показником.

Згасання сигналу в оптичному волокні

Згасання вимірюється в дБ/км і визначається втратами поглинання або розсіювання випромінювання в оптичному волокні. Втрати поглинання залежить від прозорості матеріалу, з якого виготовлено волокно. Втрати на розсіювання залежить від неоднорідності заломлення матеріалу. Згасання сигналу за певної марки кабелю на одиницю довжини лінії залежить від довжини хвилі сигналу на рис.6. У сучасних оптичних волокнах найнижче згасання спостерігається на двох довжинах хвилі - 1300 і 1550 нм, тому що в цих діапазонах найбільша прозорість кварцу, з якого робиться волокно.

Таблиця 2. Параметри оптичного кабелю

Тип оптичного кабелю	d/D мкм	NA	Погонне згасання дБ/км
----------------------	---------	----	------------------------

			850 нм	1350 нм	1550 нм
Одномодовий	9,5/125	0,15	-	0,4	0,3
Багатомодовий градієнтний	50/125	0,2	2,5	0,7	-
	62,50/125	0,275	3	1	-
	80/125	0,28	3,5	1,5	-
	100/140	0,4	5	-	-
Багатомодовий східчастий	200/280	0,4	5	-	-
	200/280	-	6	-	-

Примітка: d/D – відношення діаметра серцевини до діаметра оболонки, NA – числова амплітуда

Хроматична дисперсія (Chromatic Dispersion)

Хроматична дисперсія виникає у разі, якщо світловий сигнал складається з хвиль різних довжин. Хроматична дисперсія - один з механізмів, що лімітують смугу пропускання волоконно-оптичних кабелів, що погіршують поширення імпульсів сигналу, що складається з різних кольорів світла, що проходить (некогерентність сигналу). Різні довжини хвиль поширюються з

різною швидкістю. Хоча більшість оптичних джерел мають однаковий діапазон світлового променя, кожна хвиля з різною довжиною прибуває за різний час, і тому виявляється, що імпульс, що передається, розмивається. Кількісно дисперсія вимірюється щодо швидкості поширення хвиль з різною довжиною, що входять у світловий сигнал. Велика дисперсія означає, що хвилі поширюються з великою різницею за швидкістю. Низька дисперсія показує, що сигнали, суміжні довжиною хвилі, поширюються приблизно з однаковою швидкістю. Упорядкування дисперсії у тому, щоб знизити різницю поширення сигналів різної довжини хвилі у всьому діапазоні. Хроматична дисперсія складається з матеріальної та хвильової складових і відбувається при поширенні як в одномодовому, так і багатомодовому волокні. Проте найвиразніше вона проявляється в одномодовому волокні, через відсутність міжмодової дисперсії. Матеріальна складова відбиває залежність показника заломлення волокна від довжини хвилі. У вираз дисперсії одномодового волокна входить характеристика матеріалу, саме залежності показника від довжини хвилі.

$$\tau_{mat}(\Delta\lambda) = \Delta\lambda \times L \times M(\lambda),$$

де

- $\tau_{mat}(\Delta\lambda)$ - Дисперсія, виражена в пікосекунд на км на нанометр (пс / км • нм);
- $M(\lambda)$ - диференціальна залежність показника заломлення від довжини хвилі (або коефіцієнт дисперсії волокна) у пс/км;
- $\Delta\lambda$ - Спектр джерела в нанометрах (нм);
- L - довжина кабеля.

У вираз дисперсії одномодового волокна входить показник заломлення матеріалу, саме — диференціальна залежність показника від довжини хвилі $M(\lambda)$. Ця складова визначається швидкістю (диференціалом) зростання чи зменшення показника заломлення залежно від довжини хвилі. Зі збільшенням довжини хвилі цей показник може бути позитивним (коефіцієнт заломлення зростає) або негативним (коефіцієнт заломлення зменшується).

Хвильова дисперсія визначається часом поширення сигналу залежно від довжини хвилі. Диференціал такої функції завжди позитивний (час поширення зі збільшенням довжини хвилі лише зростає).

$$\tau_w(\Delta\lambda) = \Delta\lambda \times L \times N(\lambda),$$

де

- $\tau_{mat}(\Delta\lambda)$ - Дисперсія, виражена в пікосекунд на км на нанометр (пс / км • нм);

- $N(\lambda)$ - Диференціальна залежність показника заломлення від довжини хвилі;
- $\Delta\lambda$ - Збільшення довжини хвилі внаслідок некогерентності джерела в нанометрах;
- L - довжина кабеля.

Підсумкова питома хроматична дисперсія $D(\lambda)$ дорівнює

$$D(\lambda) = M(\lambda) + N(\lambda)$$

І тут важливим є те, що при певній довжині хвилі (приблизно 1310 ± 10 нм для східчастого одномодового волокна) відбувається взаємна компенсація $M(\lambda)$ і $N(\lambda)$ результуюча дисперсія $D(\lambda)$ звертається в нуль. Довжина хвилі, коли це відбувається, називається довжиною хвилі нульової дисперсії λ_0 . Зазвичай вказується деякий діапазон довжин хвиль, у межах яких може змінюватись λ_0 для даного конкретного волокна. Для боротьби із хроматичною дисперсією можна рекомендувати такі методи.

1. Як робоча довжина хвилі вибирати довжину, при якій хроматична дисперсія мінімальна.
2. Вибирати джерело із вузьким спектром.
3. Використовувати для передачі сигналів тонкі однополярні імпульси.
4. Застосовувати оптичне волокно, що компенсує дисперсію (волокно зі зміщеною або вирівняною дисперсією). На 6 наведені криві, що показують залежність затримок для різних

типів кабелів. Як видно з рис.7, довжина хвилі нульової дисперсії λ_0 для багатомодового градієнтного та одномодового ступінчастого кабелів - 1300 нм та для одномодового зі зміщеною дисперсією - 1500 нм. У реальних кабелях внаслідок виробничих допусків типові значення дисперсії 1-3,5 пс/км нм. Встановлено, що з певної форми сигналу рис.8 він має найменшу дисперсію. Такі імпульси називаються солітонами .

Електрооптичні перетворювачі

Є два типи приладів, що перетворюють електричний сигнал на світловий, — це світлодіоди та лазерні діоди.

Світлодіоди (LED - Light-Emitting Diode) генерують некогерентне випромінювання (сигнал містить складові з кількох довжин хвиль). Область спектра сигналу, що генерується $\Delta\lambda = 30 \times 50$ нм при довжині хвилі основного сигналу 850 нм і 70 або 120 при довжині хвилі основного сигналу 1300 нм. На малюнку максимальна потужність позначена 1. Типове значення максимальної потужності, що збуджується, для різних типів діодів різна і знаходиться в межах від 20 до 10 дБ. Некогерентність світлодіодів обмежує їхнє застосування.

Для світлодіодів втрати потужності при переході в лінію становлять 10 дБ. Крім того, оскільки випромінювання — некогерентне, тобто воно відбувається в деякому спектральному діапазоні, відбуватиметься додаткове спотворення сигналу, що передається (розширення імпульсів) за рахунок відмінностей у поширенні різних спектральних складових. Принцип випромінювання світлодіодів дозволяє модуляцію лише за інтенсивністю випромінювання. Потужність випромінювання світлодіодів може досягати кількох десятків мкВт. При необхідності створити лінію передачі на великі відстані застосовують лазерні діоди, мають кращу спектральну характеристику. Лазерний діод забезпечує когерентне випромінювання, його промінь має більш вузький спектр, в порівнянні зі світлодіодом. Принцип випромінювання лазерних діодів дозволяє використовувати модуляцію за параметрами світлової хвилі, наприклад частотну. Крім того, вони характеризуються максимальною для напівпровідникових випромінювачів потужністю до декількох сотень міліватів, мінімальною шириною спектра і дуже вузькою спрямованістю. З характеристик видно, що багатомодові, так і одномодові лазерні діоди мають значно вужчий спектр, ніж світлодіоди, і це забезпечує меншу хроматичну дисперсію.

Оскільки лазерні діоди відрізняються складнішою конструкцією та великими електричними навантаженнями в порівнянні зі світлодіодами, вони поступаються останнім у надійності, зручності експлуатації та вартості. Це визначає їх застосування для передачі на далекі відстані в магістральних лініях.

Оптоелектричні перетворювачі

Фотодіоди

Приймач випромінювання повинен перетворити оптичний сигнал на електричний. Оскільки інформаційний сигнал міститься в модульованому світловому потоці, цей потік повинен бути прийнятий якомога повніше та без спотворень. Так як робоча поверхня приймача набагато більше перерізу світловода, втрати при переході випромінювання приймач будуть набагато менше, ніж при переході від джерела в лінію. Для прийому випромінювання можуть використовуватися фотодіоди – напівпровідникові прилади на основі груп кремнію та германію. У звичайних фотодіодах формується струм, що залежить від інтенсивності падаючого

випромінювання, їх відрізняють хороша лінійність і стабільність роботи, малий час відгуку, але вони не забезпечують посилення фотоструму.

Фототранзистори

Ці напівпровідникові прилади також будуються на основі кремнію та германію. Фототранзистори мають високу чутливість і хороше посилення, але через велику бар'єрну ємність час відгуку у них великий, тобто частотні характеристики гірші, ніж у діодів. Гранична частота для найкращих зразків досягає 200 МГц.

PIN-фотодіоди

У рін (PIN) фотодіод між шарами з різною провідністю (р і n) вводиться шар з власною провідністю (і-область), який при подачі зворотної напруги зміщення збіднюється вільними носіями. В результаті поглинання світла утворюватимуться електрони-носії, які прискорюватимуть сильне електричне поле. PIN-фотодіоди мають більшу, ніж фотодіоди, чутливість. Їхня бар'єрна ємність мала, за рахунок чого забезпечуються хороші частотні

характеристики (гранична частота — до 1 ГГц). Для них потрібна невелика напруга зворотного усунення (менше 5В).

Лавинні фотодіоди

Лавинні фотодіоди мають внутрішній посилення і відрізняються від рpn фотодіодів наявністю ще одного додаткового шару. При високих зворотних напругах зміщення (порядку 100 В) у них утворюється сильне поле, що прискорює. У полі відбувається лавинне розмноження носіїв, що утворюються під впливом світла, тобто посилення фотоструму. Ці прилади характеризуються високою чутливістю, великим посиленням і високою швидкістю, однак їх використання утруднено складністю, високою вартістю, високими робочими напругами, необхідністю стабілізації напруг і температур і роботою тільки в режимі посилення слабкого сигналу. Характеристики оптичних приймачів наведено у табл.5

Таблиця 5. Характеристики оптичних приймачів

Параметри	p – i – n	Лавинний фотодіод	Фототранзистор
Чутливість	0,5 мкА/мкВт	15мкА/мкВт	35мкА/мкВт
Час наростання	1 нс	2 нс	2 мкс
Напруга зміщення	10 В	100 В	10 В

Оптичні з'єднувачі

Одним із критичних місць волоконних систем є зрощення волокон та роз'єми. Враховуючи діаметр центральної частини волокна, неважко припустити, до яких наслідків призведе зміщення осей волокон, що стикуються навіть на кілька мікрон (особливо в одномодовому варіанті, де діаметр центрального ядра менше 10 мікрон) або деформація форми перерізу волокон. Втрата світла у сполучнику становить 0,2 дБ. Для порівняння: зварювання волокон призводить до втрат трохи більше 0,001-0,1дБ. Існує також техніка механічного зрощування волокон, яка характеризується втратами близько 10% (splice). Оптичні атенюатори для оптимального

узгодження динамічного діапазону ³ оптичного сигналу та інтервалу чутливості вхідного пристрою є тонкими металевими шайбами, які збільшують зазор між волокном кабелю і приймачем.

З використанням оптичних волокон можна створювати як кільцеві структури. Можлива побудова фрагмента мережі, характером зв'язків еквівалентного кабельному сегменту або хабу ⁴. Схеми такого фрагмента мережі представлена на рисунку (пасивний концентратор хабу). Базовим елементом цієї субмережі є прозорий циліндр, на один із торців якого підключаються вихідні волокна всіх передавачів інтерфейсів пристроїв, що становлять субмережу. Сигнал з іншого торця через волокна надходить на вхід інтерфейсів фотоприймачів. Таким чином, сигнал, переданий одним з інтерфейсів, надходить на вхід решти всіх інтерфейсів, підключених до цієї субмережі. При цьому втрати світла складають $2C + S + 10 \times \log(N)$, де: C - Втрати в роз'ємі, S - Втрати в пасивному розгалужувачі, а N - число оптичних каналів (N може досягати 64). Деякі з них (наприклад, ODL 200 AT&T) здатні здійснювати перемикання на обхідний оптичний шлях (bypass) при відключенні живлення.

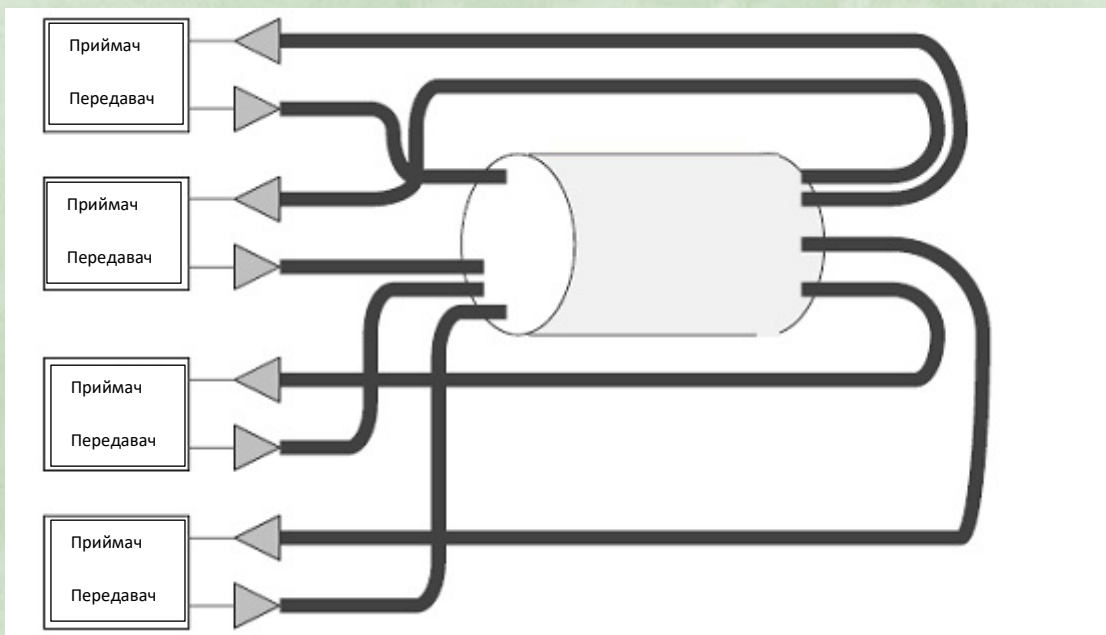


Рис. 2. Схема пассивного оптоволоконного хаба

Крос

Крос, призначений для оптичного кабелю, належить до кросам високої густини, тобто. кількість пар, що підключаються на одиницю площі, перевищує попередні системи (наприклад, цифрові системи ущільнення). До такого кросу висуваються стандартні вимоги:

- облік специфіки кросування оптоволоконного кабелю;
- надійність та керованість кабельним господарством;
- зручність роботи;
- безпеку для персоналу.

Висока щільність та крихкість (висока ймовірність пошкодження в умовах експлуатації) призводять до нових рішень. Ще одна особливість оптичних кабелів полягає у специфіці поширення світла по волокну. При перегині волокна більше захисного радіусу в 30 мм у ньому виникає розсіювання оптичної потужності, і загасання в кабелі значно зростає. Тому крім дбайливої експлуатації з'являється ще одна вимога — геометричної властивості: за жодних обставин радіус перегину не повинен перевищувати критичного. Відповідно до нових норм і стандартів безпеки OSHA (Occupational Safety and Health Administration — закони про техніку безпеки та гігієну праці США) оптичні кроси повинні забезпечувати максимальний захист очей оператора від можливого лазерного випромінювання при кросуванні кабелів. Особливо це

важливо для кросов високої густини. Особливістю кросов високої щільності є важлива неможливість використання вертикальних чи фронтальних методів доступу до кабелів. Фронтальні методи не забезпечують повною мірою необхідну щільність кросових з'єднань і безпечні для персоналу. Вертикальний доступ незручний під час роботи з окремими волокнами.

Хвильове мультиплексування (WDM)

Останнім часом помітне здешевлення оптичних каналів вдалося досягти за рахунок мультиплексування з розподілом по довжині хвилі. Хвильове мультиплексування (Wave Division Multiplexing, WDM) технологія передачі в системі в оптичних системах, де різні джерела використовують різну довжину хвилі. При цьому два і більше оптичних сигналів поєднуються і передаються по одному загальному оптичному шляху. Ця технологія дозволяє об'єднання передачі кількох потоків даних по одному фізичному волконно-оптичному кабелю. Таке збільшення ємності кабелю досягається, виходячи з фундаментального принципу фізики. Він полягає в тому, що промені світла з різними довжинами хвиль не взаємодіють між собою.

Основна ідея систем WDM полягає у використанні кількох довжин хвиль (або частот) передачі окремого потоку даних кожної з них. Завдяки цьому вдалося в 16-160 разів збільшити широкосмуговий канал з розрахунку на одне волокно. На вході каналу сигнали за допомогою призми поєднуються в одне загальне волокно. На виході за допомогою аналогічної призми ці сигнали поділяються. Число волокон на вході та виході може досягати 32 і більше (замість призм останнім часом використовуються мініатюрні дзеркала, де застосовується розгортка за довжиною хвилі).

Ця досягається за допомогою декількох компонентів . По-перше, дані, що передаються, повинні посилатися на певній несучій довжині хвилі. Зазвичай хвильове мультиплексування WDM здійснюється у вікні прозорості 1530-1560 нм, де забезпечується мінімальне згасання сигналу до 0,2 дБ/км. Як правило, волоконно-оптичні системи використовують 3 довжини хвилі - 850, 1310 та 1550 нм. Якщо вхідний сигнал оптичний і передається на одній з цих довжин хвиль, він повинен бути перетворений для передачі з довжиною хвилі вікна прозорості WDM . За наявності кількох незалежних вхідних сигналів кожен із новачків має бути перетворений передачі на своїй довжині хвилі у межах цього діапазону. Потім ці сигнали об'єднуються за допомогою оптичної системи таким чином, що більшість потужності всіх сигналів передається

по одному оптичному волокну. На іншому кінці лінії світлові сигнали поділяються за допомогою спліттера ⁵ (ще однієї системи лінз) на кілька каналів. Кожен із цих каналів проходить через фільтри, що відокремлюють лише одну з довжин хвиль. Зрештою, кожна з відокремлених довжин хвиль потрапляє на свій приймач, який перетворює її на вихідний вигляд (оптичний на довжинах хвиль 850, 1310 і 1550 нм або мідний).

Існує два типи систем WDM, що забезпечують грубе (CWDM) мультиплексування з великим кроком рознесення несучих або щільне (DWDM) поділ шкали довжин хвиль. Системи CWDM зазвичай забезпечують передачу від 8 до 16 довжин хвиль з кроком 20 нм, від 1310 до 1630 нм. Системи DWDM працюють з кількістю довжин хвиль до 144, зазвичай із кроком менше 2 нм приблизно в тому ж діапазоні довжин хвиль. WDM (CWDM або DWDM) зазвичай використовується в одному з двох програм.

Перше і головне полягає у збільшенні обсягу інформації, що передається по оптичному волокну. У цьому випадку велика кількість потоків даних передаються по невеликій кількості оптичних кабелів. Це дозволяє значно збільшити пропускну здатність оптичного кабелю. Так, при швидкості 10 Гбіт/с на канал загальна пропускну здатність кожного волокна складе 1,25 Тбіт/с (тобто 12 500 000 000 000 біт в секунду). Звичайно, у більшості випадків такий рівень

швидкостей не потрібний, звичайним завданням є передача кількох потоків Gigabit Ethernet по одній парі волокон, коли додаткових пар немає. У багатьох випадках прокласти новий оптичний кабель виявляється занадто дорогим або просто неможливо. Тоді використання технології WDM стає єдиною можливістю збільшення пропускної спроможності.

Другий додаток WDM з'явилось порівняно недавно, коли дедалі більше замовників почали використовувати високошвидкісні канали зв'язку. У цьому випадку оператор зв'язку надає замовникам, які мають офіси в різних точках міста, довжини хвиль у своєму кабелі для організації каналів " точка-точка ". Наприклад, велика компанія, що має дві будівлі в різних кінцях міста, може поставити завдання їхнього об'єднання. Для вирішення цієї проблеми оператор може розгорнути мережу . У разі використання WDM оператору немає необхідності дбати про те, який протокол чи технологія використовується замовниками, що дає можливість більш гнучкого надання послуг. Використання WDM у мережах абонентського доступу буде розглянуто надалі.

Пристрої організації WDM пасивні, тобто. не вимагають електроживлення. Однак багато хто з них вимагає постійної температури. Для цього встановлюються пристрої регулювання температури, а їм потрібне віддалене електроживлення. Тоді використовується змішаний кабель

, який поряд із оптичними волокнами містить мідні жили. Для забезпечення норм згасання при передачі інформації по оптичних кабелях застосовуються регенератори та підсилювачі сигналів.

При передачі одиночного оптичного сигналу кожен регенератор перетворює оптичний сигнал в електричний, коригує тимчасові параметри, виділяє інформацію, що передається, і в результаті керує лазерним передавачем для регенерації сигналу і перетворення оптичного сигналу в електричний сигнал вимагає великих витрат, оскільки застосовує дуже дорогі компоненти (лазери і надшвидкісну електроніку).

Оптичні системи передачі: а) з лінійною регенерацією; б) DWDM складовий сигнал з однією ділянкою поділу по довжині хвилі; в) DWDM складовий сигнал з оптичним підсилювачем послідовного введення інформації оптичний кабель для передачі її по наступній ділянці.

ФУНКЦІЇ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ МЕРЕЖЕВОГО АДАПТЕРА, КОНЦЕНТРАТОРА, ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ.

В даний час мережа Ethernet / Fast Ethernet поширена найбільш широко, її апаратура випускається найбільшим числом виробників, і її перспективи видаються найбільш сприятливими. У зв'язку з цим слід більш детально розглянути деякі особливості її апаратних засобів. Втім, багато що зі сказаного в даному розділі відноситься не тільки до Ethernet, але і до апаратури інших, менш популярних мереж.

Адаптери Ethernet і Fast Ethernet та характеристики адаптерів

Мережеві адаптери (NIC, Network Interface Card) Ethernet і Fast Ethernet можуть сполучатися з комп'ютером через один зі стандартних інтерфейсів:

- шина ISA (Industry Standard Architecture);
- шина PCI (Peripheral Component Interconnect);
- шина PC Card (вона ж PCMCIA);

Адаптери, розраховані на системну шину (магістраль) ISA, ще не так давно були основним типом адаптерів. Кількість компаній, які випускали такі адаптери, було велике, саме тому пристрої даного типу були найдешевшими. Адаптери для ISA випускаються 8- і 16-розрядних. 8-розрядні адаптери дешевше, а 16-розрядні - швидше. Правда, обмін інформацією по шині ISA не може бути занадто швидким (в межі - 16 Мбайт / с, реально - не більше 8 Мбайт / с, а для 8-розрядних адаптерів - до 2 Мбайт / с). Тому адаптери Fast Ethernet, що вимагають для ефективної роботи великих швидкостей обміну, для цієї системної шини практично не випускаються. Шина ISA відходить у минуле.

Шина PCI зараз практично витіснила шину ISA і стає основною шиною розширення для комп'ютерів. Вона забезпечує обмін 32- і 64-розрядними даними і відрізняється високою пропускною здатністю (теоретично до 264 Мбайт / с), що цілком задовольняє вимогам не тільки Fast Ethernet, а й більш швидкої Gigabit Ethernet. Важливо ще й те, що шина PCI застосовується не тільки в комп'ютерах IBM PC, але і в комп'ютерах PowerMac. Крім того, вона підтримує режим автоматичного конфігурування обладнання Plug-and-Play. Мабуть, в найближчому майбутньому на шину PCI буде орієнтована більшість пристроїв. Недолік PCI у порівнянні з

шиною ISA в тому, що кількість її слотів розширення в комп'ютері, як правило, невелика (зазвичай 3 слота). Але саме мережеві адаптери підключаються до PCI в першу чергу.

Шина PC Card (стара назва PCMCIA) застосовується поки тільки в портативних комп'ютерах класу Notebook. У цих комп'ютерах внутрішня шина PCI зазвичай не виводиться назовні. Інтерфейс PC Card передбачає просте підключення до комп'ютера мініатюрних плат розширення, причому швидкість обміну з цими платами досить висока. Однак все більше портативних комп'ютерів оснащується вбудованими мережевими адаптерами, так як можливість доступу до мережі стає невід'ємною частиною стандартного набору функцій. Ці вбудовані адаптери знову ж підключені до внутрішньої шини PCI комп'ютера.

При виборі мережного адаптера, орієнтованого на ту чи іншу шину, необхідно, перш за все, переконатися, що вільні слоти розширення даної шини є в комп'ютері, що підключається до мережі. Слід також оцінити трудомісткість установки адаптера і перспективи випуску плат даного типу. Останнє може знадобитися в разі виходу адаптера з ладу.

Зустрічаються ще мережні адаптери, що підключаються до комп'ютера через паралельний (принтерний) порт LPT. Головна перевага такого підходу полягає в тому, що для підключення адаптерів не потрібно розкривати корпус комп'ютера. Крім того, в даному випадку адаптери не

займають системних ресурсів комп'ютера, таких як канали переривань і ПДП, а також адреси пам'яті і пристроїв введення / виводу. Однак швидкість обміну інформацією між ними і комп'ютером в цьому випадку значно нижче, ніж при використанні системної шини. До того ж вони вимагають більше процесорного часу на обмін з мережею, сповільнюючи тим самим роботу комп'ютера.

Останнім часом все більше зустрічається комп'ютерів, в яких мережеві адаптери вбудовані в системну плату. Переваги такого підходу очевидні: користувач не повинен купувати мережевий адаптер і встановлювати його в комп'ютер. Досить тільки підключити мережевий кабель до зовнішнього роз'єму комп'ютера. Однак недолік полягає в тому, що користувач не може вибрати адаптер з кращими характеристиками.

До інших найважливіших характеристик мережних адаптерів можна віднести:

- спосіб конфігурації адаптера;
- розмір встановленої на платі буферної пам'яті і режими обміну з нею;
- можливість установки на плату мікросхеми постійної пам'яті для віддаленого завантаження (BootROM).

- можливість підключення адаптера до різних типів середовища передачі (кручена пара, тонкий і товстий коаксіальний кабель, оптоволоконний кабель);
- використовувана адаптером швидкість передачі по мережі і наявність функції її перемикання;
- можливість застосування адаптером повнодуплексного режиму обміну;
- сумісність адаптера (точніше, драйвера адаптера) з мережними програмними засобами.

Конфігурація адаптера користувачем застосовувалося в основному для адаптерів, розрахованих на шину ISA. Конфігурація має на увазі налаштування на використання системних ресурсів комп'ютера (адрес вводу / виводу, каналів переривань і прямого доступу до пам'яті, адрес буферної пам'яті і пам'яті віддаленого завантаження). Конфігурація може здійснюватися шляхом установки в потрібне положення перемикачів (джамперів) або за допомогою додається до адаптера DOS-програми конфігурації (Jumperless, Software configuration). При запуску такої програми користувачеві пропонується встановити конфігурацію апаратури за допомогою простого меню: вибрати параметри адаптера. Ця ж програма дозволяє зробити самотестування адаптера. Обрані параметри зберігаються в незалежній пам'яті адаптера. У будь-якому випадку при виборі параметрів необхідно уникати конфліктів із системними пристроями комп'ютера і з іншими платами розширення.

Конфігурація адаптера може виконуватися і автоматично в режимі Plug-and-Play при включенні живлення комп'ютера. Сучасні адаптери зазвичай підтримують саме цей режим, тому їх легко може встановити користувач.

У найпростіших адаптери обмін з внутрішньої буферної пам'яттю адаптера (Adapter RAM) здійснюється через адресний простір пристроїв введення / виводу. У цьому випадку ніякого додаткового конфігурування адрес пам'яті не потрібно. Базова адреса буферної пам'яті, що працює в режимі розділяється пам'яті, необхідно ставити. Він приписується до області верхньої пам'яті комп'ютера (UMA, Upper Memory Address) в діапазоні адрес A0000h-FFFFFh. У цю ж зону адрес поміщається і ПЗУ віддаленого завантаження (Boot ROM), якщо передбачається його використання для створення бездискової робочої станції. Якщо використовується конфігурація вручну, то треба стежити, щоб не було конфліктів адрес адаптера з іншими пристроями.

Всі операції по конфігурації мережевого адаптера необхідно проводити в строгій відповідності з документацією, що поставляється разом з ним, так як кожен з численних виробників адаптерів звичайно вносить в них щось своє, оригінальне. Тому ніякі більш докладні універсальні рекомендації попросту неможливі. Втім, це відноситься до будь-яких електронних пристроїв.

Від розміру буферної пам'яті адаптера залежить як швидкість роботи адаптера, так і його здатність тримати високі інформаційні навантаження. Розмір пам'яті зазвичай становить від 8 Кбайт до декількох мегабайт. Чим більше пам'ять, тим більше надісланих та отриманих пакетів може в ній зберігатися. Для адаптерів, що працюють на виділеному сервері, великий обсяг буферної пам'яті просто необхідний, адже через нього підуть всі інформаційні потоки мережі. Втім, найбільша буферна пам'ять не допоможе, якщо комп'ютер працює повільно, не встигає перекачувати приходу по мережі інформацію.

Для швидкості роботи адаптера важливий режим обміну комп'ютера з буферною пам'яттю адаптера. Якщо адаптер підтримує режим прямого доступу до пам'яті (DMA - Direct Memory Access), режим прямого управління шиною (Bus Mastering) або режим поділу пам'яті, то він зазвичай працює більш продуктивно, ніж адаптери, які не підтримують цих режимів. Більш того, адаптери, розраховані на швидку шину PCI і працюючі в режимах прямого доступу до пам'яті або прямого управління шиною, можуть і не мати потреби в великому обсязі буферної пам'яті, тому що інформація може передаватися адаптером прямо в пам'ять комп'ютера і назад.

Деякі адаптери підтримують функцію віддаленого завантаження по мережі. Для цього на платі адаптера встановлюється мікросхема постійної пам'яті (Boot ROM), в якій знаходиться

програма початкового завантаження. Таке рішення дозволяє використовувати бездисккові робочі станції. Але зараз дана можливість застосовується не дуже часто, так як практично всі комп'ютери оснащені дисками.

Всі функції з обслуговування обміну по мережі в мережевому адаптері, як правило, виконує одна спеціалізована мікросхема або невеликий комплект мікросхем (2-3 штуки). Цим і пояснюється досить низька ціна адаптерів. Постачальників подібних комплектів мікросхем не так багато, тому дуже багато адаптерів виконані за схожими схемами. Однак організація обміну шини комп'ютера з адаптером може бути різною, тому наведені цифри адаптерів від різних виробників і показники надійності їх роботи, особливо в екстремальних умовах, сильно розрізняються.

Адаптер може бути розрахований тільки на один тип середовища передачі, наприклад, на кручену пару, але може також підтримувати можливість підключення декількох різних середовищ передачі, наприклад, тонкий і товстий коаксіальні кабелі. Для цього на платі встановлюються відповідні роз'єми (див. Лекцію 5, розділ "Апаратура локальних мереж"). Найбільш універсальні так звані адаптери "Combo", які мають повний набір роз'ємів (BNC, RJ-45 і AUI для Ethernet). Для вибору конкретного типу середовища іноді використовуються

перемикачі (джампери), як правило, їх кілька і перемикати їх треба обов'язково всі разом. Іноді вибір середовища передачі здійснюється програмно.

Адаптери Fast Ethernet випускаються як одношвидкісними (100 Мбіт / с), так і двошвидкісними (10 Мбіт / с і 100 Мбіт / с). Двошвидкісні плати (їх зазвичай позначають "10/100") трохи дорожче одношвидкісних, але зате вони можуть працювати в будь-якій мережі Ethernet / Fast Ethernet без всяких проблем.

Підтримка адаптером повнодуплексного режиму обміну по мережі поки що зустрічається нечасто. Це пов'язано з тим, що повнодуплексний режим вимагає і застосування повнодуплексних комутаторів. Це виявляється дуже дорого. Однак для потужних серверів великих мереж підтримка повнодуплексного режиму дуже бажана.

Всі мережеві адаптери повинні бути сертифіковані. Сертифікат FCC класу А дозволяє використовувати адаптер в бізнесі, сертифікат FCC класу В - в домашніх умовах. Стандарт передбачає безпечний рівень електромагнітного випромінювання мережевого адаптера.

При виборі адаптера дуже важливо звертати увагу на сумісність його драйвера з мережевим програмним забезпеченням. Усі постачальники мережевих програмних засобів (Novell, Microsoft і ін.) Проводять роботу по сертифікації драйверів. Якщо такий сертифікат є, то можна бути

впевненим, що проблем з сумісності не буде. З іншого боку, всі мережеві програмні продукти поставляються з набором протестованих драйверів, сумісних з ними. Якщо драйвер придбаної плати входить в цей набір, то проблем теж, швидше за все, не буде. Солідні виробники мережевих адаптерів регулярно поширюють оновлені, більш швидкі і універсальні версії драйверів для своїх плат. Низька ціна деяких адаптерів може пояснюватися як раз відсутністю сертифіката, поганою сумісністю з програмними засобами. Взагалі ж ціни на адаптери різних фірм і різних типів можуть відрізнятись в десятки разів.

Реальна швидкість обміну інформацією по мережі являє собою інтегральний параметр, що залежить не тільки від адаптера, але і від комп'ютера (швидкодії процесора і дисководу, обсягу системної пам'яті), середовища передачі (рівня перешкод), програмних засобів, величини завантаження мережі і т.д. Тому вибір найшвидшого (і дорогого) адаптера далеко не завжди гарантує помітний виграш в швидкості обміну. Наприклад, перехід з 8-розрядної адаптера ISA на 16-розрядний або з ISA адаптера на 32-розрядний PCI адаптер може практично не позначитися на швидкості. Проте, непоодинокі випадки, коли саме адаптер стає найвужчим місцем в системі і його заміна може різко збільшити продуктивність мережі.

Непрямі показники продуктивності адаптера вже були перераховані: продуктивніше всього працюють ті, які розраховані на PCI, підтримують режим поділу буферної пам'яті, у яких буферна пам'ять більшого обсягу. Швидше будуть ті адаптери, які максимальну кількість функцій виконують без участі процесора, спираючись на вбудований інтелект.

Але отримати реальні кількісні показники продуктивності можна тільки в результаті тестування мережі в цілому. Для цього існує цілий ряд тестових програм, найбільш відомі Perform3 компанії Novell і Netbench 3.0 фірми Ziff-Davis. Будь-які тестові програми слабо відображають реальну ситуацію в мережі, але дозволяють порівнювати між собою різні мережеві адаптери в умовах, близьких до реальних і в реальній конфігурації апаратних засобів.

Адаптери з зовнішніми трансиверами

Адаптери Fast Ethernet можуть випускатися із зовнішнім, виносним модулем трансивера для підключення до середовища передачі (РНУ). В цьому випадку для приєднання зовнішнього модуля трансивера до адаптера використовується інтерфейс МІІ (Media-Independent Interface), який передбачає використання 40-контактного роз'єму, подібного роз'єму комп'ютерного інтерфейсу SCSI.

Змінний модуль трансивера може встановлюватися безпосередньо на платі адаптера (в спеціальний виріз плати), а може зв'язуватися з платою адаптера зовнішнім кабелем довжиною до 0,5 метра (рис. 1 і 2). При обчисленні повного часу затримки в мережі необхідно враховувати і затримку в цьому трансиверного МІІ кабелі.

На платі трансивера розташовується мікросхема приймача і роз'єм, що залежить від типу середовища (MDI - Medium Dependent Interface), наприклад, RJ-45 для витої пари. Таким чином, один і той же адаптер може підтримувати обмін з будь-яким типом середовища за рахунок простої заміни порівняно дешевого трансивера. В цілому подібні складові адаптери виявляються дорожчими за звичайні адаптерів з вбудованими приймачами, але іноді їх застосування виправдане, якщо передбачається поступова заміна середовища передачі, наприклад, на оптоволоконні кабелі.

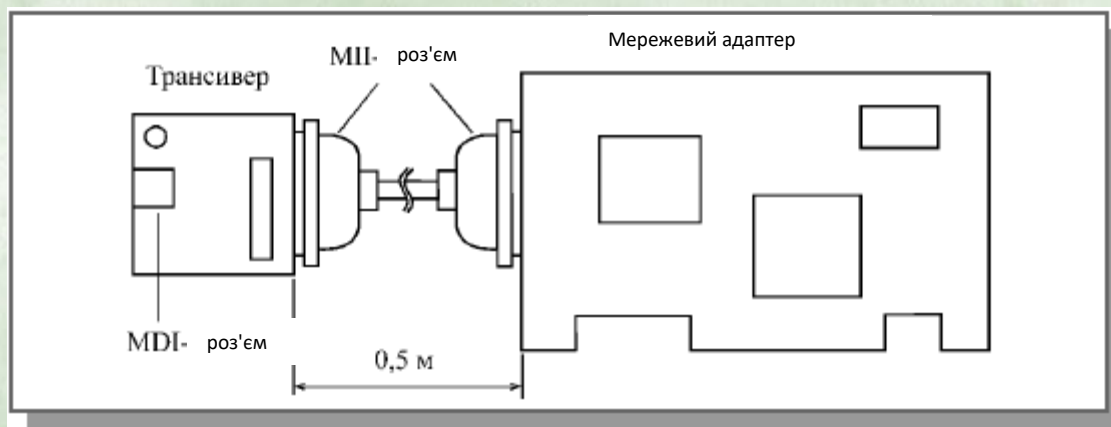


Рис. 1. Мережевий адаптер із зовнішнім трансивером на МПІ-кабелі

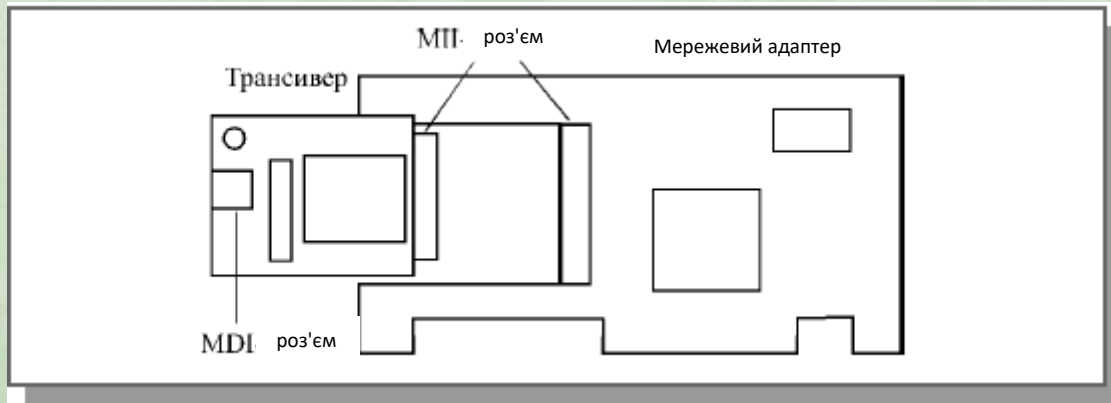


Рис. 2. Мережевий адаптер із зовнішнім трансивером, що встановлюються на плату адаптера

Репітери і концентратори Ethernet і Fast Ethernet

Використання репітерів і концентраторів (хабів) в мережі Ethernet не є обов'язковим. Невеликі мережі на основі сегментів 10BASE2 або 10BASE5 цілком можуть обійтися без них. Для мереж з декількох таких сегментів необхідні найпростіші репітери. А при виборі в якості середовища передачі кручений пари (10BASE-T) або оптоволоконного кабелю (10BASE-FL) вже необхідні концентратори (якщо, звичайно, в мережу об'єднуються не два комп'ютери, а хоча б три). У мережі Fast Ethernet застосування концентраторів обов'язково.

Функції репітерів і концентраторів

Репітери (повторювачі), як уже зазначалося, ретранслюють сигнали, що приходять на них (на їх порти), відновлюють їх амплітуду і форму, що дозволяє збільшувати довжину мережі. Те ж саме роблять і найпростіші репітерні концентратори. Але крім цієї основної функції концентратори Ethernet і Fast Ethernet зазвичай виконують ще ряд функцій з виявлення та виправлення деяких найпростіших помилок мережі. До цих помилок відносяться наступні:

- помилкова несуча (FCE - False Carrier Event);
- множинні колізії (ECE - Excessive Collision Error);
- тривала передача (Jabber).

Всі ці помилки можуть бути викликані несправностями обладнання абонентів, високим рівнем шумів і перешкод в кабелі, поганими контактами в роз'ємах і т.д.

Під помилковою несучою розуміється ситуація, коли концентратор отримує від одного зі своїх портів (від одиничного абонента або з сегмента) дані, що не містять обмежувача початку потоку даних, тобто преамбула пакета почалася, але в ній немає ознаки початку кадру.

Якщо після старту передачі кадр не почався протягом заданого тимчасового інтервалу (5 мкс для Fast Ethernet, 50 мкс для Ethernet), то концентратор посилає сигнал "Пробка" всім іншим портам, щоб вони виявили колізію. Тривалість цього сигналу також становить 5 або 50 мкс. Потім виявлений порт переводиться в стан "Зв'язок нестійка" (Link Unstable) і відключається. Зворотне включення порту концентратором може статися тільки при надходженні від нього правильного пакету, без удаваної несучої.

Ситуація множинних колізій фіксується при виявленні в даному порту понад 60 колізій поспіль. Концентратор вважає кількість колізій в кожному порту і скидає лічильник, якщо отримує пакет без колізії. Порт, в якому виникають множинні колізії, відключається. Якщо протягом заданого часу (5 мкс для Fast Ethernet, 50 мкс для Ethernet) в цьому Порті не буде зафіксовано колізій, то він знову включається.

Ситуація тривалої передачі фіксується в разі, коли час передачі перевищує більш ніж в три рази максимально можливу тривалість пакета, тобто 400 мкс для Fast Ethernet або 4000 мкс для Ethernet. При виявленні такої тривалої передачі відповідний порт відключається. Після закінчення тривалої передачі даний порт знову включається.

Крім перерахованих функцій концентратор також активно сприяє виявленню будь-яких колізій в мережі. При одночасному надходженні на його порти двох і більше пакетів він, як і будь-який абонент, підсилює зіткнення шляхом передачі в усі порти сигналу "Пробка" протягом 32 бітових інтервалів. В результаті все передають абоненти всіх сегментів обов'язково виявляють факт колізії і припиняють свою передачу.

Таким чином, навіть найпростіший концентратор являє собою досить складний пристрій, що дозволяє автоматично усувати деякі несправності і тимчасові збої. Таким чином, концентратор не тільки об'єднує точки включення кабелів мережі, а й активно покращує умови обміну, підвищує продуктивність мережі, відключаючи час від часу несправні або нестійкий працюють сегменти. Втім, головна ознака концентратора залишається - він не робить ніякої обробки інформації, сприймає пакети як єдине ціле, не аналізуючи їх вміст.

Як і мережеві адаптери, концентратори можуть бути одношвидкісними і двошвидкісними. Для більшої свободи в проектуванні мережі краще вибирати саме двошвидкісні (10/100 Мбіт / с) концентратори. Найчастіше репітери і концентратори виконуються у вигляді окремих автономних блоків, що мають внутрішній або зовнішній джерело живлення.

Деякі концентратори розраховані на підключення жорстко заданої кількості сегментів певного типу (наприклад, на чотири сегменти 10BASE2 або ж на вісім сегментів 10BASE-T). Для цього на них встановлюються відповідні типу сегмента роз'єми: BNC, RJ-45, AUI або оптоволоконні роз'єми. Інші, більш дорогі концентратори, звані нарощуваними, стековими (Stackable), мають модульну структуру і дозволяють гнучко пристосовувати їх до заданої конфігурації мережі. В цьому випадку в каркас (стек) концентратора може бути встановлено різне число (зазвичай до 8) змінних модулів, кожен з яких орієнтований на один або кілька сегментів якогось типу і має відповідні роз'єми для підключення кабелю мережі (наприклад, BNC, AUI, RJ-45, ST-роз'єми). Як правило, кількість підключаються сегментів (портів концентратора) вибирається кратним чотирьом: 4, 8, 12, 16, 24. нарощувати концентратор може підтримувати, наприклад, 192 порту (вісім модулів, кожен з яких розрахований на 24 сегмента). Структура такого нарощуваних концентратора показана на рис. 3.

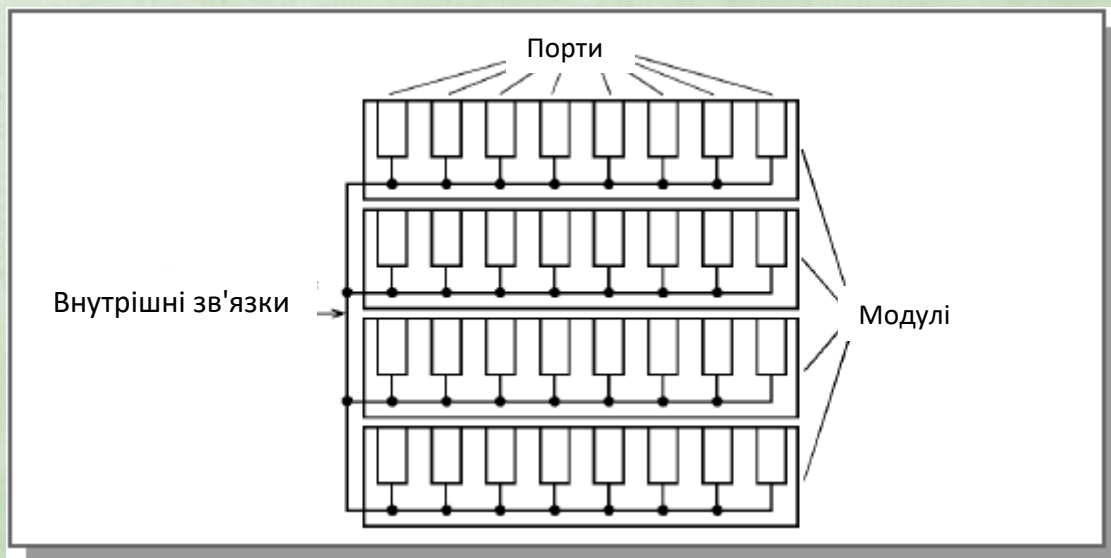


Рис. 3. Структура нарощуваність концентратора

Найскладніші концентратори на базі єдиного шасі (рис. 4) дозволяють шляхом перекомутації зв'язків на контактної задньої панелі будувати складні конфігурації мереж. Наприклад, вони можуть одночасно підтримувати кілька типів мереж (Token-Ring, Ethernet і FDDI), допускають включення не тільки модулів репітерних концентраторів, але і модулів маршрутизаторів і комутаторів. Можна також організовувати одночасно кілька незалежних однотипних мереж (наприклад, Ethernet) для поділу інформаційних потоків між ними, зниження навантаження.

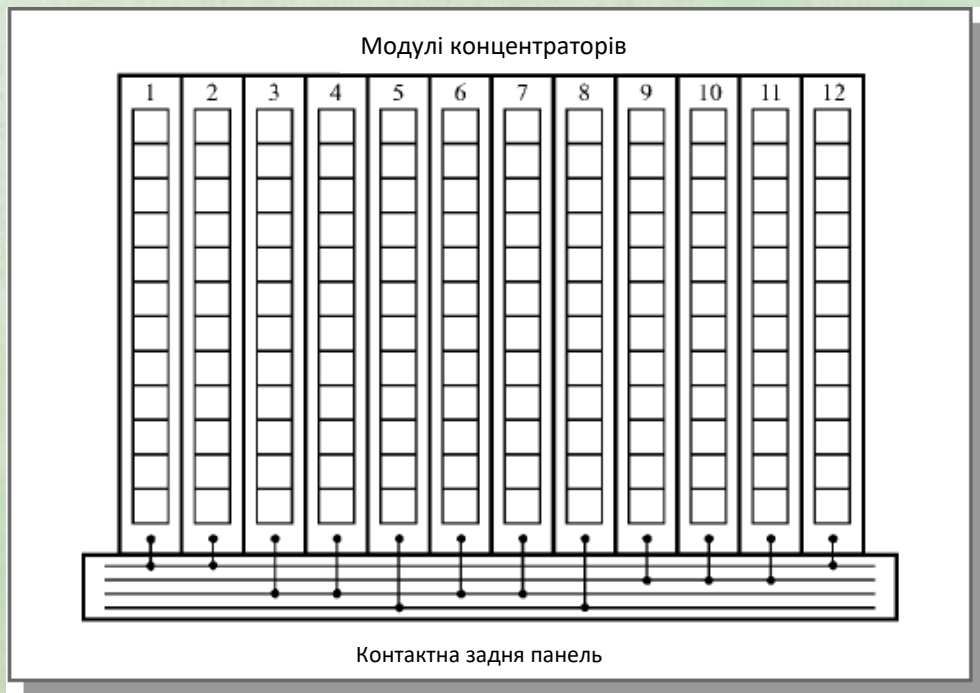


Рис. 4. Концентратор на основі шасі

Як правило, концентратори на базі шасі передбачають можливість досить складного управління обміном. Кількість портів таких концентраторів може доходити до 288. Правда, цей тип концентратора виявляється зазвичай найдорожчим в розрахунку на один порт. Вважається, що їх застосування стає економічно виправданим тільки в разі потреби підтримки великої кількості портів (близько 100).

Зустрічаються також зовсім прості і найдешевші репітери і концентратори, виконані у вигляді плати, що вставляється в роз'єм системної шини комп'ютера (з комп'ютера вони беруть

при цьому тільки харчування). Недолік такого рішення полягає в тому, що для роботи мережі необхідно, щоб комп'ютер, в який включена плата репитера (концентратора), був постійно включений (в ідеалі - цілодобово). При виключенні живлення цього комп'ютера зв'язок по мережі стає неможливою.

Концентратори класу I і класу II

Стандарт IEEE 802.3 визначає два класи репитерних концентраторів Ethernet / Fast Ethernet, що відрізняються один від одного своїми функціональними можливостями і областями застосування. Кожен концентратор повинен мати маркування свого класу у вигляді римської цифри I або II, укладеної в гурток.

Концентратори класу II-класичні концентратори, що використовувалися з самого початку в мережах Ethernet. Саме тому їх застосування було дозволено і в мережах Fast Ethernet. Ці концентратори відрізняються тим, що вони безпосередньо повторюють приходять на них з сегмента сигнали і передають їх в інші сегменти без якого б то не було перетворення. Вони не здатні перетворювати методи кодування мережевих сигналів. Тому до них можна підключати тільки сегменти, що використовують одну систему сигналів. Наприклад, до концентратора можуть підключатися тільки однакові сегменти 10BASE-T або тільки однакові сегменти 100BASE-TX. Припустимо, правда, підключення і різних сегментів, але вони повинні

використовувати один код передачі, наприклад, 10BASE-T і 10BASE-FL або 100BASE-TX і 100BASE-FX. Дані концентратори принципово не можуть об'єднувати сегменти з різними системами кодування, зокрема, 100BASE-TX і 100BASE-T4.

Затримка сигналів в концентраторах класу II менше, ніж в концентраторах класу I. Відповідно до стандарту, вона повинна складати від 46 бітових інтервалів (для 100BASE-TX / FX) до 67 бітових інтервалів (для 100BASE-T4). Звідси випливають обмеження на нарощуваність таких концентраторів і на кількість їх портів (як правило, воно не перевищує 24). Зате менша затримка концентратора дозволяє використовувати кабелі більшої довжини, так як на працездатність мережі впливає сумарна затримка сигналу в мережі, що включає в себе затримки, як концентраторів, так і в кабелях.

Для з'єднання концентраторів класу II між собою використовується спеціальний порт розширення (UpLink port). Кожен концентратор підключається цим портом до одного зі звичайних портів іншого концентратора (рис. 5).

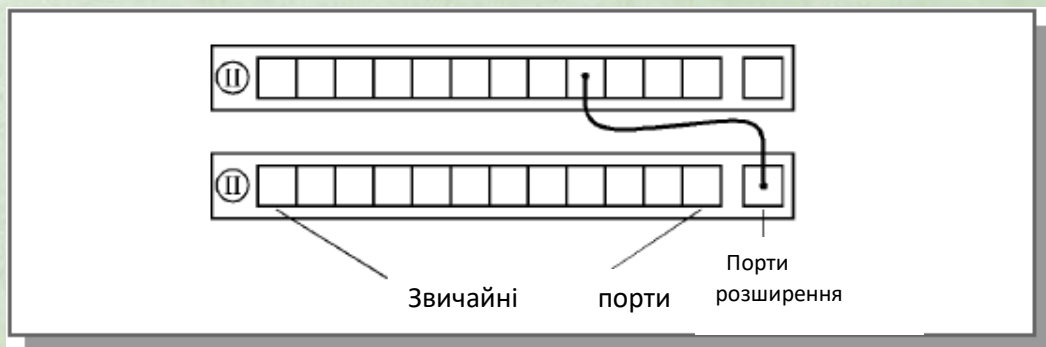


Рис. 5. З'єднання двох концентраторів класу II

Концентратори класу II складніше у виробництві, ніж концентратори класу I, так як тимчасові вимоги, що пред'являються до них, жорсткіше. Але при цьому можливості їх менше, тому в даний час їх витісняють концентратори класу I. Концентратори класу I характеризуються тим, що вони перетворюють приходячі за сегментами сигнали в цифрову форму, перш ніж передавати їх в усі інші сегменти. Вони містять декодуючі і коднують вузли.

На відміну від концентраторів класу II вони здатні перетворювати коди, що застосовуються в різних сегментах. Тому до них можна одночасно приєднувати сегменти різних типів, наприклад, 100BASE-TX, 100BASE-T4 і 100BASE-FX. Але цей процес подвійного перетворення кодів вимагає часу, тому дані концентратори виявляються повільніше (за стандартом, їх затримка становить не більше 140 бітових інтервалів).

Концентратори класу I більш гнучкі, вони мають розширені можливості по нарощуваність. Саме з них будуються складні концентратори на базі шасі. До того ж завдяки внутрішнім

цифровим шином сигналів вони допускають управління з віддалених робочих станцій, що дозволяють контролювати навантаження мережі, стан портів, інтенсивність помилок в мережі, а також автоматично відключати несправні сегменти.

При цьому для обміну з керуючою станцією застосовується спеціально розроблений протокол обміну SNMP (Simple Network Management Protocol - простий протокол управління мережею). Такий концентратор, що допускає віддалене управління, називається інтелектуальним (Intelligent Hub).

Протокол SNMP був запропонований в 1988 році комісією IAB (Internet Activities Board). Він описується документами RFC 1067, RFC 1098, RFC 1157. Комісія IAB визначила також і метод опису даних для цього протоколу під назвою ASN.1 (Abstract Syntax Notation). Протокол SNMP відноситься до прикладного рівня, він працює з протоколами IP та IPX, а також дозволяє не тільки збирати інформацію про мережі, а й управляти пристроями мережі.

Протокол SNMP має на увазі зберігання інформації про пристрої мережі в форматі ASN.1 у вигляді текстових файлів, так званих MIB (Management Information Base - база керуючої інформації). Наприклад, в разі інтелектуального концентратора з нього можна вважати інформацію про кількість пакетів, переданих та отриманих кожним з портів, можна також включити і вимкнути кожен порт.

Для управління пристроєм мережі, контролер цього пристрою повинен виконувати програму агента SNMP. Програма агента збирає дані про систему, в якій він запущений і управляє об'єктами даних системи.

Робоча станція, що управляє мережею (NMS - Network Management Station) - це один з комп'ютерів, підключених до мережі, на якому запущений спеціальний пакет прикладних програм, в зручному графічному вигляді відображає стан мережевих пристроїв і дозволяє управляти ними.

Протокол SNMP підтримує три типи команд:

- Команда GET читає значення об'єктів даних пристрою (з MIB) в довільному порядку.
- Команда GET NEXT читає наступне по порядку значення об'єкта даних пристрою.
- Команда SET застосовується для змін (записи) значень об'єктів даних пристрою.

Команди реакції протоколу SNMP передаються за допомогою модулів даних в складі дейтаграм (PDU - Protocol Data Unit). Протокол передбачає також передачу інформації про тип кодування MIB, тому в різних пристроях MIB може мати різний формат. Існує ряд фірмових і стандартних форматів MIB для мережевих адаптерів (MIB-II), концентраторів, мостів і мережі в цілому (RMON MIB), підтримуваних SNMP.

МІСТ ЯК МІЖМЕРЕЖЕВІ ПРИБРОЇ ЗВ'ЯЗКУ. ПРИЗНАЧЕННЯ, ВИКОНУВАНІ ФУНКЦІЇ, ПОБУДОВА, ПРИНЦИП ДІЇ, ОБЛАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ.

Міст (bridge) – являє собою пристрій другого рівня, призначене для створення двох або більше сегментів локальної мережі LAN, кожен з яких є окремим колізійним доменом. Іншими словами, мости призначені для більш раціонального використання смуги пропускання. Метою моста є фільтрація потоків даних в LAN-мережі з тим, щоб локалізувати внутрішню передачу даних і разом з тим зберегти можливість зв'язку з іншими частинами (сегментами) LAN-мережі для перенаправлення туди потоків даних. Кожне мережевий міст має пов'язаний з NIC-картою унікальну MAC-адресу. Міст збирає інформацію про те, на який його стороні (порте) знаходиться конкретну MAC-адресу, і приймає рішення про пересилку даних на підставі відповідного списку MAC-адрес. Мости здійснюють фільтрацію потоків даних на основі тільки MAC-адрес вузлів. З цієї причини вони можуть швидко пересилати дані будь-яких протоколів мережевого рівня. На рішення про пересилання не впливає тип використовуваного протоколу мережевого рівня,

внаслідок цього мости приймають рішення тільки про те, пересилати або не відсилаються фрейм, і це рішення ґрунтується лише на MAC-адресу одержувача. Нижче наведені найбільш важливі властивості мостів.

Властивості мережевих мостів:

- Мости є більш «інтелектуальними» пристроями, ніж концентратори. «Більш інтелектуальні» в цьому випадку це означає, що вони можуть аналізувати вхідні фрейми та пересилати їх (або відкинути) на основі адресної інформації.
- Мости збирають і передають пакети між двома або більше сегментами LAN-мережі.
- Мости збільшують кількість доменів колізій (і зменшують їх розмір шляхом сегментації локальної мережі), що дозволяє декільком пристроям передавати дані одночасно, не викликаючи колізій.
- Мости підтримують таблиці MAC-адрес.

Функції мережевих мостів:

Відмінними функціями мережевого моста є фільтрація фреймів на другому рівні та використовується при цьому спосіб обробки трафіку. Для фільтрації або вибіркової доставки даних міст створює таблицю всіх MAC-адрес, розташованих в даному мережевому сегменті та в

інших відомих йому мережах, і перетворює їх у відповідні номери портів. Цей процес детально описаний нижче.

- Етап 1. Якщо пристрій пересилає фрейм даних вперше, міст шукає в ньому MAC-адресу пристрою відправника і записує його у свою таблицю адрес.

- Етап 2. Коли дані проходять по мережевому середовищі та надходять на порт моста, він порівнює міститься в них MAC-адресу пункту призначення з MAC-адресами, що знаходяться в його адресних таблицях.

- Етап 3. Якщо міст виявляє, що MAC-адресу одержувача належить тому ж мережевому сегменту, в якому знаходиться відправник, то він не пересилає ці дані в інші сегменти мережі. Цей процес називається фільтрацією (filtering). Шляхом такої фільтрації мости можуть значно зменшити обсяг переданих між сегментами даних, оскільки при цьому виключається непотрібне пересилання трафіку.

- Етап 4. Якщо міст визначає, що MAC-адресу одержувача знаходиться в сегменті, відмінному від сегмента відправника, він направляє дані тільки в відповідний сегмент.

- Етап 5. Якщо MAC-адресу одержувача мосту невідомий, він розсилає дані в усі порти, за винятком того, з якого ці дані були отримані. Такий процес називається лавинною розсилкою (flooding). Лавинна розсилка фреймів також використовується в комутаторах.

- Етап 6. Міст будує свою таблицю адрес (найчастіше її називають бруківці таблицею або таблицею комутації), вивчаючи MAC-адреси відправників у фреймах. Якщо MAC-адресу відправника блоку даних, фрейму, відсутня в таблиці моста, то він разом з номером інтерфейсу заноситься в адресну таблицю. У комутаторах, якщо розглядати (в найпростішому наближенні) комутатор як багатопортовий міст, коли пристрій виявляє, що MAC-адресу відправника, який йому відомий і разом з номером порту занесений в адресну таблицю пристрою, з'являється на іншому порту комутатора, то він оновлює свою таблицю комутації. Комутатор передбачає, що мережевий пристрій було фізично переміщено з одного сегмента мережі в іншій.

Основи функціонування мостів. Велику комп'ютерну мережу часто потрібно поділяти на менші, легкокеровані сегменти. При цьому пристроями використовуваними для з'єднання мережевих сегментів, можуть бути мости, комутатори, маршрутизатори і шлюзи. Мости і комутатори функціонують на каналному рівні моделі OSI. Функція моста полягає у визначенні того, чи потрібно відправляти сигнали, що надійшли на один з його портів в інший сегмент

мережі. Мости можуть також бути використані для з'єднання мереж, що використовують різні протоколи або різні середовища передавання.

Під час роботи міст використовує метод прозорого перенаправлення. Цей метод описаний у специфікації IEEE 802.1d, яка визначає п'ять процесів оброблення фрейму, при проходженні через комутатор.

1. Перенаправлення фреймів (forwarding).
2. Лавинне передавання фреймів (flooding).
3. Фільтрування фреймів (filtering).
4. Комутація з вивченням топології або з самонавчанням (learning).
5. Застарівання таблиці MAC-адрес (aging).

Коли міст отримує фрейм, він порівнює MAC-адресу відправника з адресною таблицею, що є в нього, для визначення того, чи слід відфільтрувати цей фрейм (відкинути), надіслати його лавинним способом або у визначений сегмент мережі.

Прийняття цього рішення відбувається таким чином:

- якщо пристрій-одержувач знаходиться в тому ж сегменті, з якого цей фрейм був отриманий, то міст запобігає його передаванню в інші сегменти. Цей процес називається фільтруванням (filtering);

- якщо пристрій-одержувач знаходиться в іншому сегменті і його адреса присутня в адресній таблиці, то міст пересилає фрейм у відповідний сегмент;

- якщо пристрій-одержувач відсутній в таблиці адрес (тобто "невідомий" мосту) або фрейм є ширококомовний чи багатоадресний – то міст розсилає фрейм у всі сегменти за винятком того, звідки був отриманий фрейм. Таку поведінку називають лавинним розсиланням.



Рисунок 1 – Кроки методу прозорого мостового пере направлення.

Стратегічно правильно встановлений міст може значно збільшити продуктивність мережі.

Під час роботи мостів передбачається кілька режимів комутації. Вони відрізняються моментом, коли слід комутувати фрейм. Найчастіше використовуються три режими комутації:

- з проміжним зберіганням (Store-and-Forward);
- наскрізний (Cut-through);
- з контролем фрагментів (Fragment free).

Моменти часу, в які відбувається комутація для цих режимів наведені на рис.2. Кожен з цих режимів має свої переваги та недоліки. Наприклад, наскрізна комутація характеризується максимальною швидкістю, але неможливістю аналізу фактів викривлень фреймів. Комутація з проміжним зберіганням навпаки, характеризується меншою швидкістю, проте можливістю аналізу фреймів. При цьому, якщо фрейм викривлений - він відкидається комутатором, а отже, заощадливіше використовується пропускна спроможність каналів. Комутація з контролем фрагментів займає проміжне місце за рівнем контролю і швидкістю і дозволяє відкидати лише ті фрейми, розмір яких менший за 64 байти і які виникають внаслідок колізій. Ряд мостів підтримують усі ці режими і дозволяють автоматично вибирати їх в залежності від особливостей роботи мережі.

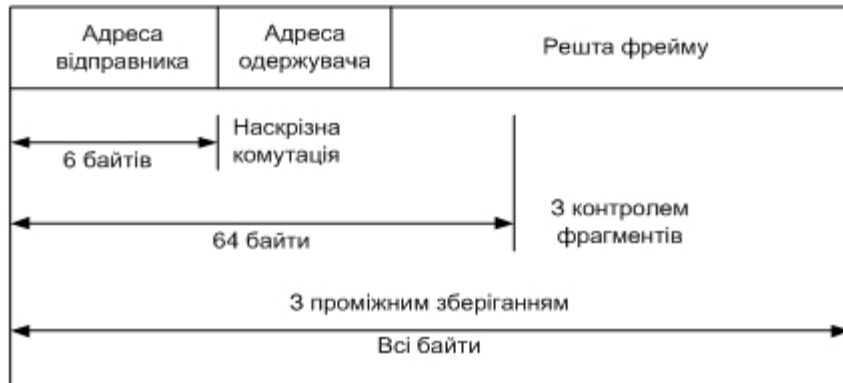


Рисунок 2 - Режими комутації.

Ще комутація може бути симетричною та асиметричною. Перша забезпечує комутовані з'єднання між портами з однаковою шириною смуги пропускання (наприклад, всі порти 100 Мбіт/с). Асиметрична комутація забезпечує комутовані з'єднання між портами з різними значеннями смуги пропускання (наприклад, 100 Мбіт/с і 1000 Мбіт/с).

Асиметрична комутація використовується у випадку наявності великих мережевих потоків типу "клієнт-сервер", коли багато користувачів одночасно обмінюються інформацією з сервером. Це, очевидно, потребує більшої смуги пропускання для того порту комутатора, до якого під'єднано сервер для перенаправлення потоку даних з порту 1000 Мбіт/с на порт 100 Мбіт/с без переповнення на останньому, асиметричний комутатор повинен мати буфер пам'яті.

Асиметричний комутатор також потрібен для забезпечення більшої смуги пропускання каналів між комутаторами, що здійснюють вертикальні крос-з'єднання або каналів між сегментами магістралі.

Проблеми у роботі мережі на основі мостів

У мережах на основі мостів з надлишковими елементами, які використовуються для підвищення надійності мережі (без застосування протоколу STP) можливе виникнення ряду проблем, до яких відносять:

- ширококомвні шторми;
- викривлення інформації у таблицях MAC-адрес комутаторів.

Широкомвний шторм – це процес нескінченного циркулювання ширококомвних повідомлень у петлях мережі на основі комутаторів. Такі шторми обумовлені тим, що мости надсилають ширококомвні повідомлення в усі порти. За виключенням того, від якого це повідомлення було отримано. Так, коли станція А, надсилає ширококомвний фрейм у мережу, він потрапляє до портів 1/1 обох мостів. Далі ці мости надсилають один одному через порти 1/2. І так далі. Отже, у мережі будуть нескінченно циркулювати ширококомвні фрейми в обох напрямках

(за та проти годинникової стрілки). Широкомовні фрейми значно знижують пропускну спроможність мережі, а в ряді випадків роблять її взагалі нероботоздатною.

Викривлення інформації у таблицях MAC-адрес мостів - це процес нескінченного циркулювання одноадресних повідомлень у петлях мережі на основі мостів.

Припустимо, наприклад, що станція А має запис про станцію Б в таблиці ARP і надсилає одноадресний пакет ping до станції Б. Станція Б тимчасово від'єднана від мережі, і відповідний запис в таблиці комутатора був вилучений. Припустимо, що обидва комутатори не використовують протокол STP. Тоді, фрейм надходить на порти 1/1 обох комутаторів (етап 2). Розглянемо ситуацію щодо моста Cat1. Оскільки станція Б знаходиться в несправному стані, то в таблиці моста Cat1 немає записів про MAC-адресу BB-BB-BB-BB-BB-BB, і тому Cat1 пропускає одержаний фрейм далі в мережу (етап 3). На етапі 4 Cat2 через порт 1/2 одержує фрейм відправлений Cat-1. Це призводить до виникнення двох таких ситуацій.

1. У таблиці комутатора Cat-2 немає запису з MAC-адресою BB-BB-BB-BB-BB-BB (етап 5), і фрейм надсилається далі на порт 1/1, що створює зворотну петлю і призводить до нероботоздатності мережі.

2. Комутатор Cat2 одержує через порт 1/2 фрейми з MAC-адресою відправника AA-AA-AA-AA-AA-AA, а потім змінює запис в своїй таблиці про MAC-адресу станції A з порту 1/1 на порт 1/2.

Оскільки фрейми циркулюють у зворотному напрямі (як було показано вище, петлі циркуляції фреймів існують в обох напрямках), то відбувається циклічне змінення даних про MAC-адресу станції A з порту 1/1 комутатора Cat2 на порт 1/2.

Отже, одноадресні повідомлення не лише насичують мережу, а й ви-кривляють інформацію в MAC-таблицях комутаторів, що призводить до порушення роботоздатності такої мережі. Для уникнення вищевказаних проблем у мережах на основі мостів використовується протокол зв'язуючого дерева.

Переваги і недоліки мостів

Переваги:

- збільшують кількість робочих станцій або сегментів, які можна об'єднати, тобто дозволяють збільшити розмір мережі;
- дозволяють взаємне сполучення різних сегментів, у яких застосовані різні протоколи рівня MAC;

- оскільки мости працюють на рівні MAC, то вони прозорі для протоколів вищих рівнів;
- фільтрують рамки, не адресовані до конкретного сегменту, або рамки з помилками, що зменшує трафік в окремих сегментах мережі;
- шляхом поділу локальної мережі на менші сегменти збільшують її надійність і роблять мережу простішою для управління;
- підвищують стійкість мережі до відмов шляхом ізоляції несправного сегменту і реконфігурації шляху при неспроможності попереднього;
- якщо використовується алгоритм остовного дерева, то можливе використання надлишкових шляхів (петель);
- часто мають можливість використання протоколу управління мережею SNMP (із стека протоколів TCP/IP) з віддаленим доступом і конфігуруванням.

Недоліки:

- мости можуть бути перевантажені протягом періодів високого трафіку;
- буферизація рамок спричиняє затримки в мережі;
- мости, які об'єднують різні протоколи MAC, вимагають модифікації рамок перед їх передачею до іншого сегмента; це викликає додаткові затримки;

- не можуть розділяти рамки на менші частини і відновлювати їх на приймальному кінці;
- не завжди вибирається найкоротший шлях при застосуванні алгоритму остовного дерева;
- не використовуються надлишкові шляхи до інших сегментів (могли б бути використані, коли основний шлях перевантажений);
- неефективні в складних мережах.

ШЛЮЗ ЯК МІЖМЕРЕЖЕВІ ПРИСТРОЇ ЗВ'ЯЗКУ. ПРИЗНАЧЕННЯ, ВИКОНУВАНІ ФУНКЦІЇ, ПОБУДОВА, ПРИНЦИП ДІЇ, ОБЛАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ.

Шлюз (gateway) є мережевий пристрій, що забезпечує взаємодію між різними пристроями, системами або протоколами, і який може працювати на будь-якому рівні мережного обміну в залежності від заданих йому функцій. Найчастіше шлюзи використовуються для перетворення протоколів. Таке перетворення може знадобитися при передачі даних з однієї локальної мережі до іншої або з локальної мережі до глобальної. Деякі шлюзи дозволяють мережевим комп'ютерам звертатися до мейнфрейму, що знаходиться в тій же локальній мережі, або підключатися до глобальної мережі для передачі інформації на великі відстані. Наприклад, комп'ютери в локальній мережі можуть взаємодіяти з мейнфреймом IBM через шлюз SNA, підключений до тієї самої мережі. Інші шлюзи призначені для обробки міжмережєвих пакетів, що генеруються спеціальним програмним забезпеченням, наприклад, електронних листів. Оскільки зазвичай

шлюзи виконують дуже обмежену кількість спеціалізованих функцій, вони використовуються рідше, ніж маршрутизатори і мости.

Подібно до маршрутизаторів шлюзи можуть бути автономними пристроями або службами операційної системи. Наприклад, комп'ютер під керуванням IBM AIX можна налаштувати як шлюз SNA, або сервер Windows 2000 з встановленим протоколом TCP/IP може працювати як шлюз до сервера NetWare , що використовує протокол IPX/SPX.

Шлюзи та мости дозволяють з'єднувати такі мережі один з одним.

Міст - це пристрій, що з'єднує дві локальні мережі, які, можливо, використовують ту саму процедуру управління логічним каналом зв'язку (LLC), наприклад, Ethernet , але різні процедури управління доступом до середовища передачі даних (MAC). Шлюз – це ширше поняття, ніж міст. Він діє вищому рівні, ніж рівень передачі, і застосовується перетворення інтерфейсів і протоколів. Шлюзи дозволяють передавати дані через мережі різного типу, що входять до складу Internet .

Шлюзи Термін шлюз (gateway) використовується в багатьох контекстах, але найчастіше він позначає програмний або апаратний інтерфейс, що забезпечує взаємодію між двома різними типами мережевих систем або програм. Наприклад, за допомогою шлюзу можна виконувати такі

операції: • перетворювати широко використовувані протоколи (наприклад, TCP/IP) на спеціалізовані (наприклад, на SNA);

- перетворювати повідомлення з одного формату на інший;
- перетворювати різні схеми адресації;
- пов'язувати хост-комп'ютери з локальною мережею;

- забезпечувати емуляцію терміналу для підключень до хост-комп'ютера ;
- перенаправляти електронну пошту на потрібну мережу;

- з'єднувати мережі із різними архітектурами.

Шлюзи мають безліч призначень, тому можуть працювати на будь-якому рівні OSI. Традиційно шлюз являє собою мережевий пристрій, що перетворює один протокол на інший, структурно відмінний. Такі шлюзи працюють на мережному рівні моделі OSI. Одним із кращих прикладів Шлюзу даного типу є шлюз, що транслює протокол Systems Network Architecture (SNA) компанії IBM, що забезпечує взаємодію між мейнфреймами , в інший протокол, наприклад, в більш поширений протокол TCP / IP. Недолік традиційних шлюзів при трансляції протоколів у тому, що вони працюють повільніше проти іншими рішеннями і, отже, використовуються дедалі рідше. В даний час для взаємодії з мейнфреймами IBM існують два ефективніші засоби. Найпростіше рішення – протокол Data Link Control (DLC), який може

використовуватися для підключення до мейнфрейму лише робочих станцій під керуванням Windows 95/98, Windows NT та Windows 2000/XP.

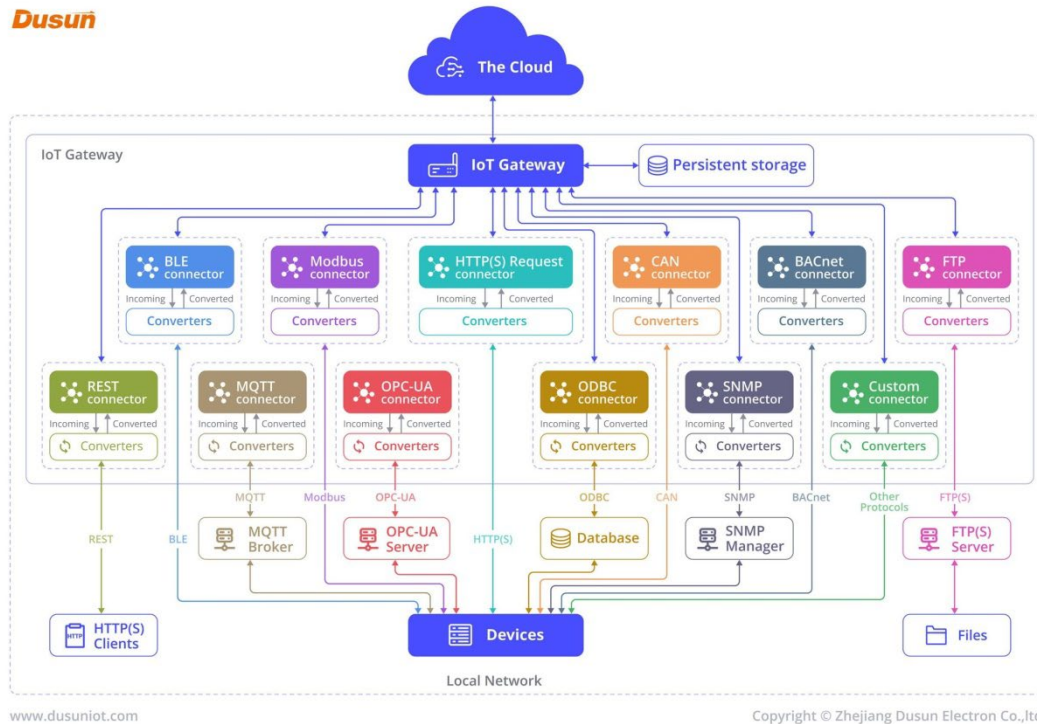
Для мереж, в яких до мейнфрейму повинні звертатися інші операційні системи (наприклад, UNIX), компанія IBM надає доступ до протоколу TCP/IP, а також оснащує мейнфрейми інтерфейсами TCP/IP.

Іншим прикладом шлюзу, який перетворює протоколи, який до того ж транслює запити до служб каталогу, є служби Gateway Services for NetWare компанії Microsoft . Вони дозволяють користувачам, зареєстрованим у системах Windows NT, Windows 2000 чи Windows Server 2003 звертатися до ресурсів сервера NetWare через проміжне звернення Windows -серверу. Якщо налаштувати сервер Windows 2000 як шлюз до сервера NetWare , користувачі будуть звертатися до сервера Windows 2000 за протоколом TCP/IP. Пройшовши через цей сервер, вони зможуть отримати доступ до сервера NetWare , налаштованого працювати з протоколом IPX/SPX. Шлюз може також за допомогою протоколу LDAP забезпечити загальний доступ до облікових записів користувачів та іншої інформації, що зберігається як у каталозі Active Directory , так і в службах каталогу NetWare , які називають NetWare Directory Служби . Цей протокол доступу до служб каталогу. Термін "шлюз" також часто використовується для визначення програмних засобів, що

перетворюють повідомлення електронної пошти з одного формату до іншого. Шлюзи цього працюють на Прикладному рівні моделі OSI. Шлюзи електронної пошти, такі як Mail and Messaging Services компанії Microsoft , Lotus Notes та Mercury Mail використовуються повсюдно на поштових серверах.

Шлюз IoT по суті є а розумний центральний концентратор для пристроїв IoT. Пристрої-шлюзи IoT з'єднують пристрої Інтернету речей (IoT) із хмарою та один з одним, перетворюючи зв'язок пристроїв IoT і фільтруючи дані в корисну інформацію.

Серверні платформи (керування даними, пристроями та абонентами) і кінцеві пристрої (сенсори, виконавчі механізми або більш складні пристрої) підключаються до шлюзу IoT за допомогою комунікаційних технологій. Він має обчислювальну платформу, яка дозволяє попередньо встановленим або визначеним користувачем програмам керувати даними, пристроями, безпекою, зв'язком та іншими функціями, пов'язаними зі шлюзом (для маршрутизації та обчислення на межі).

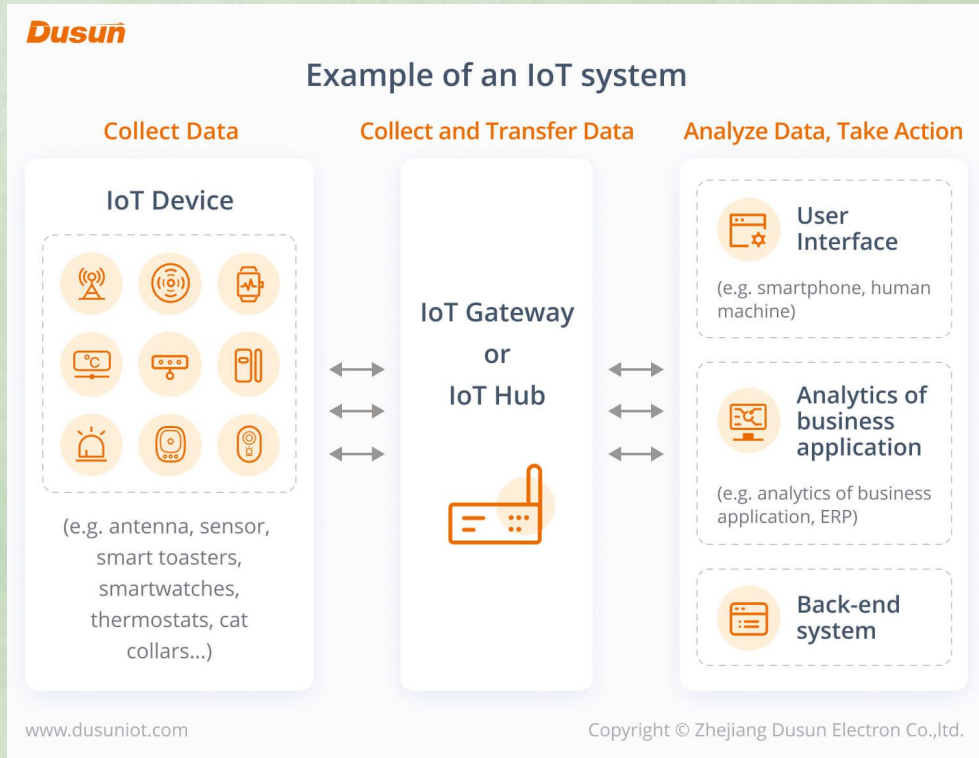


IoT відноситься до всіх пристроїв, підключених до Інтернету. Тим не менш, його все частіше використовують для опису всіх «розумних» пристроїв, включаючи годинники, холодильники, автомобілі та інші, які «розмовляють» один з одним. Ці системи створюють мережу фізичних «речей», які спілкуються через Інтернет. Бездротові мережі та дешеві комп'ютерні мікросхеми дозволяють будь-чому приєднатися до Інтернету речей.

Розумні тостери, підключені термометри та нашийники для котів – це пристрої, підключені до Інтернету. Керовані за допомогою програми офісні світильники, термостати, датчики руху та

лампочки є пристроями Інтернету речей. Комп'ютери мають багато датчиків, але вони не вважаються пристроями Інтернету речей (IoT), як смартфони. Розумні годинники, браслети для фітнесу та інші пристрої, які можна носити, можуть бути пристроями Інтернету речей.

Інтелектуальні вбудовані «речі» утворюють архітектуру IoT (процесори, датчики та обладнання). Ці пристрої використовують дані навколишнього середовища для надсилання, керування та зберігання даних і систем. Пристрої IoT використовують шлюзи, платформи або інші пристрої для аналізу та обміну даними датчиків. Платформа IoT знаходить закономірності, вносить пропозиції та передбачає проблеми. Машинне навчання та AI допомагають розробникам IoT збирати дані швидше та динамічніше (AI)



Компоненти шлюзу Інтернету речей відрізнятимуться від одного випадку використання до наступного. Шлюз Інтернету речей — це малопотужний комп'ютер, який діє як межовий сервер. Він також може виконувати функції Інтернет-маршрутизатора, оскільки він може встановити локальну Інтернет-мережу, як це робить маршрутизатор у вашому домі чи на роботі.

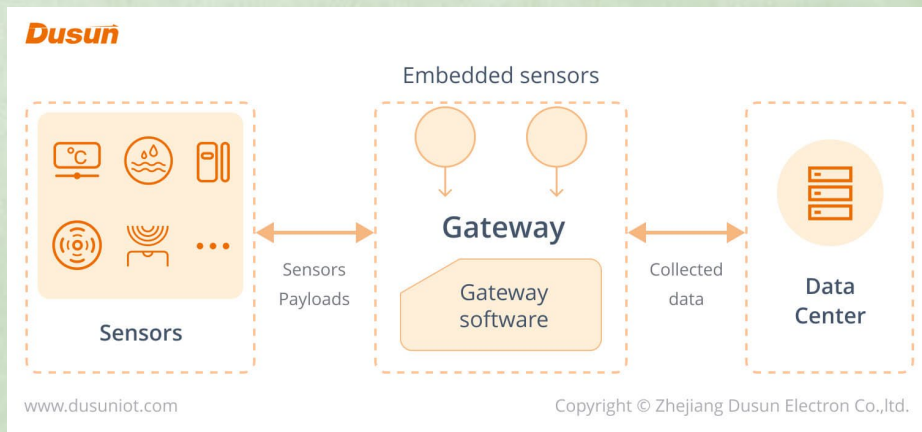
У більшості випадків шлюзи Інтернету речей можуть під'єднуватися до Інтернету за допомогою стільникових даних і фіксованого Інтернету через порт Ethernet, розташований на

пристрої. До шлюзу можна підключити інші пристрої різними способами, залежно від типів шлюзу, що використовується.

Шлюзи IoT використовують протоколи зв'язку для встановлення з'єднань. Для підключення розподілених пристроїв IoT до шлюзу IoT можна використовувати бездротовий або дротовий зв'язок. Інтернет речей може використовувати різноманітні середовища передачі, включаючи WiFi, LoRa, LTE та протоколи бездротової передачі дальньої дії, такі як Bluetooth LE, Zigbee та Z-wave.

Огляд архітектури. Наведена нижче діаграма архітектури шлюзу є найпоширенішим архітектурним проектом, де сам шлюз не оснащений датчиками. Програмне забезпечення шлюзу, встановлене на пристрої, відповідає за збір даних із датчиків, попередню обробку даних та відправку результатів у центр обробки даних.

Існують потенційні зміни в цій архітектурі датчика, деякі з яких розташовані на пристрої шлюзу, як показано на схемі нижче. Він може бути присутнім у вбудованих датчиках шлюзу, які можуть включати такі опції, як пристрій GPS або датчик температури, підключений до шлюзу за допомогою інтерфейсу GPIO.



Програмне забезпечення для шлюзів

Серце шлюзу складають програмні додатки. Програмне забезпечення шлюзу відповідає за збір даних із датчиків і належне їх зберігання, поки їх не можна буде попередньо обробити та надіслати до центру обробки даних. Програмне забезпечення шлюзу визначає, чи є дані на певному етапі обробки тимчасовими чи постійними в пам'яті.

При розробці програмного забезпечення шлюзу слід враховувати випадки відмови та аварійного відновлення. Оскільки шлюзи часто використовуються в польових умовах, ви повинні очікувати не ідеальних умов роботи.

Програмне забезпечення шлюзу, наприклад, має бути готове до відключень електроенергії або інших операцій, які можуть порушити обробку шлюзу. Після відновлення живлення

програмне забезпечення шлюзу має запуснитися автоматично та продовжити роботу з моменту переривання.

Програмне забезпечення шлюзу має бути достатньо інтелектуальним, щоб належним чином обробляти системні журнали. Він повинен досягти належного балансу між кількістю записів журналу, що зберігаються на пристрої, і тими, що надсилаються до центру обробки даних.

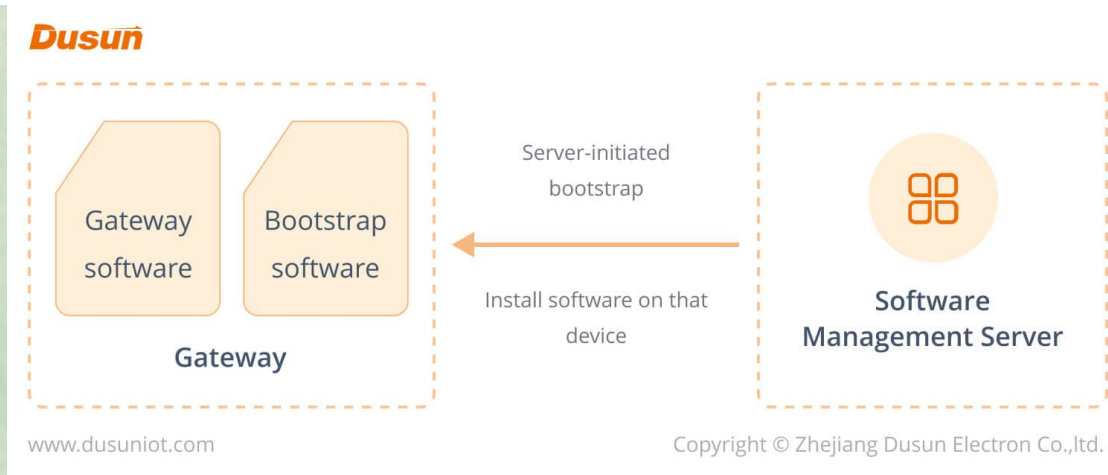
Є три основні рішення для програмного забезпечення шлюзу, що входить у пристрій.

Перший спосіб полягає в попередньому встановленні програмного забезпечення на диск шлюзу (або карту пам'яті). Цей метод називається заводським завантаженням. Як ви могли здогадатися, цей метод погано масштабується, якщо ваше рішення містить багато шлюзів.

Другий метод - ініційоване сервером завантаження. У цьому режимі центральний сервер керування програмним забезпеченням зв'язується зі шлюзом і розгортає на ньому правильну версію програмного забезпечення. Цей підхід масштабується краще, ніж заводська завантаження, але все одно вимагає, щоб операція розгортання ініціювалася на стороні сервера.

Третій спосіб - завантажувач, ініційований клієнтом. Цей режим передбачає, що шлюз відповідає за підключення до сервера центрального сховища та завантаження відповідної версії програмного забезпечення. У цьому випадку на шлюзі має бути встановлено спрощене програмне

забезпечення початкового завантаження, щоб він міг спілкуватися з сервером керування програмним забезпеченням. Цей метод є найбільш масштабованим.



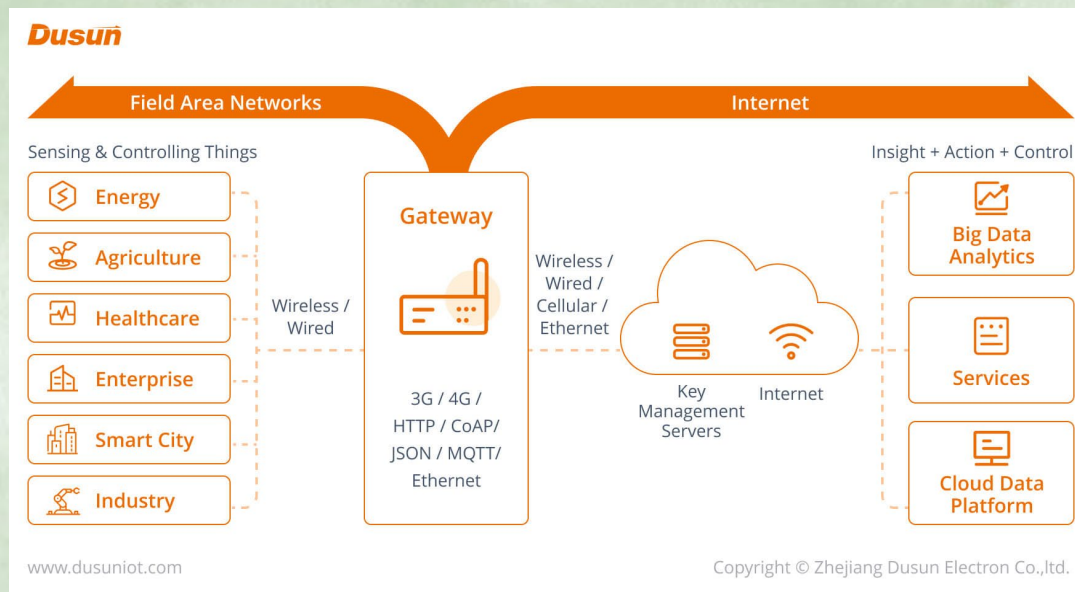
Дуже важливою особливістю шлюзів IoT є можливість завантажувати оновлення по повітрю. Майте на увазі, що після того, як програмне забезпечення шлюзу встановлено на пристрої та доставлено в поле, ви матимете дуже обмежені можливості щодо обслуговування програмного забезпечення шлюзу.

Можливість завантажувати оновлення програмного забезпечення по повітрю особливо важлива з точки зору безпеки. Це може вплинути на час доставки критичних виправлень безпеки, оскільки не вимагає централізованої координації операцій розгортання. Кожен шлюзовий пристрій завантажує програмне забезпечення, як тільки його вмикають.

Деякі з найпоширеніших прикладів шлюзів IoT включають:

- Підключення пристроїв один до одного
- Підключення пристроїв до хмари
- Трансляція зв'язку між пристроями IoT, які виробляються або експлуатуються різними компаніями

- Фільтрація даних
- Зниження ризиків безпеки
- Інтелект на межі



Підключення обладнання до хмари та іншого обладнання

Подібно до універсальних пультів дистанційного керування, подумайте про шлюзи IoT. Незважаючи на те, що ви можете мати різні пульти дистанційного керування, кожен з яких працює з окремим пристроєм, універсальний пульт дозволяє керувати кожним пристроєм з одного місця, заощаджуючи ваш час і енергію.

Пристрої все ще можуть функціонувати без шлюзів IoT і ними керувати окремо, але робити це складніше, і їх неможливо налаштувати на співпрацю. Шлюз IoT пропонує єдине місце, де дані передаються на пристрої та з них, оскільки він слугує центральним центром.

Хмара використовується для спілкування між користувачами та іншими пристроями. Ви спілкуєтеся з пристроями IoT через шлюзи IoT за допомогою програмного забезпечення з підтримкою хмари, коли надсилаєте або отримуєте їм інформацію, наприклад зміну протоколу.

Використовується все більше пристроїв Інтернету речей і розумних датчиків, а шлюзи Інтернету речей можуть підключатися, щоб розширити та оптимізувати свою функціональність у фізичному просторі. Ви можете швидко й легко додавати пристрої, заощаджуючи час і зусилля, встановлюючи універсальні шлюзи IoT на початку свого технологічного плану.

Фільтрація даних. Шлюз IoT забезпечує зв'язок між вашими пристроями IoT і оптимізує зв'язок шляхом фільтрації даних у корисну інформацію. Можливість переглядати кожен запис

була б марною та сповільнювала швидкість роботи та обміну даними пристроїв IoT, оскільки вони можуть записувати нові біти даних за частки секунди.

Щоб покращити зв'язок і час відгуку, шлюзи IoT є інтелектуальними та здатними працювати на межі. Кожен шлюз може розглянути та перевірити надані дані, перш ніж надсилати лише необхідні, відфільтровані дані в хмару.

Захист і зменшення ризиків. Ризики безпеки, пов'язані з пристроями IoT, зростають у міру збільшення їх використання. Ви, мабуть, чули жахливі історії про те, що Інтернет речей пішов з ладу, як-от «розумні» машини чи радіоняні Wi-Fi, які дозволяють хакерам прослуховувати.

Усі пристрої Інтернету речей (IoT) чутливі до зовнішнього втручання та злому, але шлюз IoT додає ще один рівень між пристроєм та Інтернетом. Навіть якщо ваш бізнес не збирається інвестувати значні кошти в Інтернет речей, шлюз дозволить інвестувати в майбутньому, підвищуючи безпеку пристроїв IoT, якими ви вже володієте.

визначеного представлення даних і моделі структури керування пристроєм.

Wi-Fi

Для налаштування мережі Wi-Fi необхідні пристрої, які можуть передавати бездротові сигнали, наприклад телефони, комп'ютери або маршрутизатори. Підключення до Інтернету

переміщується з загальнодоступної мережі в приватну домашню або офісну мережу вдома за допомогою маршрутизатора. У межах певного діапазону Wi-Fi підключає пристрої поблизу до Інтернету. Транслюючи сигнал, комп'ютери або телефони можуть спільно використовувати дротове або бездротове підключення до Інтернету з іншими пристроями, що є ще одним способом використання WiFi.

WiFi використовує радіохвилі, які передають дані на заздалегідь визначених частотах, як-от канали 2.4 ГГц або 5 ГГц. Різні бездротові пристрої можуть працювати на різних каналах в обох частотних діапазонах, що допомагає розподілити навантаження та запобігає перериванням підключення окремих пристроїв. Це значною мірою запобігає перевантаженню бездротових мереж.

Типовий діапазон стандартного з'єднання Wi-Fi становить 100 метрів. Однак найбільш типовий діапазон становить лише від 10 до 35 метрів. Потужність антени або частота передачі значно впливають на ефективне покриття мережі. Залежно від навколишнього середовища та від того, чи пропонується внутрішнє чи зовнішнє покриття, радіус дії та швидкість Інтернет-з'єднання WiFi змінюватимуться. Як наслідок, у міру наближення комп'ютера до основного джерела сигналу WiFi його швидкість зростає, а у міру віддалення від джерела – зменшується.

Стандарт ZigBee — це протокол обміну пакетними даними, який відносно простий у використанні, стійкий до помилок зв'язку та неавторизованих зчитувань і часто використовується в гаджетах з мінімальними системними вимогами, як-от мікроконтролери та датчики.

Протокол ZigBee IoT базується на самозбірній та самовідновлювальній топології мережі, що робить його простим у встановленні та обслуговуванні. У наші дні їх багато Постачальники шлюзу ZigBee пропонуючи пристрої, які підтримують цей відкритий стандарт, і його можна легко масштабувати до тисяч вузлів.

Різноманітність електронних пристроїв, включаючи телефон, клавіатуру, комп'ютер, ноутбук, мишу, КПК, принтер, гарнітуру або гучний зв'язок тощо, можна підключити без проводів завдяки технології Bluetooth. Якщо ви віддаєте перевагу поясненню у вікі-стилі, це відкритий стандарт, детально описаний у специфікації IEEE 802.15.1.

Його технічна специфікація включає три класи потужності передачі ERP 1-3 з дальністю 100, 10 і 1 метр на відкритому просторі. Найбільш популярним є другий (10 м) клас, що дозволяє підключати пристрої в різних приміщеннях і навіть на різних поверхах. Пристрій, який

використовує цей стандарт — адаптер Bluetooth — використовує радіохвилі в частотному діапазоні 2.4 ГГц ISM.

У технології Bluetooth дані передаються у вигляді пакетів по одному з 79 каналів із смугою пропускання 1 МГц (у випадку найстарішого стандарту Bluetooth 1.0), забезпечуючи максимальну швидкість передачі 721 кбіт/с.

Максимальна швидкість передачі даних до 3 Мбіт/с забезпечується 40 каналами та смугою пропускання 2 МГц найновішого стандарту Bluetooth 4.0. Важливо знати, що старіші версії Bluetooth сумісні з новими стандартами, які забезпечують швидшу передачу даних і більшу безпеку.

На даний момент існує два способи зв'язку між пристроями розумного будинку та шлюзами розумного будинку: дротовий і бездротовий. Незважаючи на те, що сигнал першого є стабільним, він має недоліки, пов'язані зі складним підключенням і високою вартістю.

Таким чином, із бурхливим розвитком технологій бездротового зв'язку відстань зв'язку та стабільність сигналу є достатніми для домашнього використання, тому бездротовий зв'язок поступово домінує у сфері розумного дому. В даний час основними методами бездротового зв'язку в області розумного дому є Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee та інфрачервоний порт.

Зі збільшенням кількості протоколів бездротового зв'язку немає єдиного стандарту для інтерфейсу зв'язку пристроїв розумного дому. Різні пристрої використовують різні протоколи зв'язку відповідно до методів проектування власних виробників.

Наприклад, розумний вимірник температури та вологості може використовувати протокол зв'язку Wi-Fi для завантаження даних. Можна використовувати протокол зв'язку Bluetooth або протокол зв'язку Zigbee.

Користувачі не можуть напряму спілкуватися зі смарт-пристроями за допомогою протоколів зв'язку, таких як Zigbee, через мобільні термінали керування (наприклад, мобільні телефони). Інформація про дані передається на мобільний телефон користувача.

Наразі більшість домашніх шлюзів на ринку підтримують лише один протокол зв'язку, сценарій застосування єдиний, а протокол зв'язку пристрою підтримки є фіксованим, що не може бути добре застосовано до сфери розумного дому, де співіснують кілька протоколів.

Через конкуренцію серед брендів пристроїв для розумного дому домашні шлюзи, вироблені різними виробниками, в основному підтримують зв'язок лише з власними марками пристроїв для розумного дому. Навіть якщо деякі домашні шлюзи можуть підтримувати пристрої сторонніх

виробників, вони все одно потребують програмування користувача, яке недостатньо зручно для звичайних користувачів.

Занадто погана сумісність. Для користувачів, якщо вони вибирають певну марку шлюзу, вони можуть вибрати лише деякі розумні домашні пристрої, які підтримують протокол зв'язку шлюзу цієї марки, що накладає великі обмеження на використання користувача.

Якщо користувачі обирають різні бренди пристроїв для розумного дому, їм потрібно налаштувати кілька домашніх шлюзів, що збільшує вартість і складність системи, а продукти різних брендів не можуть бути пов'язані між собою та не можуть досягти інтелекту в середовищі IoT.

Багатопротокольний шлюз

Пристрої різних виробників і різні протоколи не можуть бути з'єднані між собою, що призводить до проблем, які зменшують взаємодію з користувачем. Хороший шлюз може забезпечити структуру шлюзу для багатопротокольного перетворення, яке може реалізувати багатопротокольний аналіз і вирішити проблему неможливості керування зв'язком між термінальними пристроями через різні протоколи.

DUSUN багатопрокольний шлюз опори Стільниковий LTE, Wi-Fi, Zigbee, BLE, Z-WAVE, Sub-G, Lorata інші протоколи. Багатопрокольний шлюз може підключатися до мережі через Wi-Fi LTE, Zigbee, BLE і Z-WAVE для підключення пристроїв.

Команда DUSUN Шлюз може здійснювати багатопрокольний аналіз, і користувачі можуть легко вибрати потрібний протокол, зменшуючи витрати та кроки. Наразі, DUSUNТехнологія компанії отримала сертифікат Zigbee, BQB, що гарантує, що наші продукти продаються на місцевому рівні відповідно до законів і правил.

Для споживачів, вибираючи шлюз, вибирайте продукти з якомога більшою кількістю протоколів. Крім того, хороший шлюз повинен мати літєву батарею. У разі відключення електроенергії або її відсутності такі шлюзи залишаються працездатними, забезпечуючи безпеку та стабільність даних. DUSUNПродукти серії gateway оснащені літєвими батареями, що мінімізує турботи для клієнтів.

Варто зазначити, що інтеграція кількох антен в один пристрій, як забезпечити, щоб вони не заважали одна одній, є складною проблемою, з якою стикаються багато виробників. DUSUN вирішує цю проблему з технічного рівня.

Найкращі хмарні сервіси для підключення шлюзу Інтернету речей

Можливості пристроїв Інтернету речей і хмарних обчислень об'єднуються хмарними платформами Інтернету речей, які потім надаються як наскрізна послуга. Зараз на ринку доступно багато хмарних платформ Інтернету речей (IoT).

Ці платформи надаються різними постачальниками послуг і містять широкий спектр програм. У цьому розділі зібрано список найнадійніших хмарних служб.

Для більшості програм IoT життєвий цикл пристрою становить Від 10 до 20 років і більше. Але «низька потужність» насправді є проявом набагато ширшої та універсальнішої проблеми, яку бездротове підключення має вирішити для IoT: довголіття. Довговічність визначається як тривалий термін служби або з точки зору технології: тривалий життєвий цикл пристрою.

Які відмінності між шлюзом IoT і маршрутизатором. І шлюзи IoT, і маршрутизатори функціонують як міст, що з'єднує різні типи пристроїв і комунікаційних технологій. Хоча шлюз IoT і маршрутизатор дуже схожі, шлюз IoT виконує набагато більше функцій. Простіше кажучи, шлюз IoT може виконувати складні завдання як в режимі офлайн, так і в режимі онлайн, тоді як маршрутизатор може підключати пристрої до Інтернету, лише коли він онлайн.

МАРШРУТИЗАТОР: ПРИЗНАЧЕННЯ, ВИКОНУВАНІ ФУНКЦІЇ, ПОБУДОВА, ПРИНЦИП ДІЇ, ОБЛАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ.

Мости та маршрутизатори, строго кажучи, не зовсім правильно відносити до специфічного мережного обладнання. Спочатку вони являли собою універсальні комп'ютери, що працюють у мережі та виконують специфічну функцію з'єднання двох або більше частин мережі. Щоправда, зараз вже існують мости та маршрутизатори, які жорстко спеціалізовані на роботі в мережі. Зокрема, маршрутизатори випускаються рядом фірм у вигляді модулів, що встановлюються в концентратори на базі шасі . Їхня вартість нижча, ніж маршрутизаторів на базі комп'ютерів, а швидкодія вища, тому що вони вузько спеціалізовані.

Функції мостів

Мости донедавна були основними пристроями, що застосовувалися для розбиття мережі на частини (тобто сегментування мережі). Їхня вартість менша, ніж маршрутизаторів, а швидкодія вища, до того ж вони, як і комутатори, прозорі для протоколів другого рівня моделі OSI. Абоненти мережі можуть не знати про наявність у мережі мостів, і всі їхні пакети доходять до потрібного адресата по мережі без проблем.

За функціями міст дуже близький до комутатора, але повільніше, ніж комутатор.

Міст зазвичай має від двох до чотирьох портів, причому кожен з них з'єднаний з одним із сегментів мережі. У випадку, коли міст виконується на базі універсального комп'ютера, цей комп'ютер просто встановлює необхідну кількість мережевих адаптерів, і до кожного з адаптерів підключається сегмент мережі. Комутатор у цьому сенсі набагато зручніший, він має значно більше портів (не менше 8).

Як і у разі комутаторів, конфігурація мережі з мостами може бути досить складною (рис. 1), але в ній у жодному разі не повинно бути замкнутих маршрутів (петель), тобто альтернативних шляхів доставки пакетів (рис. 2). Це пов'язано насамперед з тим, що мости, як і комутатори, прозорі для ширококомовних пакетів. Якщо в мережі є петлі, то в результаті багаторазового проходження ширококомовних пакетів замкнутим маршрутом виникають навантаження мережі (так звані ширококомовні шторми) та ряд інших проблем.

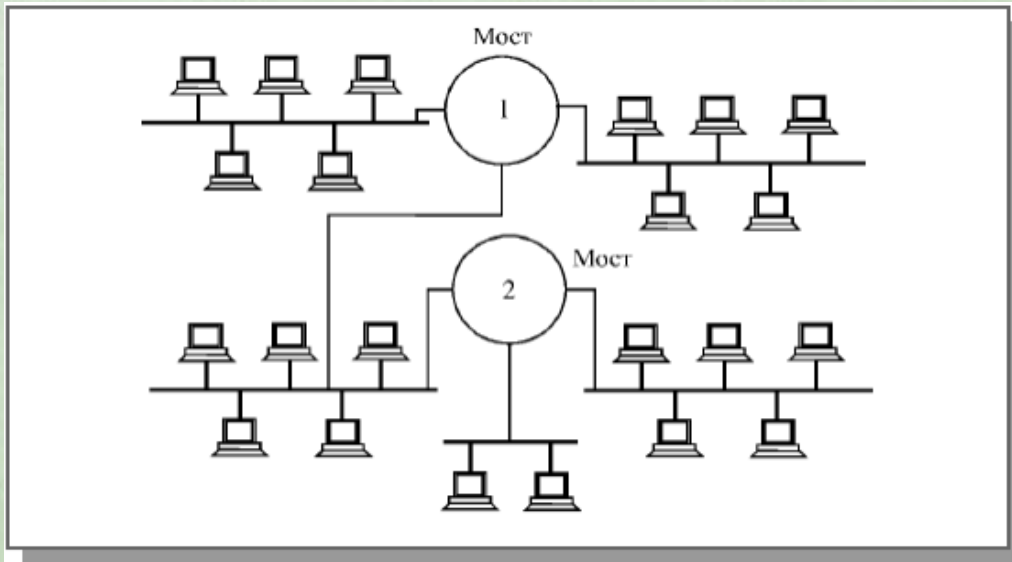


Рис. 1. Мережа з мостами

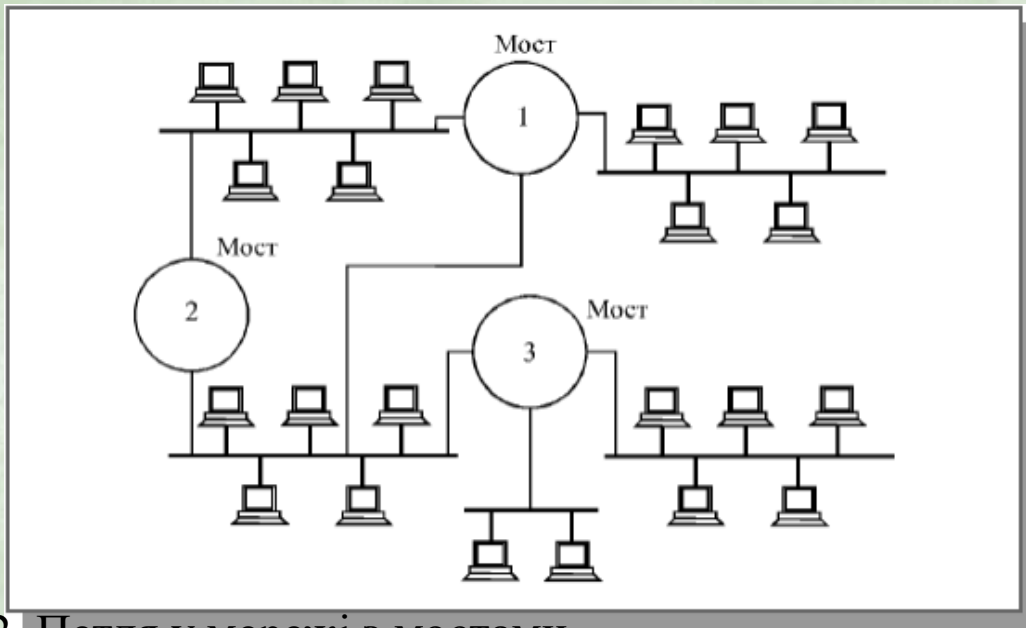


Рис 2. Петля у мережі з мостами

Для того, щоб цього не відбувалося, у мостах передбачається так званий алгоритм основного дерева (spanning tree), який дозволяє відключати порти, що беруть участь у створенні петель (наприклад, обидва порти моста 2 на рис. 2) в результаті діалогу (обміну керуючими пакетами) між усіма мостами мережі. Завдяки цьому можна спеціально дублювати з'єднання сегментів за допомогою мостів (створювати петлі) з тим, щоб при відмові однієї з ліній зв'язку автоматично відновлювати цілісність мережі альтернативним маршрутом.

Комутатори зазвичай не підтримують алгоритм основного дерева за винятком найскладніших і найдорожчих. Тож у цьому сенсі міст більш універсальний, ніж комутатор.

Традиційно мости поділяються на внутрішні та зовнішні.

Внутрішні мости виконуються на основі комп'ютера-сервера, який встановлюють мережні адаптери (зазвичай до чотирьох), підключені до різних сегментів мережі. Строго кажучи, саме ці мережеві адаптери та відповідні програмні засоби називаються внутрішнім мостом.

Зовнішній міст є робочою станцією, в яку встановлені два мережеві адаптери. У цьому випадку, на відміну від внутрішнього моста, сегменти можуть бути лише однотипними (наприклад, Ethernet-Ethernet).

Зовнішній міст може бути виділеним (dedicated) або невиділеним (non - dedicated)

залежно від того, чи виконує комп'ютер робочої станції ще якісь функції, крім мережевих. Термін "зовнішній" використовується у разі стосовно серверу, як основний комп'ютер мережі. У будь-якій мережі може бути одночасно як зовнішній, так і внутрішній міст або кілька мостів.

Мости, як і комутатори, поділяють зону конфлікту (область колізії, Collision Domain), але з поділяють широкомовну область (Broadcast Domain), тобто частину мережі, у якій вільно проходять широкомовні пакети. Внаслідок поділу зони конфлікту навантаження на кожен сегмент зменшується, а обмеження на розмір мережі долається.

Одночасно міст може обробляти (ретранслювати) лише один пакет, а не кілька, як комутатор. Справа в тому, що всі функції моста виконуються послідовно одним центральним процесором. Саме тому міст працює значно повільніше, ніж комутатор.

Як і в комутаторі, будь-який пакет, що приходить на один із портів моста, обробляється таким чином:

1. Міст виділяє MAC-адресу джерела (відправника) пакета та шукає його в таблиці адрес абонентів, що відноситься до даного порту. Якщо цієї адреси в таблиці немає, він туди додається. Таким чином, автоматично формується таблиця адрес усіх абонентів кожного сегмента з підключених до портів моста.

2. Міст виділяє адресу приймача (одержувача) пакета і шукає їх у таблицях адрес, що стосуються всіх портів. Якщо пакет адресований той же сегмент, з якого він прийшов, то він не ретранслюється (відфільтровується). Якщо пакет широкомовний або багатопунктовий (груповий), то він ретранслюється у всі порти крім того, хто прийняв. Якщо пакет однопунктовий (адресований одному абоненту), він ретранслюється лише у той порт, якого приєднаний сегмент із цим абонентом. Нарешті, якщо адресу приймача не виявлено в жодній з таблиць адрес, то пакет посилається в усі порти, крім того, хто прийняв (як широкомовний).

Таблиці адрес абонентів мають обмежений розмір, тому вони формуються так, щоб мати можливість автоматичного оновлення вмісту. Адреси тих абонентів, які довго не надсилають пакетів, через заданий час (за стандартом IEEE 802.1D воно дорівнює 5 хвилин) стираються з таблиці. Це гарантує, що адреса абонента, відключеного від мережі або перенесеного в інший сегмент, не займатиме зайвого місця в таблиці.

Оскільки міст, подібно до комутатора, аналізує інформацію всередині кадру (фізичні адреси, MAC-адреси), часто кажуть, що він ретранслює кадри, а не пакети (на відміну від репітера або репітерного концентратора).

Як і у випадку комутаторів, для ефективної роботи моста необхідно виконувати згадуване

"правило 80/20", тобто більшість передач (не менше 80%) мають бути внутрішньосегментними, а не міжсегментними.

Подібно до комутаторів Store-and-Forward, мости можуть підтримувати обмін між сегментами з різною швидкістю передачі (Ethernet і Fast Ethernet), а також забезпечувати сполучення напівдуплексних та повнодуплексних сегментів. Повний прийом пакетів у буферну пам'ять мосту та їх подальша передача легко вирішують такі проблеми.

Тобто мости та комутатори дуже близькі за своїми характеристиками.

Проте мост має велику перевагу. Мости можуть не тільки з'єднувати однойменні сегменти, але також сполучати мережі Ethernet та Fast Ethernet з мережами будь-яких інших типів, наприклад, FDDI або Token-Ring, що не під силу більшості комутаторів. Тому мости, хоч і витісняються комутаторами, таки не зникнуть найближчим часом.

Функції маршрутизаторів

Витісняючи мости, комутатори сильно потіснили і маршрутизатори. Але маршрутизатори працюють на вищому, третьому рівні моделі OSI (мости та комутатори – на другому), вони мають справу з протоколами вищих рівнів. Тому їм, найімовірніше, не загрожує повне зникнення.

Маршрутизатори, як і мости або комутатори, ретранслюють пакети з однієї частини мережі в іншу (з одного сегмента в інший). Спочатку маршрутизатор від мосту відрізнявся тільки тим, що на комп'ютері, що з'єднує дві або більше частини мережі, було інше програмне забезпечення. Але між маршрутизатором та мостом існують і принципові відмінності:

- Маршрутизатори працюють не з фізичними адресами пакетів (MAC-адресами), а з логічними адресами мережі (IP-адресами або IPX-адресами).
- Маршрутизатори ретранслюють не всю інформацію, що надходить, а тільки ту, яка адресована їм особисто, і відкидають (не ретранслюють) широкомовні пакети, розділяючи тим самим широкомовну область мережі (Broadcast Domain). Усі абоненти обов'язково повинні знати про наявність у мережі маршрутизатора. Вони не прозорі для абонентів на відміну від мостів та комутаторів.
- Найголовніше – маршрутизатори підтримують мережі з безліччю можливих маршрутів, шляхів передачі, так звані пористі мережі (meshed networks). Приклад такої мережі показано на рис.3. Мости ж вимагають, щоб у мережі не було петель, щоб шлях поширення інформації між двома будь-якими абонентами був єдиним.

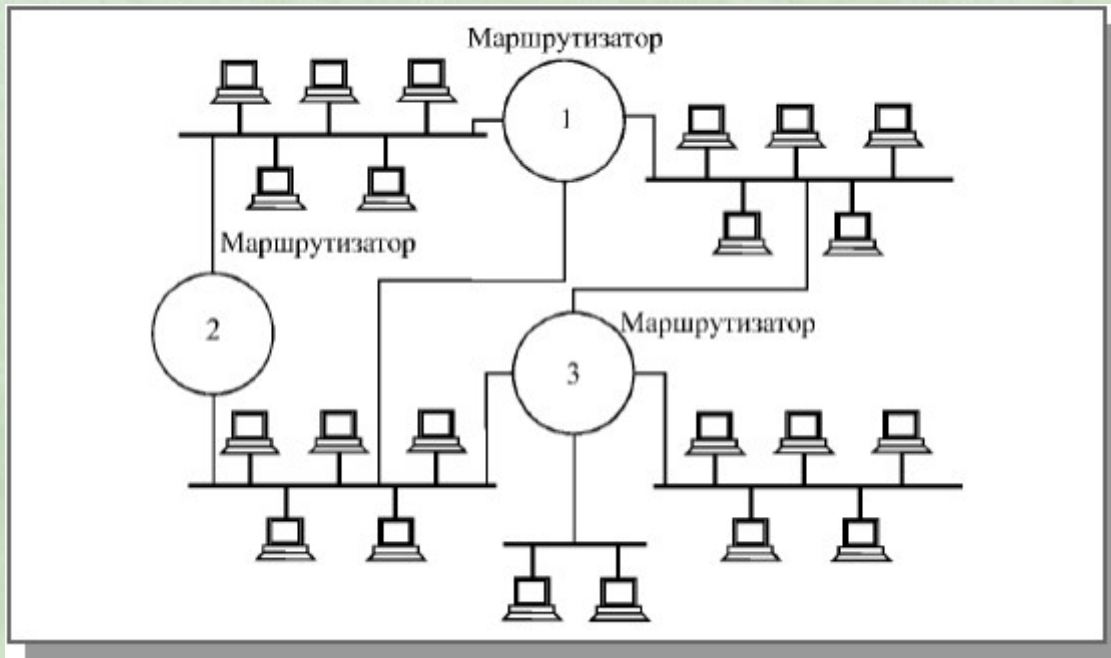


Рис. 3. Пориста мережа з маршрутизаторами

Маршрутизатори складніші за мости і комутатори і, отже, дорожчі (наприклад, вартість комутації в Ethernet приблизно в 10 разів нижча за вартість маршрутизації). Маршрутизаторами складніше керувати, вони майже завжди значно повільніші за комутатори. Зате вони забезпечують найглибший поділ мережі на частини.

Якщо репітерні концентратори всього лише повторюють всі пакети (рівень 1 моделі OSI), а

комутатори і мости ретранслюють тільки міжсегментні і ширококомвні пакети (рівень 2 моделі OSI), то маршрутизатори з'єднують практично самостійні, не впливають один на одного мережі, зберігаючи при цьому можливість передачі між ними (рівень 3 моделі OSI).

Розмір мережі з маршрутизаторами практично нічим не обмежений: ні допустимими розмірами зони конфліктів, ні допустимою кількістю ширококомвних пакетів (які можуть не залишати місця для звичайних, однопунктових пакетів), ні можливими для комутаторів і мостів різноманітними навантаженнями. При цьому легко забезпечуються альтернативні, що дублюють шляхи поширення інформації для збільшення надійності зв'язку.

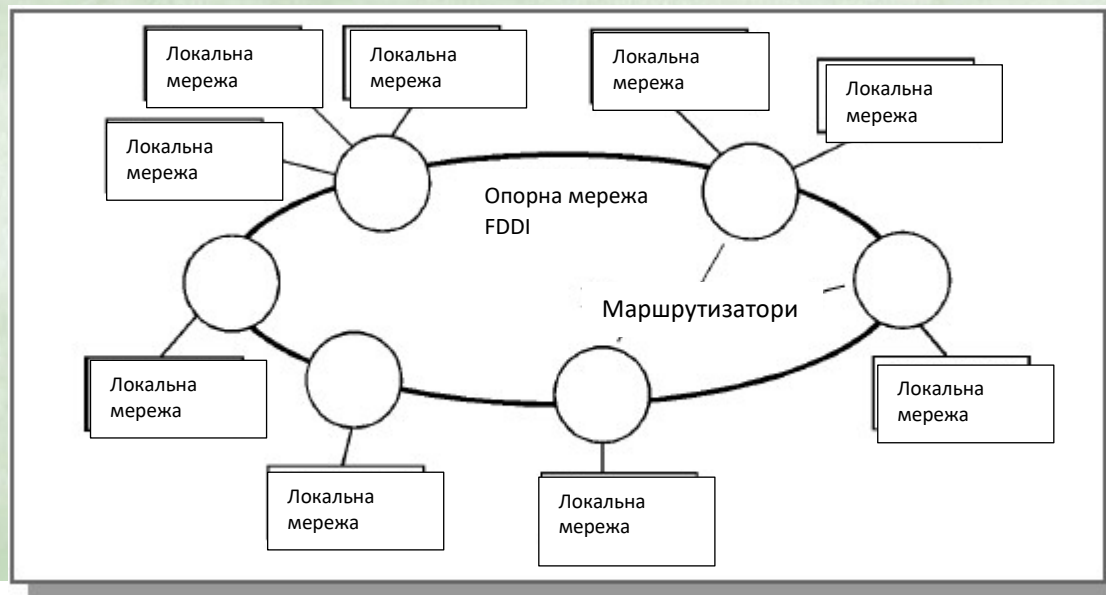
Для ухвалення рішення про вибір маршруту кожен маршрутизатор формує у своїй пам'яті таблиці даних, які містять:

- Номери всіх мереж, підключених до цього маршрутизатора;
- Список всіх сусідніх маршрутизаторів;
- Список MAC-адрес та IP (IPX)-адрес всіх абонентів мереж, підключених до маршрутизатора. Цей список автоматично оновлюється, як і у разі мостів та комутаторів.

Крім того, список усіх доступних маршрутизаторів повинен мати кожен абонент мережі.

Саме маршрутизатори найчастіше використовуються для зв'язку локальних мереж з глобальними, зокрема, з Інтернет, яка може розглядатися як мережа, що повністю маршрутизується. Перетворити протоколи локальних мереж на протоколи глобальних мереж для маршрутизатора цілком під силу.

Маршрутизатор часто застосовуються для об'єднання опорної (стрижневої) мережею типу FDDI безлічі локальних мереж або для зв'язку локальних мереж різних типів. Перетворення формату пакетів, необхідне в цій ситуації, для маршрутизатора не є складним. Наприклад, великі пакети мережі FDDI можуть розбиватися (фрагментуватися) на менших пакетів Ethernet.



Маршрутизатори легко перетворюють швидкості передачі, зв'язуючи, наприклад, між собою мережі Ethernet, Fast Ethernet і Gigabit Ethernet. Не пропускаючи ширококомовних пакетів, вони краще справляються із цим завданням, ніж мости чи комутатори, оскільки захищають повільні сегменти від перевантажень із боку швидких сегментів.

Маршрутизатор іноді об'єднують між собою. Багато сполучених один з одним маршрутизаторів можуть утворювати так звану хмару (Cloud), що представляє собою, по суті, один гігантський маршрутизатор. Таке з'єднання забезпечує виключно гнучкий і надійний зв'язок між усіма підключеними до нього локальними мережами.

Як уже зазначалося, можна вважати, що репітерні концентратори працюють із пакетами, а мости та комутатори – з кадрами. Маршрутизатори обробляють адресну інформацію, що відноситься до структури дейтаграм IP (IPX), яка вкладена в область даних кадру, в свою чергу вкладеного в пакет. Тому кажуть, що вони працюють із дейтаграмами, або ретранслюють дейтаграми. Маршрутизатор аналізує мережеву IP-адресу дейтаграми або мережеву IPX-адресу дейтаграми. В ці обидві адреси входять номер мережі, і саме ці мережі з'єднує маршрутизатор. Мережами у разі називаються ширококомовні області (Broadcast Domain).

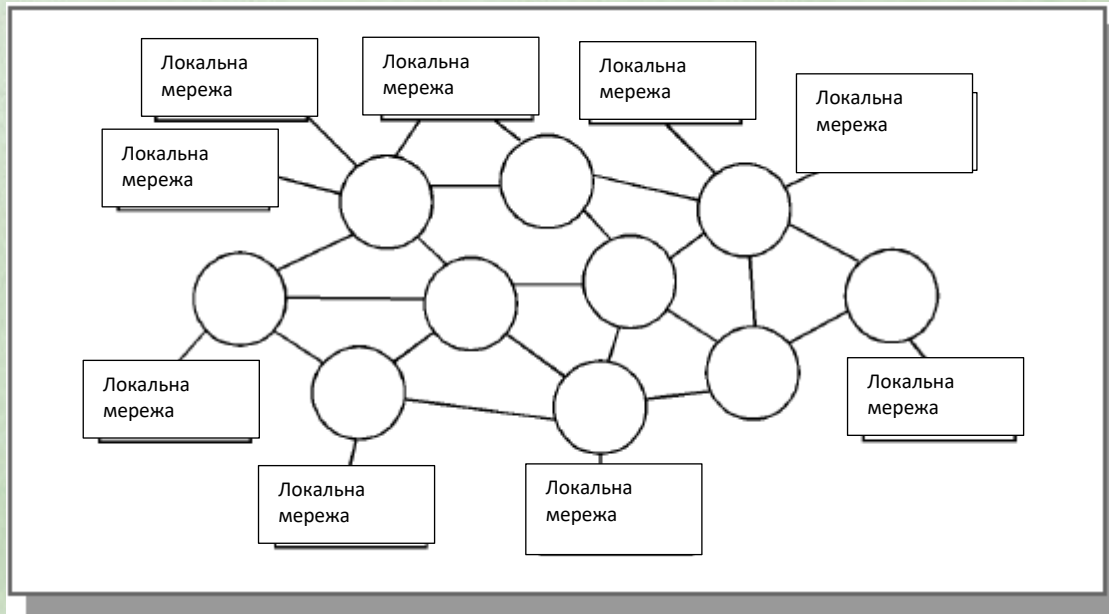


Рис. 5. Хмара, що маршрутизується

Кожен абонент, перш ніж надіслати пакет, визначає, чи може він надіслати його безпосередньо одержувачу або йому треба скористатися послугами маршрутизатора. Якщо номер власної мережі абонента, що передає, збігається з номером мережі абонента, якому повинен передаватися пакет, то пакет передається безпосередньо, без маршрутизації. Якщо ж адресат знаходиться в іншій мережі, то дейтаграма, що передається, повинна бути відправлена маршрутизатору, який потім переправить її в потрібну мережу. При цьому виходить, що пакет в цілому адресований маршрутизатору (як одному з абонентів власної

мережі), а дейтаграма, що укладена в ньому, адресована абоненту з іншої мережі, якому вона, власне, і призначена.

Маршрутизатор аналізує IP (або IPX) адреси в дейтаграмі, що приходить у складі пакета і перетворює пакет, що прийшов по одній з мереж, в пакет, призначений для іншої мережі. У полі адрес передаваного пакета він ставить MAC-адресу одержувача і свою MAC-адресу, як відправника пакета. Пакет у відповідь так само повинен пройти через посередника - маршрутизатора.

Хороший маршрутизатор дуже дорогий і складний у налаштуванні та експлуатації. Тому використовувати його слід тільки в тих випадках, коли це дійсно необхідно, наприклад, коли застосування комутаторів та мостів не дозволяє подолати навантаження мережі.

Мости-маршрутизатори. Призначення, виконувані функції, побудова, принцип дії.

Комутатори ЛОМ відрізняються великою різноманітністю можливостей і, отже, цін - вартість одного порту коливається в діапазоні від 50 до 1000 доларів. Однією з причин таких великих відмінностей є те, що вони призначені для вирішення різних класів завдань. Комутатори високого класу повинні забезпечувати високу продуктивність та щільність портів, а також підтримувати широкий спектр функцій керування. Такі пристрої часто, крім традиційної комутації на MAC-рівні, виконують функції маршрутизації. Прості та дешеві комутатори мають зазвичай невелику кількість портів і не здатні підтримувати функції керування.

Однією з основних відмінностей є архітектура, що використовується в комутаторі. Оскільки більшість сучасних комутаторів працюють на основі патентованих контролерів ASIC, пристрій цих мікросхем та їх інтеграція з іншими модулями комутатора (включаючи буфери виводу-введення) відіграють найважливішу роль. Комутатори, що також реалізують функції мережного рівня (маршрутизацію), оснащені, як правило, RISC-процесорами для виконання ресурсомістких програм маршрутизації.

Контролери ASIC для комутаторів ЛВС діляться на 2 класи - великі ASIC, здатні обслуговувати безліч портів, що комутуються (один контролер на пристрій), і невеликі ASIC, що обслуговують кілька портів і об'єднуються в матриці комутації. Питання масштабування та стратегія розробників комутаторів у галузі організації магістралей та/або робочих груп визначають вибір ASIC і, отже, швидкість просування комутаторів на ринок.

Існує три варіанти архітектури комутаторів:

- на основі комутаційної матриці (cross-bar);
- з багатовхідною пам'яттю (shared memory);
- на основі загальної високошвидкісної шини.

В даний час комутатори використовують як базову одну з трьох схем взаємодії своїх блоків або модулів:

- комутаційна матриця;
- багатовхідна пам'ять, що розділяється;
- загальна шина.

Часто ці три способи взаємодії комбінуються в одному комутаторі.

Характеристики, що впливають на продуктивність комутаторів

Продуктивність комутатора - та властивість, яку мережеві інтегратори та адміністратори чекають від цього пристрою насамперед.

Основними показниками комутатора, що характеризують його продуктивність, є:

- швидкість фільтрації кадрів;
- швидкість просування кадрів;
- пропускна спроможність;
- затримка передачі кадру.

Крім того, існує кілька характеристик комутатора, які найбільше впливають на зазначені характеристики продуктивності. До них відносяться:

- тип комутації – «на льоту» або з проміжним зберіганням;
- розмір буфера (буферів) кадрів;
- продуктивність внутрішньої шини;
- продуктивність процесора або процесорів;
- розмір внутрішньої адресної таблиці.

Швидкість фільтрації та швидкість просування.

Швидкість фільтрації та просування кадрів – це дві основні характеристики продуктивності комутатора. Ці показники є інтегральними показниками, де вони залежать від цього, як технічно реалізований комутатор.

Швидкість фільтрації (filtering) визначає швидкість, з якою комутатор виконує такі етапи обробки кадрів:

- прийом кадру до свого буфера;
- перегляд адресної таблиці з метою знаходження порту для адреси призначення кадру;
- знищення кадру, оскільки його порт призначення та порт джерела належать одному логічному сегменту.

Швидкість фільтрації практично у всіх комутаторів є неблокуючою – комутатор встигає відкидати кадри в темпі їх надходження.

Швидкість просування (forwarding) визначає швидкість, з якою комутатор виконує такі етапи обробки кадрів:

- прийом кадру до свого буфера;
- перегляд адресної таблиці з метою знаходження порту для адреси призначення кадру;
- передача кадру до мережі через знайдений за адресною таблицею порт призначення.

Як швидкість фільтрації, і швидкість просування вимірюються зазвичай у кадрах на секунду. Якщо в характеристиках комутатора не уточнюється, для якого протоколу і для якого розміру кадру наведено значення швидкостей фільтрації та просування, то вважається, що ці показники даються для протоколу Ethernet і кадрів мінімального розміру, тобто кадрів довжиною 64 байт (без преамбули) з полем даних 46. Якщо швидкості вказані для певного протоколу, наприклад, Token Ring або FDDI, то вони також дані для кадрів мінімальної довжини цього протоколу (наприклад, кадрів довжини 29 байт для протоколу FDDI). Застосування як основний показник швидкості роботи комутатора кадрів мінімальної довжини пояснюється тим, що такі кадри завжди створюють для комутатора найбільш важкий режим роботи в порівнянні з кадрами іншого формату при рівній пропускній здатності даних, що переносяться. Тому при проведенні тестування комутатора режим передачі кадрів мінімальної довжини використовується як найскладніший тест, який повинен перевірити здатність комутатора працювати за найгіршого поєднання параметрів трафіку. Крім того, для пакетів мінімальної довжини швидкість фільтрації та просування максимальна, що має важливе значення при рекламі комутатора.

Пропускна здатність комутатора вимірюється кількістю даних користувача (у мегабітах в секунду), переданих в одиницю часу через його порти. Так як комутатор працює на каналному рівні, для нього даними користувача є ті дані, які переносяться в поле даних кадрів протоколів каналного рівня - Ethernet, Token Ring, FDDI і т.д. п. Максимальне значення пропускної спроможності комутатора завжди досягається на кадрах максимальної довжини: при цьому частка накладних витрат на службову інформацію кадру набагато нижча, ніж для кадрів мінімальної довжини, а час виконання комутатором операцій з обробки кадру, що припадає на один байт інформації користувача, істотно менше. Тому комутатор може бути блокуючим для кадрів мінімальної довжини, але при цьому мати дуже добрі показники пропускної здатності.

Затримка передачі кадру вимірюється як час, минуле з приходу першого байта кадру на вхідний порт комутатора досі появи цього байта з його вихідному порту. Затримка складається з часу, що витрачається на буферизацію байт кадру, а також часу, що витрачається на обробку кадру комутатором - перегляду адресної таблиці, прийняття рішення про фільтрацію або просування та отримання доступу до середовища вихідного порту.

Величина затримки, що вноситься комутатором, залежить від режиму його роботи. Якщо комутація здійснюється «на льоту», то затримки зазвичай невеликі і становлять від 5 до 40 мкс, а за повної буферизації кадрів - від 50 до 200 мкс (для кадрів мінімальної довжини).

Комутатор - це багатопортовий пристрій, тому для нього прийнято всі наведені вище характеристики (крім затримки передачі кадру) давати у двох варіантах. Перший варіант - сумарна продуктивність комутатора при одночасної передачі трафіку по всіх портах, другий варіант - продуктивність, наведена в розрахунку на один порт. Зазвичай виробники комутаторів вказують загальну максимальну пропускну здатність пристрою.

Комутація з проміжним зберіганням та «на льоту». При комутації з проміжним зберіганням (store-and-forward) комутатор копіює весь кадр у буфер і тільки потім його передає. Перед відправкою кадру читаються його адресу призначення та адресу джерела, якщо треба, до них застосовується відповідний фільтр, і лише після цього кадр передається на вихідний порт. Природно, що цей спосіб передачі пов'язаний із затримками, причому чим більше кадр, тим більше часу потрібно на його прийом. Під час прийому кадру відбувається перевірка на наявність помилок.

Комутація "на льоту" (cut-through) - комутатор локальної мережі копіює у внутрішні буфери тільки адресу приймача (перші 6 байт після префікса) і відразу починає передавати кадр, не чекаючи його повного прийому. Цей режим зменшує затримку, але перевірка на помилки не виконується. Існує дві форми комутації «на льоту»:

Комутація із швидкою передачею (fast-forward switching) – це форма комутації пропонує низьку затримку за рахунок того, що кадр починає передаватися негайно, як тільки буде прочитано адресу призначення. Переданий кадр може містити помилки. У цьому випадку мережний адаптер, якому призначений цей кадр, відкине його, що викличе необхідність повторної передачі кадру. Інша форма комутації зменшує кількість пакетів, що передаються з помилками.

Комутація з вільними фрагментами (fragment-free switching) фільтрує колізійні кадри перед передачею. У правильно працюючій мережі кадр, що містить колізію, повинен бути менше 64 байт. Усі кадри з довжиною більше 64 байт вважаються правильними. Цей метод комутації чекає, поки отриманий кадр не буде перевірено щодо колізії, і тільки після цього почне його передачу.

Розмір адресної таблиці. Максимальна ємність адресної таблиці визначає граничну кількість MAC-адрес, з якими може одночасно оперувати комутатор. Так як комутатори найчастіше використовують для виконання операцій кожного порту виділений процесорний блок зі своєю пам'яттю для зберігання екземпляра адресної таблиці, розмір адресної таблиці для комутаторів зазвичай наводиться в розрахунку на один порт. Примірники адресної таблиці різних процесорних модулів не обов'язково містять одну й ту саму адресну інформацію - швидше за все, повторюваних адрес буде не так багато, якщо тільки розподіл трафіку кожного порту між іншими портами не цілком рівноймовірно. Кожен порт зберігає ті набори адрес, з якими він працював останнім часом.

Значення максимального числа MAC - адрес, яке може запам'ятати процесор порту, залежить від сфери застосування комутатора. Комутатори робочих груп зазвичай підтримують лише кілька адрес на порт, оскільки вони призначені для утворення мікросегментів. Комутатори відділів повинні підтримувати кілька сотень адрес, а комутатори магістралей мереж - до кількох тисяч, зазвичай 4000-8000 адрес.

Недостатня ємність адресної таблиці може спричинити уповільнення роботи комутатора та засмічення мережі надлишковим трафіком. Якщо адресна таблиця процесора порту повністю

заповнена, а він зустрічає нову адресу джерела в пакеті, процесор повинен витіснити з таблиці будь-яку стару адресу і помістити на його місце новий. Ця операція сама по собі забере у процесора частину часу, але головні втрати продуктивності будуть спостерігатися при надходженні кадру з адресою призначення, який видалити з адресної таблиці. Так як адреса призначення кадру невідома, то комутатор повинен передати цей кадр на всі інші порти. Ця операція створюватиме зайву роботу для багатьох процесорів портів, крім того, копії цього кадру потраплятимуть і на ті сегменти мережі, де вони не обов'язкові.

Об'єм буфера кадрів. Внутрішня буферна пам'ять комутатора потрібна для тимчасового зберігання кадрів даних у тому випадку, коли їх неможливо негайно передати на вихідний порт. Буфер призначений для згладжування короточасних пульсацій трафіку. Адже навіть якщо трафік добре збалансований і продуктивність процесорів портів, а також інших обробних елементів комутатора достатня для передачі середніх значень графіка, це не гарантує, що їхня продуктивність вистачить при пікових значеннях навантажень. Наприклад, трафік може протягом кількох десятків мілісекунд надходити одночасно на всі входи комутатора, не даючи йому можливості передавати кадри, що приймаються, на вихідні порти. Для запобігання втратам кадрів при короточасному багаторазовому перевищенні середнього значення інтенсивності

трафіку (а для локальних мереж часто зустрічаються значення коефіцієнта пульсації трафіку в діапазоні 50-100) єдиним засобом служить буфер великого обсягу. Як і у разі адресних таблиць, кожен процесорний модуль порту зазвичай має буферну пам'ять для зберігання кадрів. Чим більший обсяг цієї пам'яті, тим менші ймовірні втрати кадрів при навантаженнях, хоча при незбалансованості середніх значень трафіку буфер все одно рано чи пізно переповниться.

Зазвичай комутатори, призначені для роботи у відповідальних частинах мережі, мають буферну пам'ять у кілька десятків чи сотень кілобайт на порт. Добре, коли цю буферну пам'ять можна перерозподіляти між кількома портами, оскільки одночасні перевантаження кількома портами мало ймовірні. Додатковим засобом захисту може бути загальний всім портів буфер в модулі управління комутатором. Такий буфер зазвичай має об'єм у кілька мегабайт.

Поняття некерованих, керованих та настроюваних комутаторів

Комутатори можна класифікувати з управління.

Керовані комутатори підтримують широкий набір функцій управління та налаштування, що включають Web-інтерфейс управління, інтерфейс командного рядка (CLI), Telnet, SNMP (Simple

Network Management Protocol), TFTP (Trivial File Transfer Protocol) та ін. Як приклад можна навести комутатори D-Link DES-3226, DES-3226S, DES-3250TG, DES-6300, DGS-3212SR, DGS-3224SR та ін.

Некеровані комутатори – функції керування та налаштування не підтримують. Прикладом можуть бути комутатори D-Link серії DxS-10xx.

Комутатори, що настроюються, займають проміжну позицію між ними. Ці комутатори дозволяють виконувати налаштування певних параметрів, але не підтримують керування SNMP. Приклад таких комутаторів є DES-1218R/26R.

Приклади комутаторів за параметром керуваності.



Некеровані комутатори

Прикладами некерованих комутаторів можуть бути: DES-1005D, DES-1024D, DES-1026G та інші.

Керовані комутатори DES-3626, DES-3828.

Більшість сучасних керованих комутаторів забезпечують можливість конфігурації на основі Web, що дозволяє використовувати як станцію управління будь-який комп'ютер, оснащений Web-браузером, незалежно від операційної системи. Також варто відзначити можливість поновлення програмного забезпечення комутатора. Це забезпечує більш тривалий термін служби пристроїв, тому що дозволяє додавати нові функції або усувати наявні помилки в міру виходу нових версій ПЗ, що істотно полегшує та здешевлює використання пристроїв, т.к. як правило, нові версії постачальники розповсюджують безкоштовно. Сюди ж можна включити можливість збереження налаштувань комутатора на випадок збоїв з подальшим відновленням або тиражуванням, що позбавляє адміністратора виконання рутинної роботи.

Конструктивне виконання комутаторів

У конструктивному відношенні комутатори поділяються на такі типи:

- автономні комутатори з фіксованою кількістю портів;
- модульні комутатори на основі шасі;
- комутатори з фіксованою кількістю портів, що збираються у стек.

Перший тип комутаторів зазвичай призначений організації невеликих робочих груп. Модульні комутатори на основі шасі найчастіше призначені для застосування на магістралі

мережі. Тому вони виконуються на основі будь-якої комбінованої схеми, в якій взаємодія модулів організується по швидкодіючій шині або ж на основі швидкої пам'яті, що розділяється великого обсягу. Модулі такого комутатора виконуються на основі технології «hot swar», тобто допускають заміну на ходу, без вимкнення комутатора, оскільки центральний комунікаційний пристрій мережі не повинен мати перерв у роботі. Шасі зазвичай забезпечується резервованими джерелами живлення та резервованими вентиляторами з тією ж метою. Прикладами модульних комутаторів D-Link можуть бути DES-1200M, DES-3200, DES-6000, DES-6300, DES-7000.

З технічної точки зору певний інтерес становлять стекові комутатори. Ці пристрої є комутатори, які можуть працювати автономно, так як виконані в окремому корпусі, але мають спеціальні інтерфейси, які дозволяють їх об'єднувати в загальну систему, що працює як єдиний комутатор. Говорять, що в цьому випадку окремі комутатори утворюють стек. Компанія D-Link виробляє стекові комутатори 2-го та 3-го рівня, прикладами яких можуть бути DES-3226S, DES-3326S, DGS-3312SR, DES-3624 та ін.

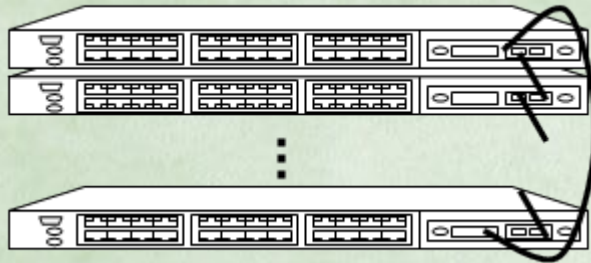
Існують 2 підходи для об'єднання комутаторів у стек.

Варіант 1. З'єднання «ланцюжком» – стек типу «кільце»

Як приклад розглянемо комутатори DES-3326S. Один спеціальний інтерфейс для стекування підключається до лежачого комутатора, а другий - до нижчележачого, при цьому найнижчий і верхній комутатор в стеку також об'єднуються. Комутатори поєднуються з високошвидкісною шиною з продуктивністю 1 Гбіт/с. Структура стека на комутаторах DES-3326S комутаторів, що з'єднуються по спеціальних швидкісних портах, показана на рисунку.



Стек на комутаторах DES-3326S



Стек комутаторів, що об'єднуються високошвидкісними каналами стандартним способом (у кільце).

Варіант 2. З'єднання «крапка-крапка» - стек типу «зірка». Отримати такий стек можна, використовуючи комутатори D-Link DGS-3212SR та/або DGS-3312SR як агрегуючий пристрій. Вони дозволяють об'єднати в стек до 8 пристроїв DES-3226S/3326S за топологією «зірка», отримавши до 192 портів 10/100 Мбіт/с Fast Ethernet та 12 портів Gigabit Ethernet, і керувати ними як єдиним мережним вузлом. В результаті виходить більш продуктивне рішення, порівняно з попереднім варіантом, оскільки кожне з'єднання крапка-точка є повнодуплексним 2Гбіт/з з'єднанням.



Стек типу «зірка» на комутатора DGS-3212SR (в центрі) та DES-3226S

КОМУТАТОРИ. ПРИЗНАЧЕННЯ, ОБЛАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ, ОСНОВНІ ВИКОНУВАНІ ФУНКЦІЇ.

Перш ніж прийняти рішення про передачу кадру, комутатор отримує та аналізує його вміст. У сучасних комутаторах використовуються такі методи комутації, що визначають поведінку пристрою при отриманні кадру:

- комутація із проміжним зберіганням (store-and-forward);

- комутація без буферизації (cut-through).

Обидва методи комутації приймають рішення про просування кадрів на основі MAC-адреси одержувача, але відрізняються послідовністю дій, які комутатор виконає, перш ніж передати або відкинути кадр, що надійшов на його порт.

Метод комутації із проміжним зберіганням (store-and-forward) історично з'явився першим. Він характеризується тим, що комутатор, перш ніж передати кадр, повністю копіює його в буфер і перевірку на наявність помилок. Якщо кадр містить помилки (не збігається контрольна сума, або кадр менше 64 байт або більше 1518 байт), він відкидається. Якщо кадр не містить помилок, то комутатор знаходить MAC-адресу приймача у таблиці комутації і визначає вихідний порт.

Потім, якщо не визначено жодних фільтрів, комутатор передає кадр через відповідний порт пристрою призначення.

Незважаючи на те, що цей спосіб передачі пов'язаний із затримками (що більше розмір кадру, тим більше часу потрібно на його прийом і перевірку на наявність помилок), він має дві істотні переваги:

комутатор може бути оснащений портами, що підтримують різні технології та швидкості передачі, наприклад, 10/100 Мбіт/с, 1000 Мбіт/с та 10 Гбіт/с;

комутатор може перевіряти цілісність кадру, завдяки чому пошкоджені кадри не передаватимуться у відповідні сегменти.

У більшості комутаторів D-Link реалізовано цей метод комутації. Завдяки використанню у пристроях високопродуктивних процесорів та контролерів ASIC (Application-Specific Integrated Circuit), затримка, що вноситься комутацією store-and-forward при передачі кадрів, виявляється незначною.

Комутація без буферизації (cut-through) була реалізована в першому комутаторі Ethernet, розробленому фірмою Kalpana в 1990 році. При роботі в цьому режимі теоретично комутатор копіює в буфер тільки MAC-адресу призначення (перші 6 байт після преамбули) і відразу

починає передавати кадр, не чекаючи на його повний прийом. Однак сучасні комутатори не завжди реалізують комутацію без буферизації у класичному варіанті. Залежно від реалізації комутатор чекає прийому в буфер певної кількості байтів кадру і, якщо на порті не визначено жодних фільтрів, приймає рішення про його передачу. Так як при роботі в режимі cut-through комутатор не чекає прийому всього кадру, він не виконує перевірку кадрів на наявність помилок. Перевірка кадру на наявність помилок покладається на вузол, що приймає. Однак, сучасна мережна інфраструктура, що включає обладнання та кабельну систему, дозволяє звести ймовірність виникнення помилкових кадрів до мінімуму.

Основною перевагою комутація без буферизації проти комутацією з проміжним зберіганням є зменшення часу передачі кадрів великого розміру. Наприклад, якщо програма використовує Jumbo-фрейми (кадри Ethernet, розмір поля даних яких може досягати 10 000 байт), то комутатор, що працює в режимі cut-through, буде передавати дані на кілька мікро або мілісекунд (залежно від швидкості портів комутатора) швидше за комутатор, що використовує режим store-and-forward.

Крім цього, комутатори з підтримкою режиму cut-through добре підходять для використання в мережах, наприклад, в центрах обробки даних, з критичними додатками до затримок.

Однак у деяких випадках метод cut-through втрачає свої переваги у швидкості передачі. Це може статися при перевантаженні мережі, використанні функцій фільтрації, які потребують обробки на ЦПУ, або коли порти комутатора підтримують різну швидкість (якщо комутаційна матриця погано спроектована).

Комутатори D-Link серії DXS-3600-xx забезпечують гнучкість у виборі способу комутації, т.к. підтримують selectable store-andforward/ cut-through mode. За замовчуванням у комутаторах цієї серії використовується режим store-and-forward, тому для отримання переваг від використання режиму cut-through адміністратор мережі повинен спочатку його активізувати. Комутатор копіюватиме в буфер, і вивчатиме перші 560 байт кадру. Якщо розмір кадру виявиться більше 560 байт, комутатор автоматично переключиться в режим cut-through і почне процес просування кадру, не чекаючи повного його прийому. Відповідно для кадрів, розмір яких менший або дорівнює 560 байт буде використовуватися режим комутації store-and-forward.

Конструктивне виконання комутаторів

Залежно від конструктивного виконання (габаритних розмірів) можна виділити три групи комутаторів:

настільні комутатори (Desktop switch);

автономні комутатори, що монтуються у телекомунікаційну стійку (Rack mounted switch);

комутатори на основі шасі (Chassis switch).

Як випливає з назви, настільні комутатори призначені для розміщення на столах, іноді вони можуть оснащуватися скобами, що входять у комплект поставки, для кріплення на стіну. Зазвичай такі комутатори мають корпус обтічної форми з відносно невеликою кількістю фіксованих портів (у комутаторів D-Link кількість портів варіюється від 5 до 16), зовнішнім або внутрішнім блоком живлення і невеликими ніжками (звичайно гумовими) для забезпечення вентиляції нижньої поверхні пристрою. Найчастіше комутатори настільного форм-фактора використовуються в мережах класу SOHO (Small Office, Home Office), де не потрібна висока продуктивність та розширені мережеві функції. Як приклад комутатора у настільному виконанні можна навести комутатор D-Link моделі DES-1008A.

Автономні комутатори в стійковому виконанні висотою 1U володіють корпусом для монтажу в 19" стійку, вбудованим блоком живлення і фіксованою кількістю портів (у комутаторів D-Link кількість портів може досягати 52-х штук). У порівнянні з настільними комутаторами набір мережевих функцій та інтерфейсів. Як правило, такі комутатори

використовуються на рівнях доступу та розподілу мереж малих та середніх підприємств (Small to Medium Business, SMB), корпоративних мереж та мереж провайдерів послуг (Internet Service Provider, ISP).

Серед комутаторів у стійковому виконанні з фіксованою кількістю портів можна виділити окрему групу пристроїв – стикові комутатори. Ці пристрої є комутатори, які можуть працювати як автономно, так як виконані в окремому корпусі, так і спільно, завдяки наявності спеціальних інтерфейсів, що дозволяють об'єднувати комутатори в один логічний пристрій з метою збільшення кількості портів, зручності управління та моніторингу. Йдеться про те, що в цьому випадку окремі комутатори утворюють стек.

Комутатори на основі шасі містять слоти, які можуть бути використані для встановлення інтерфейсних модулів розширення, резервних джерел живлення та процесорних модулів. Модульне рішення забезпечує гнучкість застосування, високу щільність портів та можливість резервування критичних для функціонування комутатора компонентів. Модулі такого комутатора підтримують технологію hot swap ("гаряча заміна"), тобто допускають заміну на ходу, без вимкнення живлення комутатора. Комутатори на основі шасі призначені для

застосування на магістралі мереж великих корпоративних мереж, міських мереж або мереж операторів зв'язку.

Фізичне стекування комутаторів

Під фізичним стекуванням розуміється об'єднання кількох комутаторів в один логічний пристрій з метою збільшення кількості портів, зручності керування та моніторингу. Об'єднані у стек комутатори мають загальні таблиці комутації та маршрутизації (для комутаторів 3 рівня).

У комутаторах D-Link використовуються 2 топології стекування: "кільце" (ring) та "ланцюжок" (chain).

Стек типу "кільце" (кільцева топологія) будується за наступною схемою: кожен пристрій у стеку підключається до вищележачого і нижчележачого, при цьому нижній і верхній комутатор в стеку також з'єднуються. При передачі даних пакет послідовно передається від одного пристрою стека до іншого, доки не досягне порту призначення. Система автоматично визначає оптимальний шлях передачі трафіку, що дозволяє досягти повного використання смуги пропускання. Перевагою топології "кільце" і те, що з виході одного пристрою з ладу чи обриві зв'язку інші пристрої стека продовжуватимуть функціонувати у звичайному режимі.

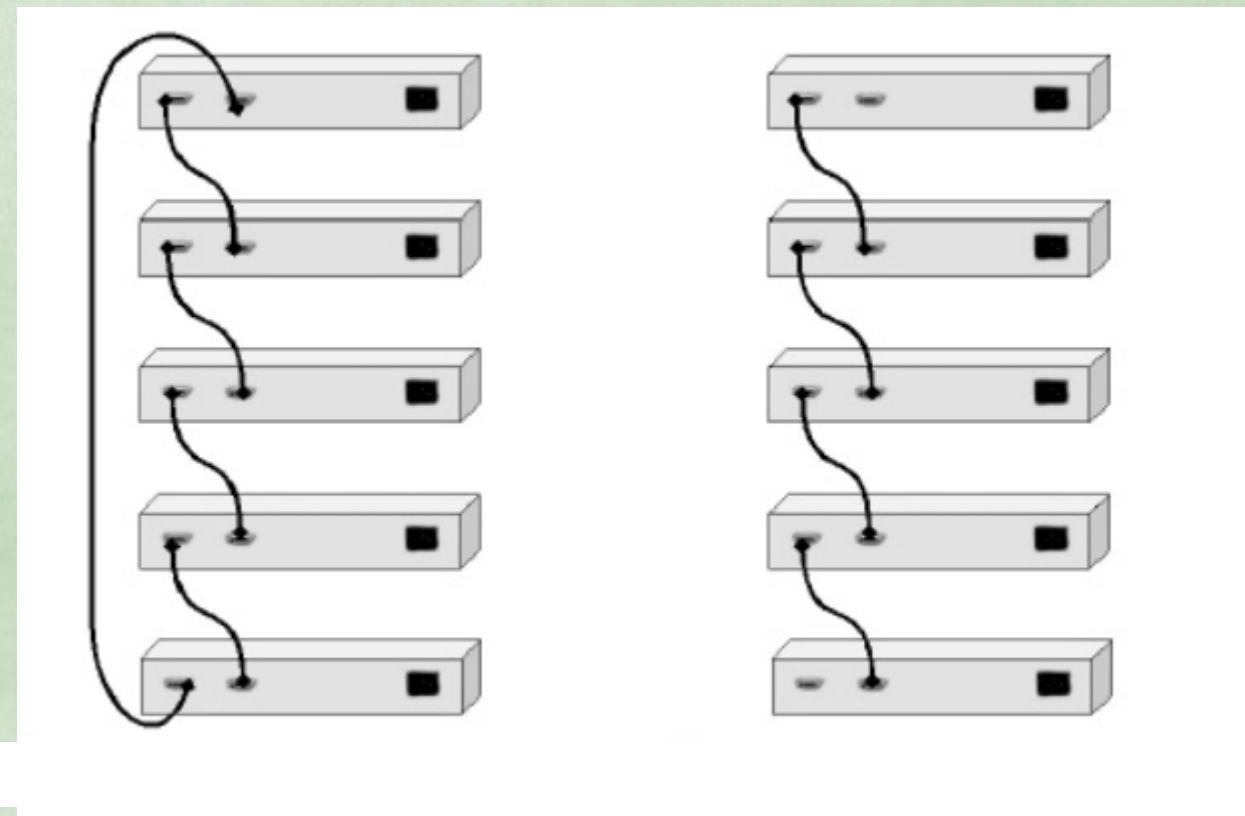


Рис. 1. Топології стекування "кільце" та "ланцюжок".

У стеку типу "ланцюжок" (лінійна топологія) кожен пристрій з'єднаний з лежачим і нижчим. Найвищий і нижній комутатори не з'єднуються.

Фізичне стекування з лінійної та кільцевої топології реалізовано у семи серіях комутаторів D-Link. Комутатори серій DGS-1510-xx, DGS-3120-xx дозволяють об'єднати в стек до 6

пристроїв, комутатори серії DGS-3610-xx - до 8 пристроїв, а комутатори серій DGS-3420-xx і DGS-3620-xx - до 12 (10GE).

Всі пристрої стека управляються через одну IP-адресу. Передача даних з-поміж них ведеться в повнодуплексном режимі.

Типи інтерфейсів комутаторів

Залежно від завдань комутатори можуть бути обладнані різною кількістю і типом портів. Найбільш поширеними інтерфейсами, що реалізуються в комутаторах, є фіксовані інтерфейси з роз'ємом RJ-45 на основі кручених пар, що підтримують технологію Fast або Gigabit Ethernet, автоузгодження швидкостей, напівдуплексного або дуплексного режиму роботи і автоматичного визначення полярності MDI/MDIX. Для забезпечення більшої гнучкості у виборі типу підключення багато комутаторів обладнані спеціальними слотами для встановлення компактних змінних інтерфейсних модулів GBIC (Gigabit Interface Converter), SFP (Small Form Factor Pluggable), XFP (10 Gigabit Small Form Factor Pluggable) і SFP+ (En гарячої заміни).

Для забезпечення більшої гнучкості у виборі типу підключення, багато комутаторів обладнані спеціальними слотами для встановлення компактних змінних інтерфейсних модулів GBIC (Gigabit Interface Converter), SFP (Small Form Factor Pluggable), SFP+ (Enhanced Small Form Factor Pluggable) і XFP (10 режим "гарячої заміни").

Найпершою специфікацією на компактні змінні інтерфейсні модулі була специфікація SFF-8053 комітету SFF, що описує конвертери гігабітного інтерфейсу (Gigabit Interface Converter, GBIC). Модулі GBIC підтримують стандарти Gigabit Ethernet або Fibre Channel для передачі даних, голосу і трансівери для прийому або передачі сигналу багатомодовим або одномодовим волокном. Компанія D-Link випускає великий перелік модулів GBIC з підтримкою технології Gigabit Ethernet з оптичними і мідними інтерфейсами.



Рис. 2. Модуль GBIC DGS-703 з одним портом 1000Base-LX для одномодового оптичного кабеля.

Через кілька років після появи специфікації GBIC розробники запропонували вдосконалену компактну модифікацію змінного інтерфейсу (Small Form Factor Pluggable, SFP). Модулі SFP вдвічі менші за своїх попередників за габаритними розмірами. Посадковий розмір SFP (форм-фактор) визначається за величиною мідного роз'єму RJ-45. Інтерфейси SFP підтримують практично будь-які існуючі протоколи: Ethernet (на 10, 100, 1000 Мбіт/с), SONET/SDH

(OC3/12/48 та STM 1/4/16), Fibre Channel (1 та 2 Гбіт/с).



Рис. 3. Модуль SFP DEM-310GT з одним портом 1000Base-LX для одномодового оптичного кабеля.

Компанія D-Link випускає модулі SFP, що підтримують стандарти Fast і Gigabit Ethernet і призначені для роботи з різноманітним оптичним кабелем — одномодовим двоволоконним, одномодовим одноволоконним для систем з технологією WDM (Wavelength Division

Multiplexing) і багатомодовим. Модулі мають дуплексні або сим-плексні роз'єми типу LC для підключення оптичного кабелю. Залежно від використовуваної довжини хвилі та типу оптичного кабелю, модулі забезпечують різну дальність передачі – від 550 м до 80 км. Завдяки цьому можна вибрати потрібний модуль SFP для конкретного з'єднання.

Модулі SFP можуть підтримувати важливі функції цифрової діагностики (описані в специфікації SFF-8472), що дозволяють в реальному часі здійснювати моніторинг таких параметрів як потужність передавача, чутливість приймача, напруга живлення та температура кожного оптичного компонента. Інформація про підтримку цієї функції зазвичай вказується у специфікації на пристрій.

Кожен модуль SFP випускається з власною електронною міткою, де містяться відомості про ідентифікаційний номер пристрою та специфікацію зовнішнього порту. Інформація про зовнішній порт може включати дані про довжину хвилі, характеристики волокна, швидкість передачі даних, підтримувані протоколи, а також про довжину каналу. Ідентифікація SFP корисна при інвентаризації: за її допомогою відстежується встановлення та заміна компонентів та визначається місцезнаходження того чи іншого модуля.

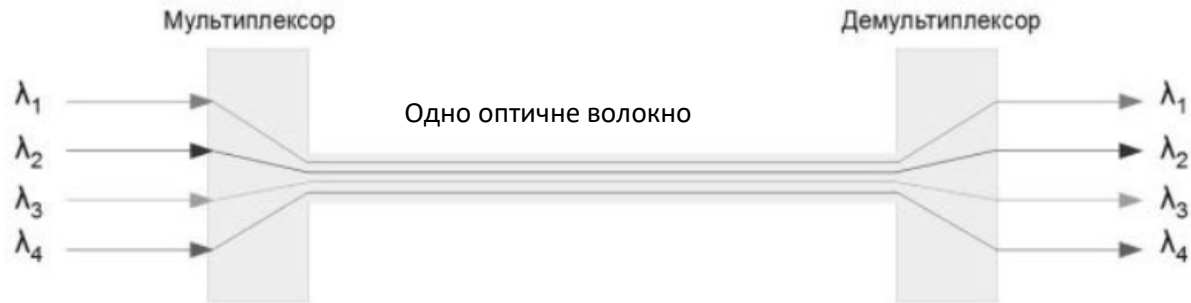


Рис. 4. Технологія Wavelength Division Multiplexing.

Технологія змінних модулів виявилася дуже ефективною у системах оптичного ущільнення (Wavelength Division Multiplexing, WDM), широко застосовуваних у мережах передачі і телекомунікаційної галузі. Основний принцип, на якому базується робота цих пристроїв - модуляція сигналу для зміщення спектра сигналу, що несе, в інший діапазон. Сигнали кожного каналу переносяться у діапазоні частот. Далі вони збираються в мультиплексорі і передаються по одному волокну, утворюючи широкосмуговий канал. Таким чином, по одному волокну паралельно передається кілька незалежних каналів (кожен на своїй довжині хвилі), що дозволяє

підвищити пропускну здатність системи передачі в цілому. Завдання об'єднання чи поділу частот вирішується лише на рівні приймача чи передавача.

Найпростіша та найдешевша реалізація технології WDM використовує два канали – один на довжині хвилі 1310 нм, інший на довжині хвилі 1550 нм. Її розвитком є технології Coarse WDM (CWDM, мультиплексування з розрідженим спектральним поділом) та Dense WDM (DWDM, мультиплексування із щільним спектральним поділом). Більшість WDM-систем використовують для роботи одномодові кабелі оптичні з діаметром волокна 9/125 мкм.

Компанія D-Link виробляє модулі SFP з використанням технології WDM (також зустрічаються назви Bi-Di, WDMBi-Directional, тобто "двоспрямовані"), що підтримують швидкості передачі 100 Мбіт/с та 1000 Мбіт/с. Ці модулі дозволяють одночасно передавати та отримувати сигнали на довжинах хвиль 1310 нм та 1550 нм по одному оптичному волокну на відстань до 40 км. Це досягається шляхом встановлення SFP-модуля передавача та SFP-модуля приймача на різних кінцях лінії зв'язку. Модулі обладнані симлексними LC роз'ємами для підключення одноволоконного одномодового кабелю.



Рис. 5. Модулі SFP DEM-331R и DEM-331T з одним портом 1000BASE-BX10 з підтримкою технології WDM.

Наступним щаблем еволюції змінних інтерфейсів стала розробка оптичних трансіверів XFP (10 Gigabit Small Form Factor Pluggable) для хвиль 850, 1310 та 1550 нм. Вони підтримують 10GE, 10 Gigabit SONET/SDH, Fibre Channel та ще деякі високошвидкісні протоколи. XFP мають трохи більші розміри, ніж трансівери SFP. Модулі можуть підтримувати систему цифрової діагностики моніторингу стану оптичних ліній.

В даний час компанія D-Link випускає трансівер XFP 10 GE, призначені для роботи з одномодовим і багатомодовим оптичним кабелем різної дальності передачі.



Рис. 6. Модуль XFP DEM-423XT з одним портом 10GE (10GBASE-ER) для одномодового оптичного кабеля.

Новим поколінням оптичних змінних інтерфейсних модулів із підтримкою швидкостей 10 Гбіт/с стали трансівери SFP+. Вимоги до модулів SFP+, які є розширеною версією SFP, визначено у специфікації SFF-8431. Незважаючи на те, що модулі SFP+ мають ряд удосконалень у порівнянні з класичними модулями SFP, у комутаторах D-Link слоти SFP+ підтримують встановлення модулів SFP.

У порівнянні з трансіверами XFP, модулі SFP+ мають менші габаритні розміри і тепловиділення, що дозволяє підвищити щільність розміщення портів 10 Гбіт/с на корпусі телекомунікаційних пристроїв.

Модулі SFP+, як і модулі SFP, можуть підтримувати систему цифрової діагностики відповідно до специфікації SFF-8472.

Компанія D-Link виробляє широкий спектр трансіверів SFP+ з підтримкою та без підтримки функції цифрової діагностики. Розрізняють модулі, призначені для роботи з одномодовим або багатомодовим оптичним кабелем на довжинах хвиль 850, 1310 та 1550 нм, за допомогою технологій WDM, CWDM.



Рис. 7. Модуль SFP+ DEM-432XT-DD з одним портом 10GE (10GBASE-LR) для одномодового оптичного кабелю та підтримкою функції цифрової діагностики.

Окремо слід зазначити модулі XFP та SFP+ з підтримкою технології CWDM. Технологія CWDM (Coarse WDM, мультиплексування з розрідженим спектральним поділом) є розвитком технології WDM, яка дозволяє використовувати до 18 оптичних каналів (як визначено в ІТУ-Т G.694.2), віддалених один від одного на відстані 20 нм для передачі оптичних сигналів. Оптичні канали лежать у діапазоні від 1271 до 1611 нм.

Через високе згасання в діапазоні 1271-1451 нм більшість CWDM-реалізацій використовують 8 каналів у діапазоні 1471-1611 нм.

Популярність CWDM-систем у міських та регіональних мережах зростає завдяки тому, що вони дозволяють знизити витрати на прокладання оптичних кабелів, підвищити пропускну спроможність оптичної мережі на тлі об'єму трафіку, що постійно збільшується, що особливо актуально провайдерам послуг, які хочуть надавати клієнтам додаткові сервіси. Новий сервіс може бути доданий поверх існуючого оптичного кабелю без припинення надання послуг клієнтам. Крім надання сервісів використання технології CWDM дозволяє операторам зв'язку надавати таку послугу як надання в оренду "віртуального волокна".

Компанія D-Link виробляє модулі XFP та SFP+ з підтримкою технології CWDM для наступних довжин хвиль: 1271, 1291, 1311, 1331, 1471, 1491, 1511, 1531, 1551, 1511,1 Модулі оснащені дуплексними роз'ємами LC для підключення оптичного кабелю одномодового і забезпечують передачу даних на відстані до 10, 40 і 70 км в залежності від моделі. Завдяки наявності широкого спектру модулів, провайдери послуг можуть створювати CWDM-системи з різною кількістю оптичних каналів, що працюють на необхідних частотах.



Рис. 8. а) Модуль SFP+ DEM-X40CS-1611 з одним портом 10GE (10GBase-SR) для одномодового оптичного кабелю з підтримкою технології CWDM та відстанню передачі до 40 км; б) Модуль XFP DEM-X70CX-1611 з одним портом 10GE (10GBase-ZR) для одномодового оптичного кабелю з підтримкою технології CWDM та відстанню передачі до 70 км.

Слід зазначити, що на відміну від модулів з підтримкою технології WDM, які працюють у парі та передають сигнали по одному волокну оптичного кабелю на різних довжинах хвиль, модулі D-Link XFP та SFP+ CWDM є односпрямованими та вимагають підключення до мультиплексора на іншому кінці лінії зв'язку.

Мультиплексор – це пасивний пристрій, який об'єднує (мультиплексує) оптичні сигнали, що передаються і розділяє (демультиплексує) приймаються на різних довжинах хвиль. Залежно від типу оптичного кабелю, що використовується для міжмультиплексорного зв'язку, існують дві реалізації мультиплексорів – одноволоконні та двоволоконні.

Модулі D-Link XFP та SFP+ CWDM використовуються для підключення до двоволоконних мультиплексорів. Вони передають і приймають сигнали на одній і тій же довжині хвилі з різних волокон одномодового оптичного кабелю. Мультиплексор поєднує сигнали, отримані від модулів, і передає їх (кожен у своєму оптичному каналі) по одному волокну двоволоконного оптичного кабелю. Іншим волокном кабелю виконується прийом мультиплексованих сигналів, які далі демультиплексуються приймачем мультиплексора. Завдяки використанню двох волокон оптичного кабелю мультиплексор може одночасно мультиплексувати та демультиплексувати сигнали в обох напрямках – від модуля до модуля CWDM.

МОДЕМ, ЯК ЗАСІБ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В КОМП'ЮТЕРНІЙ МЕРЕЖІ.

Одна з можливих структурних схем модему містить типові функціональні вузли обробки і перетворення сигналів, з числа яких навмисно виключені деякі другорядні вузли, призначені для організації синхронізації і обробки службових сигналів. Далі вузли, що здійснюють пряме і зворотне перетворення в передавальній і приймальній частині модему, розглядаються попарно.

Кодер / декодер призначені для захисту від помилок і "стиснення" даних. Захист від помилок припускає включення в пакети переданих даних надлишкового циклічного коду (CRC), як і в локальних комп'ютерних мережах. При цьому в якості стандартних протоколів, більш детально описують формати даних (в тому числі число біт в коді CRC - 16 або 32), використовуються протоколи серії MNP (Microcom Networking Protocol компанії Microcom) або V.42 / V.44 (міжнародний стандарт ITU -T). Протокол V.42bis є протокол стиснення даних. Якщо не можна збільшити пропускну здатність лінії передачі через обмеження, що накладається теоремою Шеннона, то можна зменшити надмірність переданої текстової інформації, використовуючи

властивість повторюваності ланцюжків символів в словах. Для цього на передавальному і приймальному кінці лінії модеми (точніше, їх кодери і декодери) організують і підтримують ідентичні динамічні словники у вигляді структур типу дерева з окремими символами як вузли (див. Рис.2). Досить передавати не самі слова, а, фактично, спеціальним чином описані (у вигляді чисел) частини словників (шляхи в дереві), що містять необхідні послідовності символів. Так, частина словника на рис.2 дозволяє описати рядки символів A, B, BA, BAG, BAR, BI, BIN, C, D, DE, DO і DOG щодо відповідних кореневих вузлів.

Скремблер / дескремблер виробляють таке перетворення переданого і прийнятого сигналів, яке виключає вплив довгих ланцюжків з логічних нулів або одиниць, а також коротких повторюваних послідовностей на надійність синхронізації в приймальній частині модему. Скремблер при необхідності "розріджує" такі послідовності за рахунок примусово вставляються логічних нулів або одиниць, роблячи перетворені дані псевдовипадковими, а дескремблер видаляє зайві біти, відновлюючи вихідний вид даних. Описана проблема (залежність якості синхронізації від виду переданих даних) істотна, звичайно, не тільки при модемного зв'язку, але і при будь-яких видах обмінів цифровими даними по послідовної лінії передачі, в якій не передбачена посилка окремого синхросигналу. Така ситуація характерна для комп'ютерних

мереж, в яких для вирішення зазначеної проблеми замість простих кодів передачі використовуються коди, що самосинхронізуються (типу дворівневих кодів Манчестер-2 або трирівневих кодів з високою щільністю одиниць - КВП або BNZS в англійському варіанті назви).

Еквалайзер включається в приймальні частини модему і служить для компенсації залежно групового часу запізнювання в лінії від частоти. Для поліпшення якості передачі мовних сигналів їх спектральні складові на різних частотах повинні приходити до віддаленого модему з однаковою затримкою. На практиці в високошвидкісних модемах власне групове час запізнювання еквалайзера підлаштовується автоматично.

У приймальні частини модемів, що працюють в дуплексному режимі на звичайної двопровідної телефонної лінії, потрібно здійснювати також луна-компенсацію. Відповідний функціональна одиниця рис.1 не показаний. Проблема полягає в тому, що при дуплексному обміні передавальний модем може сприйняти породжений їм же сигнал, відбитий від іншого кінця лінії, як прийшов від віддаленого модему. У стандартах для високошвидкісних модемів (зокрема, в стандарті V.34) передбачена процедура луна-компенсації і встановлені обмеження на рівень відбитого сигналу (він повинен бути менше корисного сигналу не менше ніж на 25 ... 30 дБ) і його максимальну затримку (не більше 200 ... 300 мс). Практична реалізація луна-

компенсації в високошвидкісних модемах передбачає автоматичне визначення параметрів відбитого сигналу (його амплітуди і затримки) на етапі встановлення з'єднання.

Фільтри і підсилювачі на рис.1 є традиційними пристроями при обробці сигналів на тлі шумів і перешкод і не потребують більш детальному описі. У той же час модулятор і демодулятор в модемах реалізують специфічні і досить складні методи модуляції, які розглядаються в розділі "Методи модуляції, використовувані в високошвидкісних модемах".

У сучасних модемах більша частина функцій виконується програмою, що управляє роботою цифрового сигнального процесора (ЦСП). Для виключення ефекту накладення спектрів принципово використання безперервних аналогових фільтрів. Потрібні також аналогові підсилювачі, АЦП і ЦАП для перетворення аналогових сигналів в цифрові і назад.

Методи модуляції, використовувані в високошвидкісних модемах

Відомо, що "класичні" методи модуляції при інших рівних умовах істотно відрізняються між собою за ступенем стійкості до перешкод. Відносно посилок обмежених у часі відрізків синусоїдальних сигналів, що несуть інформацію про логічних нулях і одиницях, можлива проста інтерпретація переваги одних методів модуляції перед іншими (див. Рис.4). На рис.4 $s_1(t)$ і $s_2(t)$ -

сигнали, відповідні логічному нулю і одиниці (при бінарної передачі, коли кожна елементарна послідовність несе інформацію тільки про одне біт). АМ, ЧМ та ФМ - відповідно амплітуда, частотна і фазова модуляція. З графіків на рис.4 видно, що найбільшою мірою відрізняються між собою послідовності сигналів при фазовій модуляції, в найменшій - при амплітудній модуляції. Тому за ступенем стійкості до перешкод "класичні" методи модуляції повинні бути розставлені в такому самому порядку:

АМЧМФМ

У високошвидкісних модемах для подальшого поліпшення завадостійкості (при незмінному відношенні сигнал-шум в лінії) використовуються зазвичай комбінації з "класичних" методів модуляції, зокрема, різні варіанти амплітудно-фазової модуляції. Для пояснення переваги таких комбінованих методів модуляції над "класичними" методами можуть бути застосовані так звані констеляційні (від слова constellation - сузір'я) або трелліс (від слова trellis - решітка) діаграми. Використовується ще й третій варіант назви - квадратурні діаграми, безпосередньо пов'язаний зі способом зображення на комплексній площині гармонійних функцій при їх розкладанні на синусоїдальну ("уявну" - Im) і косинусоїдальною ("речову" - Re) складові.

В аналітичному вигляді цей сигнал описується співвідношенням $s(t) = \cos(\omega ct \pm \pi/2)$ і на комплексній площині представляється у вигляді двох крапок на окружності. В сучасних високошвидкісних модемах цей вид модуляції не використовується, хоча застосовувався раніше в модемах зі швидкістю передачі до 4800 біт / с. Обмеження швидкості передачі пов'язано з неефективним розміщенням сигналів в просторі, при якому мінімальна відстань між ними (а значить, і ступінь стійкості до перешкод) далеко від теоретичної межі. Для методу DPSK максимальне число біт, інформація про яких може бути "закодована" в одній посилю гармонійного сигналу (на одному бодовом інтервалі), становить 3, що означає поліпшення швидкості передачі в порівнянні з бінарним кодуванням тільки в 3 рази і загальне число гармонійних посилок, розрізняються по фазі, що дорівнює $2^3 = 8$. При спробі подальшого "дроблення" фаз метод модуляції DPSK стає неконкурентоспроможним з точки зору завадостійкості в порівнянні з більш досконалыми комбінованими амплітудно-фазовими методами модуляції. Перехід від фазової до амплітудно-фазової модуляції дозволяє збільшити мінімальну досяжне відстань між гармонійними посилками (в сенсі відстані між точками в евклідовому просторі) при заданому числі цих посилок, як це показано на рис.6. На цьому малюнку порівнюються два методи модуляції (16-DPSK і 16-QAM), причому мінімальна відстань

між посилками d , очевидно, більше для другого методу модуляції. Тут QAM (Quadrature Amplitude Modulation) - Багатопозиційна амплітудно-фазова модуляція, при використанні якої досягне число біт на один Бодов інтервал може бути збільшено до 8. Існує вдосконалений метод модуляції - TCM (Trellis Coded Modulation), модуляція з ґратчастим кодуванням або треліс-модуляція . Перевага методу TCM перед QAM полягає не стільки в збільшенні числа біт, переданих за час посилки (воно може становити від 1 до 9), скільки в зниженні вимоги до телефонної лінії по величині відношення сигнал-шум на 3 ... 6 дБ. Якщо обмежитися коротким поясненням без залучення ряду додаткових і необов'язкових для широкого кола користувачів термінів, то до одних з основних рішень, закладених в метод модуляції TCM, слід віднести введення надлишкового біта, отриманого за допомогою сверточного кодування. Після цього застосовується метод модуляції QAM. Незважаючи на те, що введення надлишкового біта призводить до збільшення загального числа посилок в два рази, використання при декодуванні ефективного алгоритму обробки сигналів на тлі шумів і перешкод (алгоритму Віттербі) дозволяє компенсувати цю надмірність і отримати зазначений вище вигреш у відношенні сигнал-шум. Аналіз прийнятого надлишкового біта і облік раніше прийнятих сигналів дає можливість більш впевнено вибрати найбільш ймовірну точку в просторі сигналів. Ускладнення алгоритмів

обробки сигналів і збільшення загального числа посилок веде до збільшення необхідної продуктивності (обчислювальної потужності) декодера, проте сучасний рівень розвитку цифрових сигнальних процесорів дозволяє вирішити цю задачу. Модеми зі швидкістю передачі до 33600 біт / с, призначені для роботи на аналогових телефонних лініях і відповідають рекомендаціям стандарту V.34, використовують метод модуляції TCM. На рис.7 як приклад представлені проекції сигналів на комплексну площину для методу модуляції TCM при числі точок, що дорівнює 24, 128, 256 і 960 (відповідні швидкості передачі в стандарті V.34 9600, 19200, 24000 і 28800 + 200 біт / с). В останньому випадку за рахунок тимчасового ущільнення крім основного каналу вводиться незалежний додатковий (паралельний) низькоскоростной канал (зі швидкістю передачі 200 біт / с), який може використовуватися для службових цілей. Загальний вигляд проекцій сигналів на комплексну площину на рис.7 робить зрозумілими раніше згадувані варіанти назв квадратурних діаграм: констеляційні (constellation - сузір'я) або трелліс (гратчасті).

- Варто зробити зауваження щодо двох можливих способів опису швидкостей модемів. Швидкість в бодах (baudrate) являє собою фізичну частоту зміни посилок. Вона зазвичай обмежена смугою пропускання телефонної лінії (від 300 до 3400 Гц, тобто 3100 Гц). Частота несучої вибирається близькою до середини смуги пропускання телефонної лінії; для стандарту V.34 передбачено низку можливих частот несучої в діапазоні від 1600 до 2000 Гц ("догляд" в ту чи іншу сторону від центру смуги пропускання може дещо поліпшити якість зв'язку). Таким чином, Бодов інтервал (тривалість однієї елементарної послідовності) може містити менше одного періоду гармонійного коливання (на відміну від випадку, показаного на рис.4). Інформаційна швидкість передачі може задаватися або в біт / с (в англійській літературі в bps - bit per second), або в числі символів байт / с (в англійській літературі в cps - characters per second). Швидкість в біт / с завжди більше або дорівнює швидкості в бодах, причому відношення цих швидкостей збігається з числом біт, що припадають на один Бодов інтервал в тому чи іншому методі модуляції. Твір 3100 (стандартна смуга пропускання телефонної лінії в Гц) 9 (максимальне число біт, що припадають на один Бодов інтервал в методі модуляції QAM) все ще менше 33600 Біт / с. Це означає необхідність використання більш широкої смуги пропускання (і більшої частоти зміни посилок), що і є однією з

особливостей стандарту V.34 (див. Наступний розділ). Швидкість в символах / с або байт / с (cps) не можна отримати просто поділом на 8 швидкості в біт / с, так як вона враховує "непродуктивні" втрати (службові поля в пакетах і інтервали між ними). Шляхом безпосередніх вимірювань встановлено, що при такому перерахунку додатково повинен використовуватися множник, трохи перевищує 0,9 і залежить від довжини пакета (чим більше довжина пакета, тим менше "непродуктивні" втрати).

Особливості стандартів V.34, V.90 і V.92

Стандарт V.34 має довгу назву, в перекладі має наступний вигляд: "Модем, що забезпечує передачу даних зі швидкостями до 28800 (33600) біт / с для використання на комутованій мережі загального користування та на двоточкових двопровідних виділених каналах телефонного типу". Таким чином, цей стандарт орієнтований на застосування в найбільш поширених типах телефонних ліній. Стандарт V.34 має дві "версії" або редакції - в першій редакції стандарту від 1994 передбачалася швидкість передачі не вище 28800 біт / с, в другій від 1998 року ця межа був збільшений до 33600 біт / с. Крім перерахованих раніше, цей стандарт має ряд інших принципових особливостей:

- більш повне використання смуги пропускання телефонної лінії. З шести передбачених стандартом V.34 символічних швидкостей передачі дві найбільші (3200 і 3429 символів / с) вимагають ширини смуги пропускання лінії перевищує стандартне значення 3100 Гц, але досяжною для ряду реальних телефонних ліній;
- введення в переданий сигнал поряд з лінійними нелінійних предіскаженій для часткової компенсації нелінійних спотворень, що вносяться апаратурою з сигнал РСМ (ІКМ), що працює на лінії. На комплексній площині такі предіскаження виглядають у вигляді нерівномірного (відмінного від строго гратчастої) розташування сигнальних точок;
- розвинений сервіс, що включає можливість організації асиметричною передачі (різні швидкості, несучі частоти, число точок на комплексній площині і інші режими роботи для модемів на протилежних кінцях лінії), полудуплексного обміну (ехокомпенсація не використовується) і додаткового каналу;
- автоматичний адаптивний вибір режимів роботи модемів відповідно до параметрів реальної телефонної лінії. Для цього модеми поперемінно передають один одному послідовність з 21 гармонійного коливання з частотами в діапазоні від 150 до 3750 Гц, визначають можливі режими роботи і обмінюються інформацією про них. Налаштування швидкості роботи

модемів відповідно до якості зв'язку (відношенням сигнал-шум) означає, що фактично швидкість може зменшуватися з кроком 2400 бит / с і в разі відносини сигнал-шум менше 20 дБ (реальна цифра для деяких вітчизняних телефонних ліній, особливо при міжміського зв'язку) виявиться не більше 9600 бит / с.

Як впливає з аналізу особливостей стандарту V.34, він практично повністю використовує можливості, що надаються стандартними аналоговими телефонними лініями. Подальше зростання швидкості передачі по лінії можливий тільки при використанні ліній з більшою пропускною здатністю, що і передбачено в стандарті V.90 для модемів зі швидкістю передачі до 56 Кбіт / с, часто позначаються як V.90- або 56К-модеми. Стандарт V.90 на 56К-модеми затверджений ІТУ-Т у вересні 1998 р На рис.8 наведено ілюстрація принципу роботи звичайних (зі швидкістю передачі до 33600 бит / с на основі стандарту V.34) і 56К (V.90) - модемів в телефонній мережі загального користування. Незважаючи на те, що більша частина мережі цифрова, при роботі на обох кінцях лінії модеми, відповідні протоколу V.34, застосовують її як повністю аналогову. Це означає необхідність використання аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) при передачі сигналів в обох напрямках. В результаті дискретизації сигналів за амплітудою АЦП вносять помітний внесок у погіршення ставлення сигнал-шум і швидкість

передачі в обох напрямках однакова (при найсприятливіших умовах до 33600 біт / с). Однак якщо на одному з кінців лінії (у провайдера) використовувати спеціальний цифровий V.90-модем, підключений безпосередньо до цифрової частини телефонної мережі, а на іншому кінці (у клієнта) аналоговий V.90-модем, то в напрямку від провайдера до користувача АЦП відсутня і швидкість (теоретично) може бути збільшена до 56Кбит / с. Сама по собі цифрова телефонна мережа має швидкість передачі 64 Кбіт / с, однак наявність додаткових спотворень і шумів від роботи ЦАП і АТС, хоча і менших за рівнем, ніж шум дискретизації АЦП, обмежує досяжну швидкість передачі. Крім того, тестування 56К-модемів показує можливість досягнення швидкості в діапазоні 40 ... 50 Кбіт / с при зв'язку з місцевою телефонною станцією і 28 ... 33 Кбіт / с при роботі на міжнародних лініях

Таким чином, досягнення швидкості передачі 33,6 Кбіт / с і, тим більше, 56 Кбіт / с вимагає виконання цілого ряду умов. В першу чергу сама по собі телефонна лінія з усім обладнанням, яке використовується для перетворення сигналів і комутації каналів, повинна бути досить якісної, з найменшою кількістю внесених спотворень сигналів.

Для роботи зі швидкістю 56 Кбіт / с, необхідно виконання додаткових трьох умов:

1. Цифровий вихід на одному з кінців (з боку провайдера).

2. Підтримка стандарту V.90 на обох кінцях. Стандарт V.90 повинен підтримуватися на обох кінцях з'єднання: як аналоговим модемом користувача, так і сервером віддаленого доступу або модемним пулом на стороні хост-комп'ютера. Перехід до стандарту V.90 не означає обов'язкового придбання нового модему, так як деякі з них допускають суто програмний "upgrade".

3. Одне аналого-цифрове перетворення. На шляху проходження сигналу між цифровим модемом V.90 і аналоговим модемом може бути тільки одне аналого-цифрове перетворення.

У червні 2000 р оприлюднено серія нових протоколів V.92, V.44 і V.59. Протокол V.92 є розвитком протоколу V.90 по частині вирівнювання швидкостей передачі в обох напрямках обміну. Максимальна вихідна швидкість від користувача збільшена з 33,6 (V.90) до 48 Кбіт / с. Це досягається за рахунок зміни способу кодування інформації (ІКМ). Що виходить від користувача інформація може передаватися зі швидкостями від 24 до 48 Кбіт / с з кроком 1,333 Кбіт / с як і в протоколі V.90. Крім того, зменшується час входження в зв'язок з 20 (V.90) до 10 с (більш швидке з'єднання - Quick Connect). Другий протокол V.44 дозволяє збільшити ступінь

стиснення даних, що передаються як 6: 1, тобто на 25% в порівнянні з V.42bis, який забезпечував стиснення 4: 1. Продуктивність (інформаційна швидкість передачі) може збільшитися до 300 Кбіт / с. І, нарешті, третій протокол V.59 вводить таку послугу, як можливість переривання передачі даних на час від 0 до 16 хвилин і відповідь входить викликом. Для реалізації сервісів, що надаються стандартом V.92, необхідним є дотримання таких же умов, як і для стандарту V.90.

Слід зазначити, що модеми відносяться до категорії масових і швидко розвиваються телекомунікаційних засобів. Їх розробкою, виготовленням і просуванням до кінцевого користувача займається безліч фірм. З цим пов'язано існування безлічі неусталених, частково перетинаються назв модемів. Тому коротка назва модему може виявитися недостатнім для визначення його дійсного призначення і особливостей, вельми істотних для користувача. Так, є два абсолютно невідповідні типу V.90-модемів - один, аналоговий, для застосування у користувача і інший, цифровий, для підтримки стандарту V.90 з боку провайдера. Плутанина також може виникнути з поняттям голосового модему (voice modem) у зв'язку з наявністю в деяких модемах близькою за назвою, але зовсім окремої функції голосової пошти (voice mail).

Програмні засоби для модемів

Програмні засоби для модемів (інше найменування телекомунікаційні програми), можна розділити на три рівні:

- низькорівневі засоби по типу мови асемблера для комп'ютерів. Широко поширений набір так званих Hayes-команд компанії Hayes Microcomputer Products. Hayes-команди починаються з префікса AT, за яким слідує буквено-цифрові позначення. Існує командний режим, в якому встановлюються, змінюються або відновлюються параметри модему за умовчанням, і режим передачі (робочий). Навряд чи потрібно тут наводити повний список і опис Hayes-команд. Якщо є проблеми з використанням конкретного модему, можна спробувати знайти настільки ж конкретну відповідь в одній з конференцій Інтернет. Якщо ж таких проблем немає, то можна покластися на рядки ініціалізації AT ..., "зашиті" в телекомунікаційних програмах вищого рівня;
- кошти, вбудовані в ОС, в тому числі в MS DOS, Norton Commander і Windows. В MS DOS (різних версій) це команда MODE (настройка параметрів), а також команди INTERLNK і INTERSRV (власне передача). У Norton Commander версії 5.0 можна знайти програму Term95 або рядок Terminal Emulation в верхньому меню, що викликає ту ж програму. Тепер

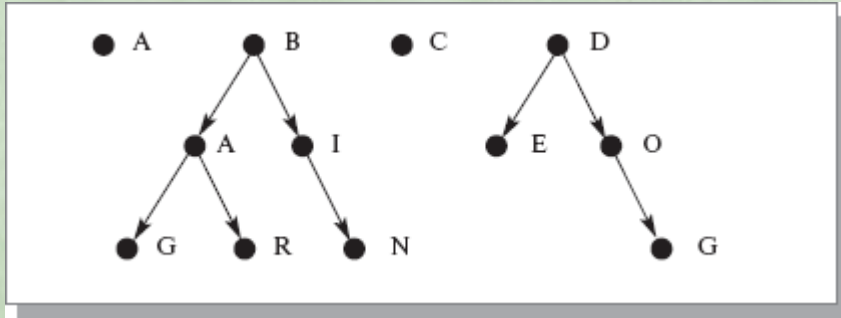
настройка параметрів і передача викликаються в одній програмі і просто входять в різні пункти меню. В Windows входить окрема програма настройки модемів ("Модеми" в "Панелі управління"), а також засоби підключення до Інтернет. Згадані програми, зручніше і "могутніше", ніж низькорівневі команди, проте ще більшими можливостями мають програмні засоби з наступної групи;

- "зовнішні" спеціалізовані програми такі як Lucent Winmodem tune 2.5, VentaFax & Voice 5.5, ChatterBox v1.6 і інші, які надаються разом із конкретним модемом (але зазвичай здатні підтримувати роботу модемів різних типів) і доступні як вільно розповсюджується з Інтернет або на CD.
- Нижче перераховані основні установчі параметри телекомунікаційних програм:
- швидкість передачі в бодах (baudrate). Варто зазначити, що вже в ранніх версіях програми Term передбачалася швидкість, багато більша, ніж це можливо при модемного передачі (до 115 200 бод для програми Term90, версія 2.3). Справа в тому, що зв'язок між комп'ютерами на невеликі відстані (до 2 і до 15 м при використанні інтерфейсів Centronix і RS232C відповідно) може бути організована без участі модемів за допомогою так званих "нуль-модемних" кабелів, що з'єднують паралельні або послідовні порти. У разі застосування

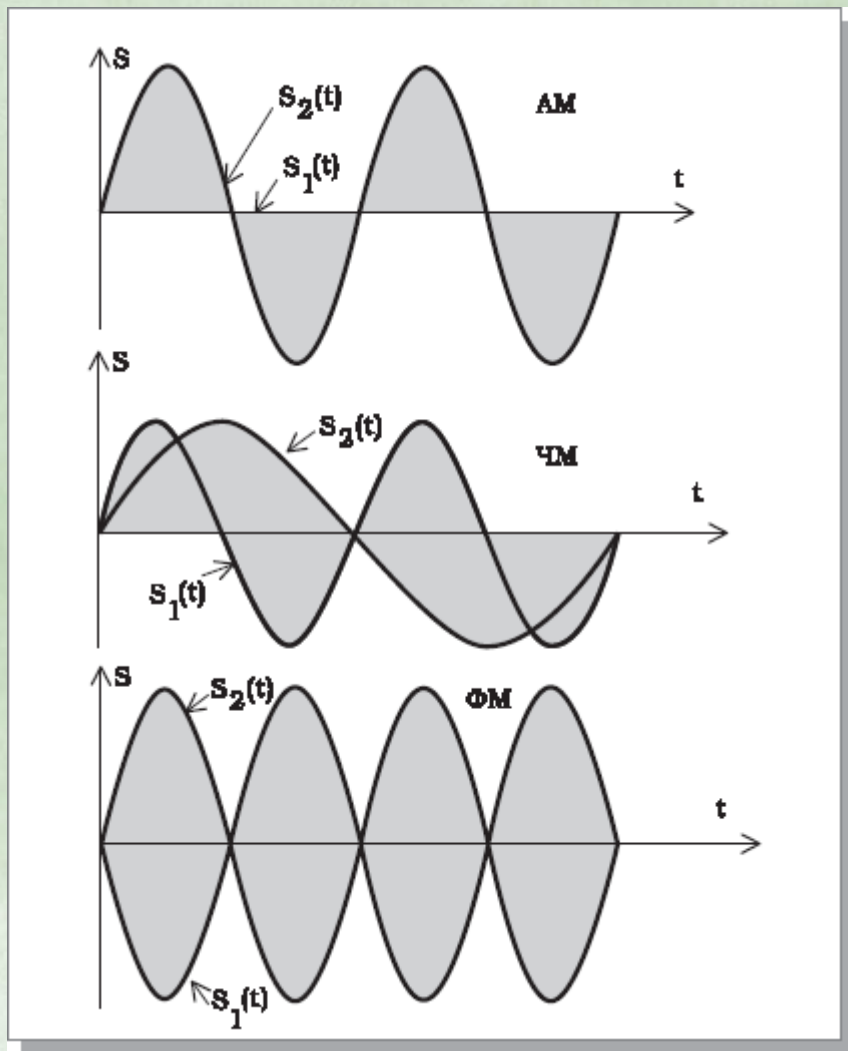
паралельних портів верхня межа досяжної швидкості передачі доходить до 100 Кб / с (тобто до 800 Кбод);

- протоколи передачі (ASCII, Kermit, Xmodem, Ymodem, Zmodem і їх різновиди). Тут під протоколами розуміється одна зі складових цього поняття - формат пакетів. Можливі формати відрізняються по числу біт на символ (для протоколу ASCII передбачено тільки 7 біт на символ і, відповідно, можлива передача тільки текстів, написаних англійськими літерами), по довжині пакета в байтах і за способом перевірки відсутності помилок (без перевірки, з використанням біта парності / непарності, контрольної суми або циклічного коду - CRC);
- управління передачею (flow control). Це друга частина загальноприйнятого поняття протоколів, що включає простий механізм перевірки готовності віддаленого пристрою типу "запит - відповідь" за допомогою пари сигналів, утворених за рахунок апаратних засобів (RTS / CTS - рівні сигналів на контактах роз'єму RS232C) або програмно (Xon / Xoff - службові символи кодової таблиці ASCII). Вважається, що апаратний спосіб надійніший, і він необхідний для використання з модемами, що підтримують стандарти стиснення інформації v.42 / V.42bis і MNP5;

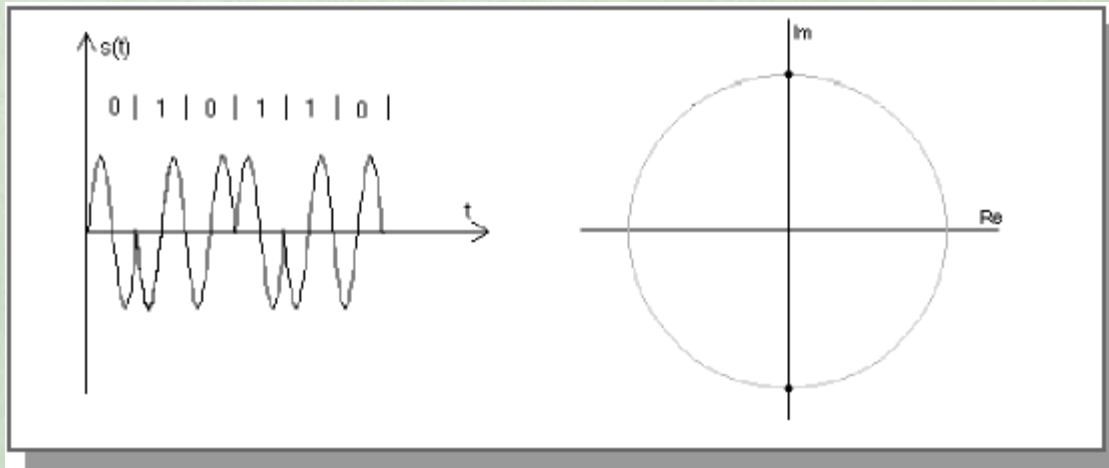
- емуляція віддаленого терміналу (Teletype - TTY, DEC102, ANSI і ін.). На екрані "місцевого" комп'ютера може бути отримано зображення, ідентичне зображенню на моніторі віддаленого комп'ютера.



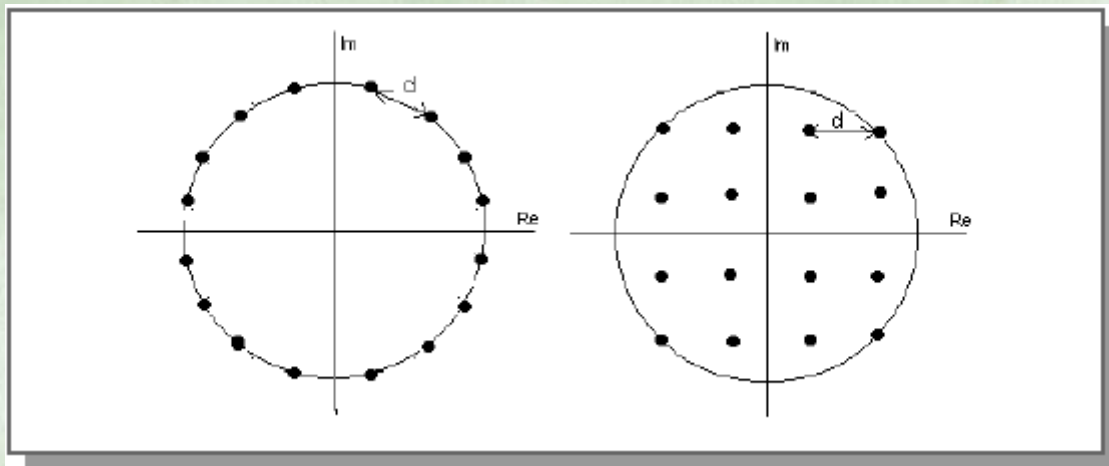
Приклад представлення частини словника при роботі протоколу стискання V.42bis.



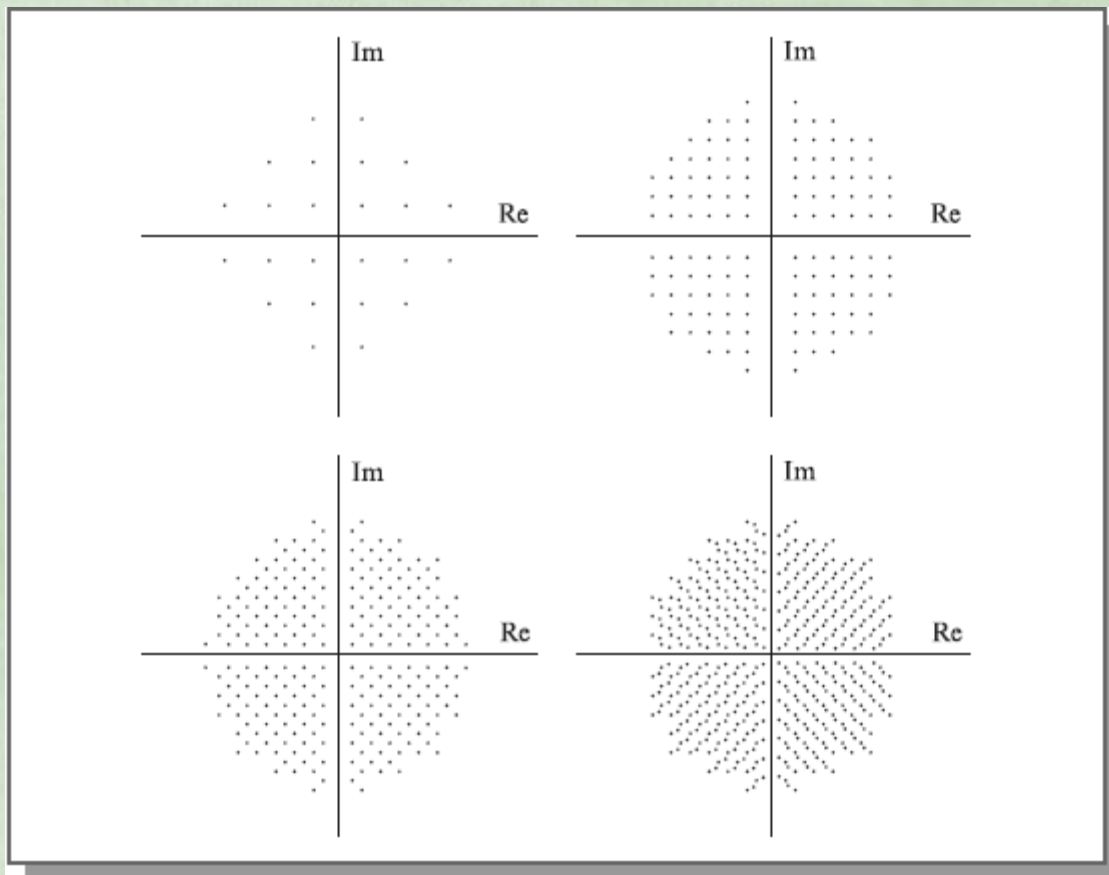
Якісне порівняння "класичних" методів модуляції за ступенем стійкості до перешкод



Фрагмент сигналу для простої бінарної диференціальної фазової модуляції (2 - DPSK) і його відображення на комплексній площині



Порівняння двох методів модуляції (16-DPSK і 16-QAM) за величиною мінімальної відстані між послілками d



Проекції сигналів на комплексну площину для методу модуляції TCM при числі точок, що дорівнює 24, 128, 256 і 960.

ТЕХНОЛОГІЯ ІР-ТЕЛЕФОНІЇ. ТИПОВА СТРУКТУРА ІР-ТЕЛЕФОННОЇ МЕРЕЖІ, АПАРАТНІ ЗАСОБИ.

ІР-телефонія (або VoIP - Voice over Internet protocol) - технологія, яка використовує мережу з пакетною комутацією повідомлень на базі протоколу ІР для передачі голосу в режимі реального часу.

Під час розмови наші голосові сигнали перетворюються на пакети даних, які потім стискаються. Далі ці пакети даних надсилаються через Інтернет приймальній стороні. Коли пакети даних досягають адресата, декодуються в аналоговий голосовий сигнал.

ІР-телефонія в чистому вигляді може застосовуватися як лінії передачі голосу, для чого можуть використовуватися спеціально виділені цифрові канали.

Особливості ІР-телефонії

Найменші витрати на традиційні телефонні розмови (міжміські та міжнародні дзвінки). Також набагато менші витрати на інвестиції в обладнання. Високі витрати телефонних компаній призводять до дорогих міжміських розмов. Виділене підключення, тобто можливість постійного доступу до телефонного зв'язку з телефонної станції, вимагає надмірної продуктивності за

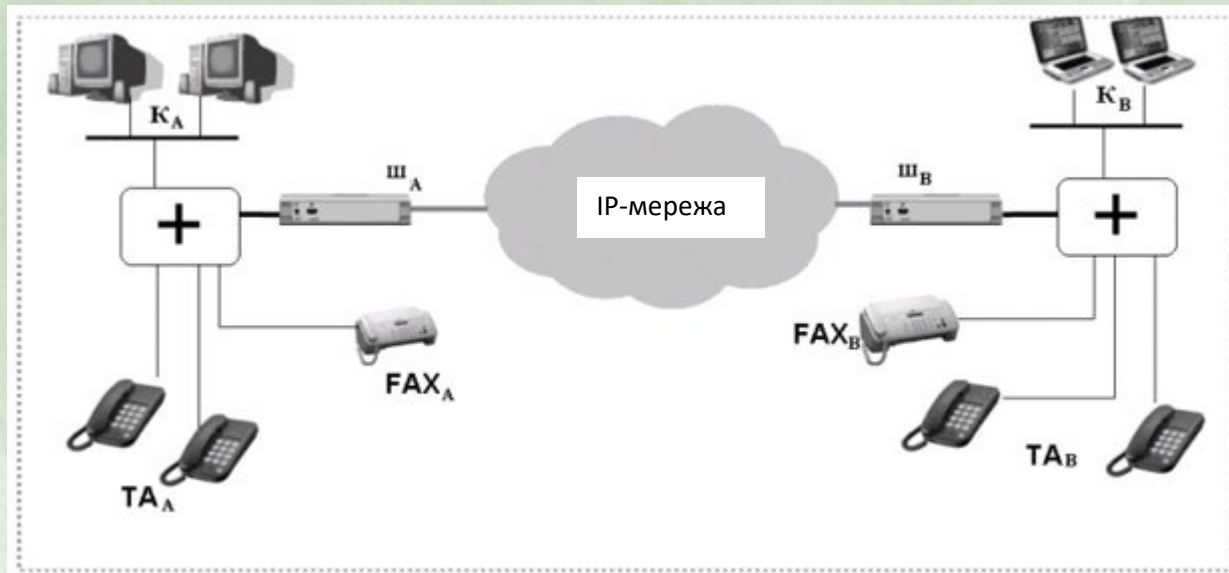
рахунок часу простою протягом мовного сеансу. У таких випадках доводиться оплачувати той час, коли ми не використовуємо телефонну лінію.

На відміну від аналогової телефонії, IP-телефонія створює "підключення на запит" і не має зарезервованих ліній зв'язку, що зменшує витрати на телефонні розмови.

Інтернет -телефонія частково використовує існуючі мережі, закріплених за абонентами телефонних ліній. Додатково застосовує прогресивну технологію стиснення сигналів, що передаються, яка більш повно використовує ємність телефонних ліній.

При звичайному способі передачі мови (аналогової телефонії) використовується канал пропускної здатністю 64 кбіт/с незалежно від того, чи розмовляє абонент або мовчить під час з'єднання. У разі передачі мови по IP -мережам, за рахунок оцифрування та компресії (стиснення), мова передається у вигляді цифрової інформації, причому якщо абонент мовчить або робить паузи в розмові, цифрова інформація в канал не передається і канал не заповнюється. Це дозволяє в одному каналі 64 кбіт/с передавати від 8 і більше з'єднань одночасно, що забезпечує зниження тарифів, і, відповідно, оплата зменшується.

По-друге, IP-телефонія приваблює додатковими можливостями сумісного доступу до Інтернету . Голосові дані, факсимільні повідомлення передаються вже з набором IP -протоколів Інтернету. Таким чином, голосова інформація та звичайні дані можуть передаватися по одній і тій самій мережі. Це означає, що клієнти отримують додаткову корисну функцію від мережі, яка поєднує в собі властивості мережі передачі звичайних даних і телефонної мережі.



- А, В – абоненти, які обмінюються інформацією по мережі.
- K_A , K_B - комп'ютери абонентів А та В відповідно.

- Ш_A та Ш_B - шлюзи А та В .
- FAX_A та FAX_B - телефакси А та В .
- ТА_A і ТА_B - телефони А і В .

Відкрита архітектура - ще одна важлива особливість VoIP .

Ще однією позитивною властивістю IP-телефонії є наявність загальних протоколів IP-телефонії : H.323, MGCP , SIP і т.д.

Варіанти побудови IP-телефонних систем (на прикладі D-Link)

Майже реалізуються дві базові схеми IP-телефонії. Ці рішення дозволяють здійснювати дзвінки між абонентами, використовуючи Інтернет або будь-яку іншу IP - мережу. Голос під час передачі "поміщається" в пакети формату IP і передається, минаючи телефонні лінії звичайної АТС. Використовуючи сервіс IP-телефонії, що надається інтернет-провайдерами (ISP), можна помітно зменшити витрати на телефонні переговори на далекі відстані. Більш комфортні умови створюються за рахунок ведення телефонних переговорів у дуплексному режимі. Надійний сервіс та контроль дозволяють дзвонити як з одного комп'ютера на інший, так і з комп'ютера на звичайний аналоговий телефон.

Перша базова схема пов'язана з організацією телефонних переговорів між користувачами персональних комп'ютерів, оснащених мультимедійним обладнанням (гарнітура) та спеціальними програмними (програмно-апаратними) засобами.

На даний момент протокол SIP - безумовний лідер з підтримки обладнання та програм для кінцевих користувачів. Існують такі типи терміналів з його підтримкою:

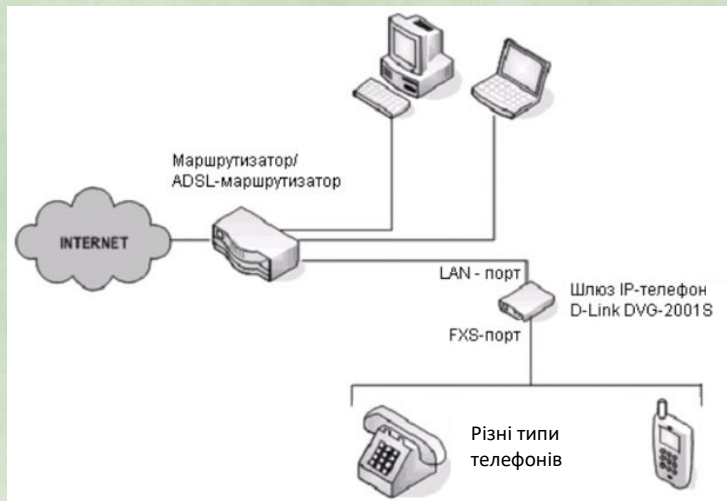
1. Програмні телефони (Softphones). Це програми, які, встановлені на комп'ютері, можуть використовувати мікрофон і навушники замість телефонної трубки, інтерфейс користувача комп'ютера як номеронабирача та мережну плату як апаратний засіб передачі голосових повідомлень. На даний момент це, мабуть, найпопулярніший і найдоступніший тип SIP-терміналу.

2. Адаптери для роботи аналогових телефонів у мережах VoIP. Це спеціальні пристрої, які емулюють телефонну лінію (FXS) та дозволяють підключати до них звичайні телефони. З іншого кінця до такого пристрою зазвичай підключається кабель Ethernet.

Застосування телефонних адаптерів, наприклад DVG-2001S, шлюзу VoIP за підтримки SIP-протоколу дозволяє об'єднати телефонну мережу ТФОП з мережею VoIP і використовувати

традиційні аналогові телефонні апарати для здійснення дзвінків через Інтернет. Такий комплект обладнання має 1 порт FXS і 1 порт Fast Ethernet і забезпечує зручність та економію коштів компаній, що потребують частих міжміських та міжнародних ділових дзвінків.

Застосування телефонних USB-адаптерів



Структурна схема мережі з використанням телефонних шлюзів D-Link DVG-2001S

Інший приклад: телефонний Skype USB- адаптер, що дозволяє скористатися перевагами безкоштовних сервісів Skype за допомогою наявних дротових та бездротових телефонів. USB - адаптер DPH-50U призначений для роботи з персональним комп'ютером. Він обладнаний 2

портами RJ-11 для підключення до телефону та телефонної лінії, а також портом USB для підключення до ПК.



Структурна схема мережі з використанням телеф-их USB-адаптерів на прикладі D-Link DPH-50U

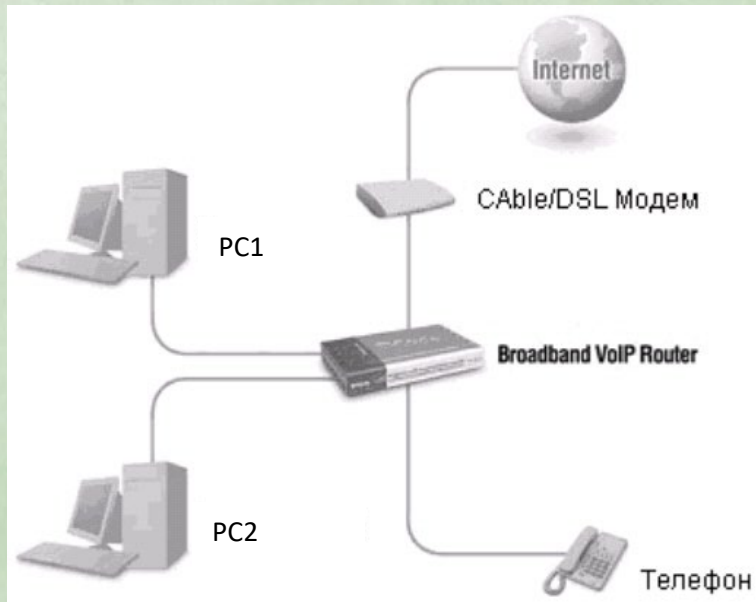
Основними перевагами телефонних USB-адаптерів є:

- можливість використання звичайних телефонних апаратів для виконання Skype-дзвінків;
- прийом та передача дзвінків абонентам як традиційної аналогової телефонної мережі, так і Skype-лінії з одного телефону;
- можливість використання стандартного телефонного апарату (замість телефонної гарнітури);

- можливість використання бездротових телефонів, які забезпечують свободу переміщення по дому чи офісу;
- зручність використання вбудованих телефонних функцій, таких як "Очікування дзвінка", "Конференц-зв'язок" та "Перенаправлення дзвінка";
- переваги від використання безкоштовних сервісів під час виконання міжнародних дзвінків іншим абонентам, які у будь-якій точці світу.

Застосування VoIP-шлюзів

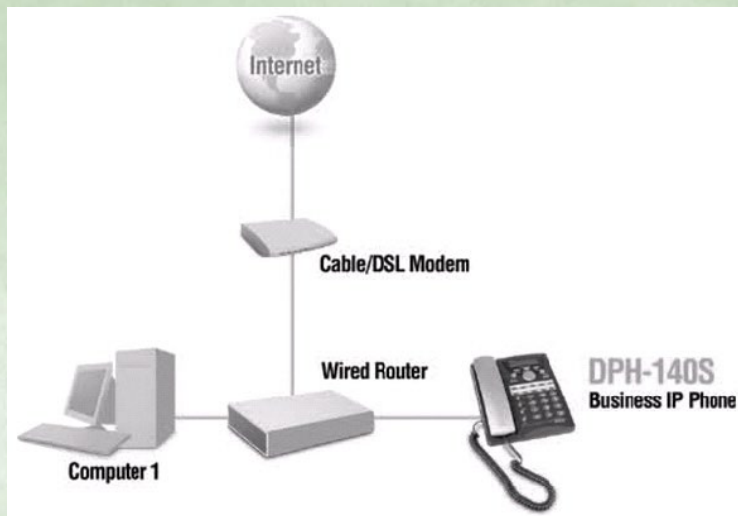
Шлюзи - пристрої, які призначені для інтеграції VoIP в існуючі аналогової телефонії мережі (наприклад, D-Link DVG-1402S або DVG-2004S). Зазвичай вони містять аналогові голосові порти, які емулюють роботу телефону (FXO) чи телефонної лінії (FXS). Залежно від шлюзу, а точніше від його призначення, існують шлюзи з різною кількістю FXO і FXS-портів (шлюзи спочатку призначені для інтеграції мереж, а не тільки для адаптації роботи одного аналогового пристрою до мережі VoIP).



Структурна схема мережі з використанням шлюзів D-Link DVG-1402S з 2 портами FXS

Апаратні телефони з безпосередньою підтримкою VoIP виконуються у вигляді звичайного телефону, але є повністю цифровими пристроями та підключаються безпосередньо до мережі Ethernet або Wi-Fi. Такі телефони часто містять друге гніздо для підключення комп'ютера, що дозволяє взагалі виключити телефонну проводку, оскільки і для роботи телефону, і для роботи комп'ютера використовується одна розетка Ethernet (або взагалі немає гнізда для з'єднання з комп'ютером у разі бездротового з'єднання Wi-Fi). Цей тип пристроїв є найперспективнішим, а надалі може витіснити аналогові телефони.

Приклад 1: VoIP-телефон DPH-120S , DPH-140S , що має додатковий роз'єм RJ-45 для підключення до порту Ethernet комп'ютера, або DPH-540 , що поєднує можливість підключення до бездротової мережі. Wi-Fi-телефон є автономним пристроєм, який не потребує використання комп'ютера. Для забезпечення безпечного підключення до бездротової мережі телефон підтримує шифрування WEP, WPA та WPA2. Wi-Fi-телефони призначені для роботи в зонах покриття точок доступу, встановлених у таких місцях як житлові будинки, офіси, навчальні заклади та інші громадські установи.

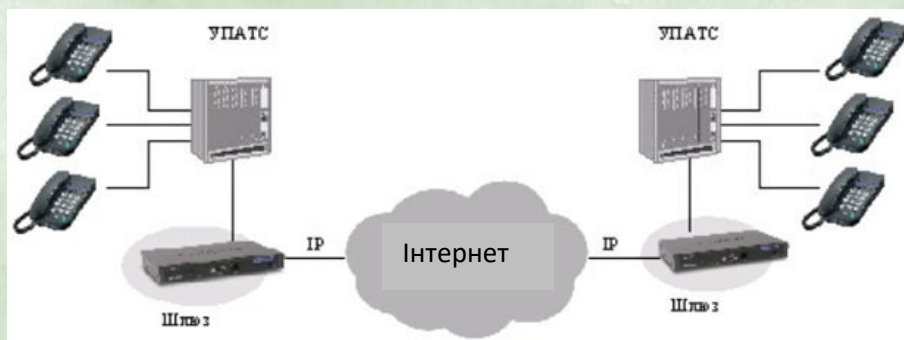


Структурна схема мережі із використанням телефонних шлюзів D-Link DPH-140S

Приклад 2: використання VoIP USB-телефонів (наприклад, DPH-10U або DPH-20U), що підключаються до USB-порту комп'ютера та призначені для передачі голосових даних по IP - мережах. Цей телефон сумісний з будь-якими настільними або портативними комп'ютерами з інстальованою операційною системою та програмами для спілкування через Інтернет, такими як Skype.

З'єднання офісів за допомогою мережі Інтернет

Гібридні мережеві пристрої . Як правило, використовують маршрутизатори, які містять як порти для передачі даних (Ethernet), так і голосові порти (FXS або FXO) - фактично вони є гібридом маршрутизатора та адаптера або шлюзу . Гібридний мережний пристрій може застосовуватися для створення корпоративної IP -телефонної мережі, з'єднуючи офісні УПАТС через мережу Інтернет .



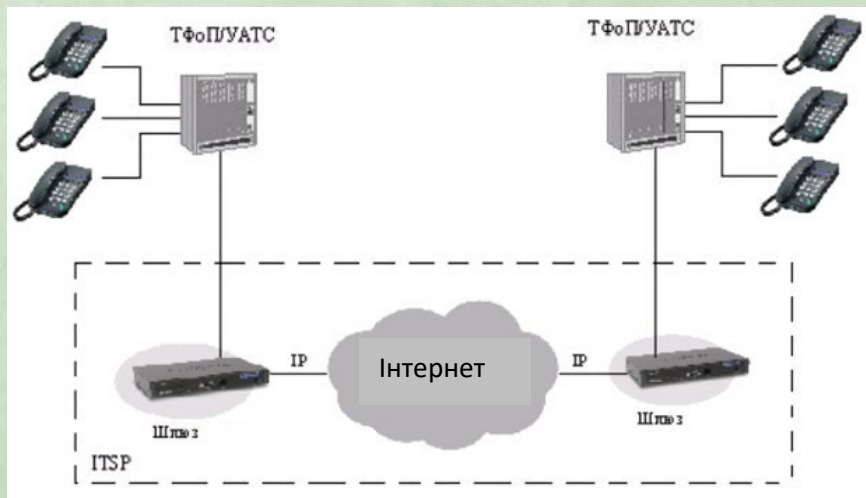
З'єднання офісів за допомогою мережі Інтернет

За такої схеми – витрати на купівлю шлюзів, на експлуатацію. Звичайний провайдер послуг мережі Інтернет не зможе гарантувати надання необхідної смуги пропускання, оскільки каналом передаються і дані, і мова.

Щоб уникнути цих проблем, потрібно використовувати послуги ITSP-провайдера . Провайдери IP-телефонії гарантують не лише доступ до шлюзового обладнання, а й необхідну смугу пропускання.

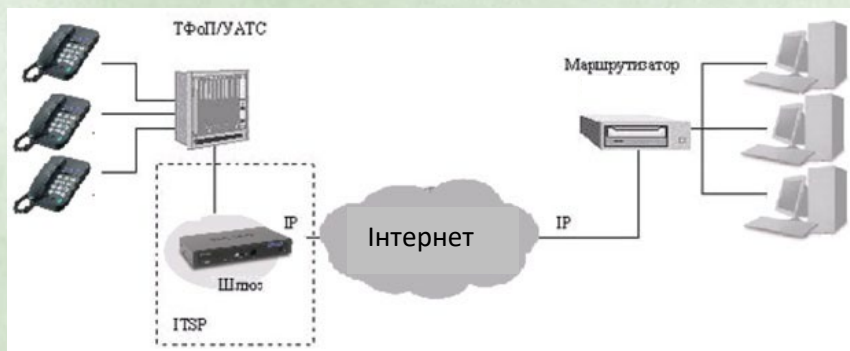
ITSP надає можливості для викликів наступних типів сценаріїв:

- "Від телефону до телефону". Виклик йде з звичайного телефону до комплекту обладнання ITSP і через мережу Інтернет доходить до іншого ITSP , який здійснює зворотні перетворення.



Взаємодія "від телефону до телефону"

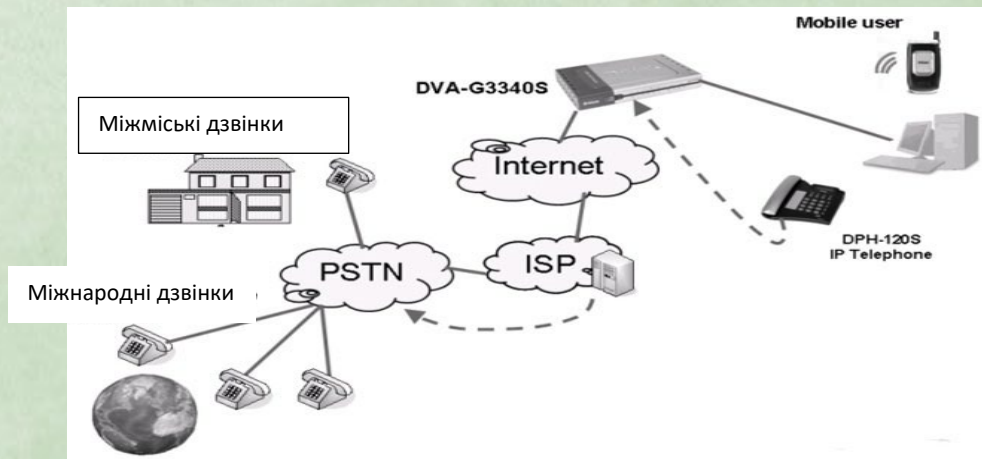
- "Від телефону до комп'ютера". Для компанії краще встановити на кожне автоматизоване робоче місце локальної мережі програмне забезпечення IP-телефонії та мікрофон (більшість сучасних ПК вже мають звукові адаптери та акустичні системи) та підключити локальну мережу до ITSP .



Взаємодія "від телефону до комп'ютера" та "від телефону до веб-браузера"

- "Від комп'ютера до телефону". Шлюз в IP-системі виконує значне функціональне навантаження. Шлюз призначений для перетворення аналогових мовних та службових сигналів у цифрову послідовність; організації з цієї послідовності пакетів глобальної мережі Інтернет та передачі її в мережу, прийому пакетів та відновлення кодової послідовності цифрових, мовних та службових сигналів та їх перетворення на аналогову форму, а також вирішення інших завдань, пов'язаних з організацією інтерфейсів, генеруванням та детектуванням сигналів абонентської сигналізації, керуванням режимами телефонних переговорів та деяких інших.

Шлюзи можуть встановлюватися на серверах інтернет -провайдерів, міських телефонних станціях, установчих АТС, серверах локальних обчислювальних мереж, веб-серверах компаній, які потребують організації голосових гарячих ліній, служб технічної підтримки, діалогових довідкових служб тощо. Шлюзи можуть входити до складу маршрутизаторів. Головні завдання шлюзу – забезпечення якісного дуплексного телефонного спілкування абонентів у режимі пакетної передачі та комутації цифрових сигналів – за будь-якого випадку.



Структурна схема мережі телезв'язку через мережу Інтернет (через шлюзи) D-Link DVA-G3340S

Крім терміналів користувачів, які підключаються до мереж аналогової телефонії, є сервери керування:

1. SIP-сервер (він же SIP -Proxy). Веде список підключених до нього та зареєстрованих клієнтів для того, щоб брати участь у пошуку абонента для з'єднання та керування сеансом з'єднання.
2. Проксі для вихідних з'єднань (outbound proxy) . Потрібен для обходу клієнтом обмежень, які накладаються використанням трансляції адрес (NAT).

3. STUN-сервер . Спеціальний сервер, який дозволяє клієнту визначити тип трансляції адрес , що використовується , для того, щоб спробувати обійти його обмеження без використання проксі для вихідних з'єднань.

4. DNS (Domain Name Service). Відомий протокол, який SIP застосовується для знаходження SIP-сервера для заданого домену шляхом публікації спеціальних DNS-записів в зоні цього домену.

Окремим типом сервера є SIP-агент . Це програма , яка безпосередньо займається прийомом та здійсненням дзвінків. Вона містить кодеки і взаємодіє з кінцевим користувачем. SIP -агент вбудований у кожен SIP - термінал -програмний телефон, шлюз або апаратний VoIP - телефон. SIP -агенти взаємодіють між собою безпосередньо (у разі використання технології SIP Peer to Peer) або через SIP -сервери та проксі для вихідних з'єднань. Сам протокол SIP голос не передає. Але він використовується для встановлення сеансу зв'язку та управління ним. Самі голосові дані передає протокол RTP . Причому працюють вони паралельно, але різними портами: SIP координує сесію, а RTP передає голос. Без використання RTP SIP не може передавати голос, а без SIP - RTP не зможе встановити сеанс зв'язку.

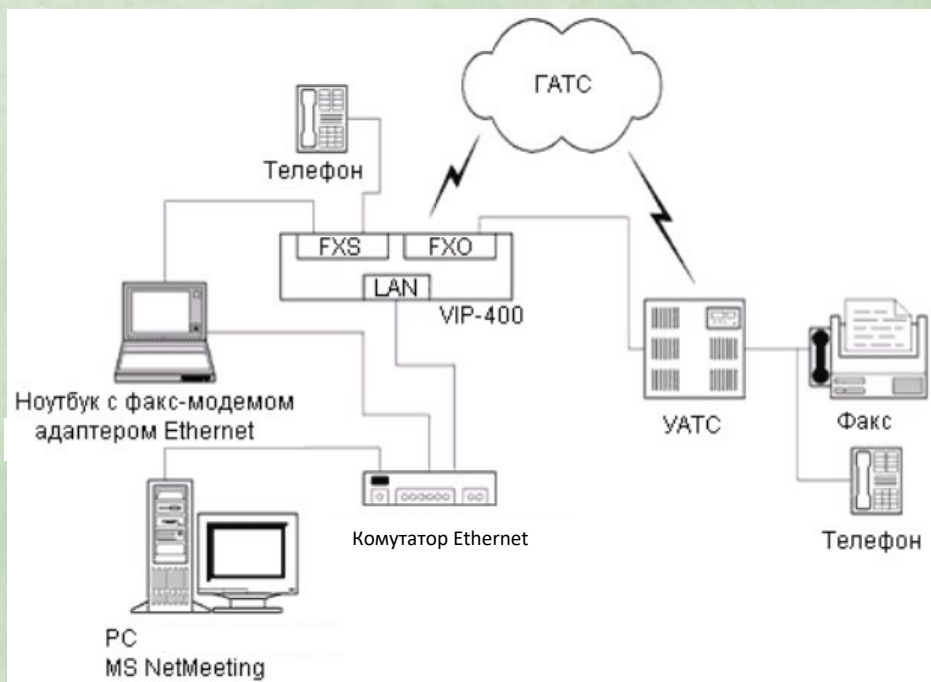
Архітектура шлюзу. Реалізувати функції IP-телефонії повинен пристрій (або пристрої) - шлюз, який з мережевої точки зору здійснює перетворення керуючої інформації та повідомлень, що надходять з однієї мережі (наприклад, PSTN) в пакети глобальної мережі Інтернет і назад. Таке перетворення не має значно спотворити вихідний мовний сигнал, а режим передачі повинен зберегти обмін інформацією між абонентами у реальному масштабі часу.

Більш повно основні функції, що виконуються шлюзом при з'єднанні типу "крапка-крапка", полягають у наступному:

- реалізація фізичного інтерфейсу з комунікаційною мережею (інтерфейси FXO та FSX);
- детектування та генерація сигналів абонентської сигналізації;
- перетворення сигналів абонентської сигналізації на пакети даних і назад;
- перетворення мовного сигналу пакети даних і назад;
- з'єднання абонентів;
- передача по мережі сигналізаційних та мовних пакетів;
- роз'єднання зв'язку.

Більшість функцій шлюзу у межах архітектури ТСП/ІР реалізується у процесах прикладного рівня. (*)

Дзвінки можуть без проблем проходити між телефонним апаратом, підключеним до порту FXS, та абонентами міні-АТС із гарною якістю. Також можливі дзвінки абонентам ГАТС (міські АТС), що надходять до ГАТС. При вхідному дзвінку на порт FXO шлюз (в даному випадку VІP - 400) видає безперервний гудок, після чого можна набрати тоном номер абонента, "прописаного" в номерному плані шлюзу (це можуть бути телефони, підключені до портів FXO, або NetMeeting). При організації телефонних переговорів з обчислювальних мереж передається два типи інформації: командна та мовна. До командної інформації належать сигнали дзвінка, роз'єднання, а також інші службові повідомлення.



Архітектура шлюзу

Приклад простої телеф.системи- телефонна мережу, яка охоплює абонентів, що у одному будинку чи групі близько розташованих будинків. У цьому випадку мережна інфраструктура , як правило, являє собою локальну/кампусну мережу на базі технологій Ethernet/Fast Ethernet/Gigabit Ethernet/Wi-Fi, в рамках якої можуть бути розміщені як абонентські телефони та персональні комп'ютери, так і пристрої телефонної мережі , що управляють . . Основним пристроєм для керування мережею IP-телефонії є сервер керування дзвінками. Один сервер може підтримувати

велику кількість IP-телефонів. Їхня кількість залежить від моделі сервера, на якому встановлено програмне забезпечення. З метою масштабування системи та для забезпечення відмовостійкості сервери можуть бути об'єднані, що збільшує кількість телефонів, що одночасно під'єднуються. IP-телефони користувача, так само як і сервери, підключаються до комутаторів локальної/кампусної мережі; при цьому можливе використання технологій, наприклад Power over Ethernet, що забезпечують подачу електроживлення для IP-телефонів від комутаторів Ethernet. Багато моделей телефонів оснащені вбудованим двопортовим комутатором Ethernet, що дозволяє підключити персональний комп'ютер абонента до корпоративної мережі.

Також в межах локальної мережі розміщуються сервери програм, таких як система голосової пошти або система інтерактивної мовної взаємодії, які забезпечують додаткові послуги для абонентів системи.

Інтегрована мережа IP-телефонії (приклад: головний офіс розташований в одному будинку).

Для підключення системи IP-телефонії до телефонної мережі загального користування використовуються голосові шлюзи на базі маршрутизаторів, при цьому вибір конкретної моделі шлюзу залежить від типу та кількості інтерфейсів, які застосовуються для стикування з ТФОП

(можливе використання аналогових і цифрових інтерфейсів). Шлюзи також потрібні у разі необхідності підключення системи IP-телефонії до встановленої офісної АТС.

Основні характеристики моделі побудови мережі IP-телефонії для однієї будівлі або кампусу (кілька будівель, об'єднаних високошвидкісною локальною мережею):

- для організації системи IP-телефонії може використовуватися D-Link DVX-7090, який виконує функції голосового маршрутизатора та рекомендується для застосування в мережах середніх та великих офісів;
- для подальшого масштабування мережі можливе використання кількох таких пристроїв;
- для підключення до телефонної мережі загального користування (ТФОП) аналогових телефонів та факсових апаратів, стикування з існуючими УВАТС застосовуються голосові шлюзи;
- ресурси голосових сервісних модулів використовують для організації аудіоконференцій;
- Для забезпечення якісної роботи різних програм рекомендується застосування комутаторів, що підтримують необхідні засоби забезпечення якості сервісу (QoS).

Відеотелефонія. Використання відеотелефонії досягається розширенням описаної системи. У найпростішому випадку достатньо оснастити персональні комп'ютери абонентів системою відеоконференцій, наприклад, на базі пристроїв: відеофон D-Link DVC-1000 i2eye або DVC-2000 i2eye або підключити відеотермінали до системи IP-телефонії. Сервер, який використовується в системі, буде здійснювати управління як звичайними телефонними з'єднаннями, так і відеодзвінками.

Інтегрована мережа IP-відеотелефонії. Один з найбільш поширених варіантів побудови системи IP-телефонії є розподіленою системою, що забезпечує сервіси корпоративної IP-телефонії не тільки для центрального офісу, але і для віддалених підрозділів/офісів, підключених до корпоративної IP-мережі із забезпеченням необхідних механізмів якості сервісу (QoS).

У такій схемі сервер DVX-7090 розташований у центральному відділенні, керує встановленням телефонних з'єднань і функціонуванням телефонних апаратів, розташованих у віддалених точках в межах корпоративної IP-мережі. Подібна архітектура має переваги:

- простота та економічність впровадження телефонії та відео для невеликих віддалених відділень;

- можливість централізованого налаштування та управління телефонною та відеосистемою;
- простота доступу віддалених абонентів до сучасних сервісів телефонії, розгорнутих у центральному відділенні, таких як сервіси голосової пошти/уніфікованої обробки повідомлень, доступ до автоматичних телефонних довідників з IP-телефону тощо;
- можливість використання ресурсів корпоративної мережі передачі для встановлення телефонних з'єднань між різними відділеннями, об'єднаними мережею IP-телефонії. При цьому можлива економія на оплаті міжміських телефонних розмов між різними відділеннями та підвищення ефективності завантаження каналів WAN за рахунок використання єдиного набору каналів передачі трафіку голосу та даних;
- і, нарешті, немає потреби мати досвідчений персонал служби технічної підтримки у кожному віддаленому підрозділі/офісі.

Приклад складу апаратури для розподіленої системи IP-телефонії та відеотелефонії:

- у межах локальної мережі можливе застосування кодека G.711 (нестиснений голос);

- для економного використання смуги пропускання на каналах WAN може бути використано стискування голосу (кодек G.729);
- D-Link DVX-7090 контролює завантаження смуги пропускання на каналах WAN між віддаленими офісами та приймає рішення про дозвіл/заборону встановлення телефонних та відеоз'єднань на основі інформації про наявність вільної смуги пропускання;
- підтримка механізмів забезпечення якості сервісу (QoS) в межах розподіленої IP-мережі є важливим для забезпечення якісної роботи різних додатків (особливо для голосових додатків та відео).

МОДУЛІ BLUETOOTH. ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ.

BlueGiga однією з перших компаній, яка почала впроваджувати технологію Bluetooth Low Energy у своїх пристроях. Однорежимні пристрої (single-mode) випускаються з 2010 року, і з 2011 року випускаються дворежимні пристрої (dual-mode).

На даний момент BlueGiga пропонує серії BLE пристроїв:

- модуль BT111 Bluetooth Smart Ready HCI Module;
- USB - пристрій BLED112 Bluetooth low energy dongle;
- модуль BLE112 Bluetooth low energy module.

Модуль BT111

BT111 призначений для додатків, в яких необхідна робота і з класичними пристроями Bluetooth , і з пристроями Bluetooth Low Energy і є мініатюрним модулем поверхневого монтажу з вбудованою антеною .

При вихідній потужності до 8 дБм модулі BT111 можуть підтримувати з'єднання на відстані близько 100м у межах прямої видимості. Чутливість приймача становить -89 дБм .

В основі BT111 лежить бездротова система на кристалі CS8510, що містить Bluetooth трансівер, 16-бітний RISC мікроконтролер з досить ефективною схемою управління енергоспоживанням і розподілом пам'яті. Ядро мікроконтролера за підтримки контролера переривань, таймера виконує стек протоколів Bluetooth , а також відстежує бездротовий інтерфейс та інтерфейс до хост-контролера. Вбудований в CS8510 LDO регулятор дозволяє модулю працювати в діапазоні напруги від 1.8 до 3.6 В.

CSR8510 додатково має SPI, PCM та USB (Full-speed 12 Мбіт/с) інтерфейси. Крім того, доступні до чотирьох ліній введення-виводу, які можуть бути використані як лінії індикаторів, як вхідні лінії, а також в режимі сумісності з Wi-Fi .

Крім однокристальної системи CS8510 до складу BT111 входять: монопольна керамічна антена, вхідний фільтр, EEPROM об'ємом 32 Кбайта і кварцовий резонатор на 26 МГц. Структурна схема BT111 представлена на малюнку .

Антена забезпечує посилення порядку 0.5 дБм радіочастотний фільтр дозволяє зменшувати рівень перешкод модуля. Вбудована EEPROM може бути використана для зберігання налаштувань модуля, таких як вихідна потужність передавача, конфігурація периферійних інтерфейсів, налаштування та ідентифікатори USB, адреса Bluetooth .

BT111 може працювати разом із Wi-Fi пристроями. Для цього передбачено три режими сумісності:

- Unity-3;
- Unity-3e;
- Unity +.

CS8510 має дуже вражаючі обсяги пам'яті та ефективну схему управління нею. Так, модуль управління пам'яттю підтримує кілька кільцевих буферів передачі даних між хост-контролером і бездротовим інтерфейсом за мінімальної участі у цьому процесорного ядра.

У CS8510 56 Кбайт оперативної пам'яті розділяться між кільцевими буферами для голосових даних або пакетів даних для кожного з підтримуваних активних з'єднань. Вбудована стала пам'ять об'ємом 5 Мбайт призначена для зберігання прошивки стека протоколів, налаштувань модуля та коду прикладних програм.

Модуль BLE112

Модуль BLE112 є однорежимним BLE-модулем, призначеним для сенсорних систем та BLE-аксесуарів з батарейним живленням. BLE112 підтримує практично всі можливості пристроїв BLE - бездротова передача даних, підтримка стека протоколів BLE і ряду профілів

BLE-пристроїв, додатково присутня можливість зберігання додатків користувача, таким чином, можлива робота модуля BLE без зовнішнього контролера.

BLE112 відрізняє досить низьке енергоспоживання та широкий діапазон напруг живлення. Так він може безпосередньо працювати від 3В батарейки типу "монета" або від пари "мізинчикових" батарей (тип AAA). У режимі сну модуль споживає лише близько 400 нА, перехід в активний режим здійснюється за частки мілісекунд, а в режимі передачі струм споживання становить близько 27 мА (при вихідній потужності 0 дБм).

Трансївер BLE112 забезпечує вихідну потужність в межах від -23 до 3 дБм та чутливість до прийому порядку -85...-91 дБм.

BLE112 заснований на BLE-процесорі від Texas Instruments CC2540, і в доповненні до бездротового процесора має вбудовані кварцові резонатори на 32 МГц і на 32.678 КГц, що забезпечують тактування CC2540, що узгоджує фільтр і мініатюрну керамічну антену. На друкованій платі модуля передбачено посадкове місце для UFL роз'єму, що дозволяє підключати зовнішню антену. Структурна схема BLE112 представлена на .

CC2450 містить високопродуктивний мікроконтролер архітектури 8051 з 8 Кбайтами оперативної пам'яті та до 256 Кбайтами. флеш -пам'яті з можливістю перепрограмування самим

пристроєм. П'яти каналний контролер прямого доступу на згадку дозволяє дуже ефективно організувати роботу з периферійними пристроями та пам'яттю, істотно економлячи ресурси процесорного ядра. Контролер переривань обслуговує до 18 каналів переривань із чотирма рівнями пріоритету, включаючи переривання від таймерів, периферійних пристроїв, ліній введення-виводу.

Набір периферійних пристроїв включає:

- таймер із ультранизким споживанням, що працює від зовнішнього 32 КГц резонатора;
- сторожовий таймер;
- 40-бітовий таймер, який використовується стеком протоколів BLE;
- 16-бітний таймер з функціями лічильника, ШІМ-генератора та таймера;
- два 8-бітових багатофункціональних таймери (таймер/лічильник/ШІМ);
- два асинхронні послідовні інтерфейси;
- модуль шифрування (AES128);
- 8-каналний АЦП з розрядністю від 7 до 12 біт та швидкостями перетворення від 30 до 4 КГц і вбудованим датчиком температури;
- аналоговий компаратор

Ще одним пристроєм, пропонованим BlueGiga для BLE, є USB-BLE модуль BLED112. Зберігаючи функціональність, аналогічну модулю BLE112 (за винятком можливостей введення-виведення) він виконаний у форматі USB пристрою і дозволяє підключати інші BLE до персонального комп'ютера. BLED112 може виконувати роль віртуального COM-порту або USB-NID пристрою.

BLED112 може також бути корисним при налагодженні та демонстрації додатків, що використовують стек протоколів Bluetooth Low Energy .

Програмне забезпечення

BlueGiga надає низку інструментів та середовищ, для розробки BLE-додатків, а також для налаштування модулів та налагодження вбудованого програмного забезпечення.

Програмний інтерфейс BGAPI™ спільно з бібліотекою BGLib™ C - library дозволяє досить легко та ефективно використовувати ресурси модулів BlueGiga зовнішнім хост-контролером. Програмний пакет Profile Toolkit™ дозволяє проводити розробку та налагодження користувацьких додатків для BLE-модулів.

BGScript™ призначений для швидкої розробки програм без глибоких знань особливостей роботи стека протоколів, для налагодження та тестування логіки роботи програм. Програми на BGScript™ можуть розроблятися і для хост-контролера, і для самих модулів.

Області застосування

Асортимент пристроїв із технологією Bluetooth Low Energy від BlueGiga дозволяє будувати рішення на їх основі для різних секторів ринку вбудованих бездротових пристроїв:

- спортивне обладнання та аксесуари - вимірювачі пульсу, крокоміри, реєстратори ритму - виконані у вигляді наручного годинника, браслетів;
- датчики – температури, вологості, присутності;
- системи збору та відображення даних;
- побутові медичні пристрої - ваги, тонометри, глюкометри, датчики температури, дистанційні пристрої виклику (зокрема, т.зв. "Радіоняні");
- пристрої побутової електроніки - пульти та консолі керування, бездротові пристрої введення (мишки, клавіатури, графічні планшети);
- засоби автоматизації - частини систем домашньої автоматички, зокрема як шлюзи між домашньою сенсорною мережею та мобільними телефонами з Bluetooth;

- інформаційні пристрої - поширення інформації про приміщення, об'єкти, відділи за допомогою ширококомовних повідомлень.

Окремо можна виділити можливість застосування BLE пристроїв BlueGiga у пристроях безпеки. Це можуть бути тривожні кнопки, безконтактні ключі, які виконані у вигляді окремих брелоків або функціонують на базі мобільних телефонів.

Ряд завдань може бути вирішено на основі виявлення присутності інших пристроїв BLE в радіусі дії сигналу центрального вузла. До таких завдань відносяться пристрої-сигналізатори, що дозволяють виявляти видалення власника від сумочок, багажу, гаманців, портмоне з вбудованим BLE модулем і сигналізує йому і навколишнім (при необхідності) втрати власника. Модулі серій BLE111, BLE112 завдяки своїм компактним розмірам, низькому профілю та малому споживанню дозволяють вбудовувати сигналізуючі пристрої безпосередньо в самі предмети (кишені сумочок, скоринки гаманців та записників, стінки портфелів). Будучи вбудованими в браслети або брелоки, подібні пристрої допоможуть, наприклад, не втратити дитину в місцях з великим скупченням людей (ринки, вокзали, супермаркети, аеропорти), як це не здавалося дивним, але така проблема існує.

Приблизно аналогічним чином BLE пристрої можуть бути для обліку часу приходу/догляду працівників - встановлюються на вході чи видаються після приходу працювати. Можлива також реалізація систем моніторингу присутності:

- у разі офісного застосування - перевірка прав доступу працівника до даного комп'ютера чи інформації, автоматичне блокування-розблокування системи з метою запобігання несанкціонованому доступу до інформації, облік знаходження на робочому місці (зокрема, досить корисно при внутрішньому розслідуванні інцидентів, пов'язаних із порушенням політики інформаційної безпеки компанії));
- у промисловому застосуванні - автоматичне блокування/розблокування обладнання для захисту від несанкціонованого включення (наприклад, на час проведення ремонтних або регламентних робіт) або вимикання;
- для будівельної галузі, при вантажно-розвантажувальних роботах – для сигналізації знаходження у небезпечній зоні або індикації присутності людини у зоні проведення робіт.

BlueGige, що спеціалізується на Bluetooth пристроях, випускає одно- і дворезимні пристрої BLE, включаючи модулі поверхневого монтажу та USB-пристрою, що дозволяють завдяки

компактним розмірам і низькому енергоспоживанню реалізовувати програми практично будь-яких областей застосування технології BLE.

RFID-пристрої

Цікавим різновидом мобільних бездротових пристроїв є клас пристроїв, які не вимагають свого функціонування власного джерела живлення. Їхнє харчування здійснюється за рахунок отримання енергії від зовнішнього електромагнітного поля. Вони стають активними в деякій області поблизу джерела радіохвиль певної частоти. Можливо, коли-небудь вони досягнуть можливостей, описаних у романі В. Вінджа "Глибина в небі" (створення повноцінної мережі з можливістю передачі звуку та зображень). На даний момент пристрої з живленням від радіоімпульсів, так звані радіочастотні мітки, або RFID-мітки, здатні передавати у відповідь на запит деяку інформацію, що їх ідентифікує, з можливістю занесення в них нових даних.

Ідентифікаційні дані та показники роботи, що передаються RFID-пристроями залежно від об'єкта автоматизації та розв'язуваних завдань, можуть використовуватися як самостійно, так і спільно з інформаційними ресурсами зовнішніх інформаційних систем.

Діапазони робочих частот:

- НЧ – 125-134 кГц;

- ВЧ – 13,56 МГц;
- УВЧ - 865-868 та 915-921 МГц;
- мікрохвилі – 2,4 ГГц.

Робоча частота вибирається з діапазонів, дозволених для вільного використання частот з урахуванням наступних факторів:

- максимальної відстані зчитування:
- для НЧ – кілька сантиметрів;
- для ВЧ – 0,5-0,6 м;
- для УВЧ – до кількох метрів;
- для мікрохвиль – до 200-300 м;
- типу прикладної системи ідентифікації;
- умов експлуатації;
- ціни пристроїв.

Основні сфери застосування RFID лежать у системах:

- забезпечення безпеки;
- ідентифікація особи;

- ключ допуску до приміщення;
- відстеження переміщень товару чи обладнання;
- системи "анти злодій";
- збору даних – т.зв. " даталогери ";
- логістики.

Можна також виділити нові тенденції - зміна режиму роботи мобільних обчислювальних пристроїв залежно від оточення. Зокрема, з'являються програми для пристроїв на платформі Android з підтримкою NFC (Near Field Communications), що дозволяють залежно від розташованої поруч мітки активувати ті чи інші програми. Цю ідею цілком можна розширити і більш серйозні завдання, наприклад, заборона чи дозвіл доступу до даних чи додатків залежно від оточення - офіс, віддалений офіс, конференц-зал, будинок.

Найбільш поширені RFID-системи використовують діапазони НЧ і ВЧ (125-134 КГц і 13.56МГц відповідно), вважається, що у системах контролю доступу, відстеження винесення товару тощо. вони менш чутливі до спроб блокування їхньої роботи.

Сімейство EEPROM з подвійним інтерфейсом доступу

Зазвичай RFID пристрої є електрично стирається енергонезалежну пам'ять з доступом по радіоканалу. STTMmicroelectronics пропонує оригінальне сімейство EEPROM M24LRxxx з подвійним інтерфейсом доступу - дані доступні за інтерфейсом I2C та радіоінтерфейсом стандарту ISO 15693, що працює на частоті 13.56 МГц. По кожному з інтерфейсів дані захищені 32-бітовим паролем доступу – один пароль для I2C шини та чотири паролі для доступу по радіоканалу. Дані, записані в EEPROM за інтерфейсом I2C можуть бути прочитані смартфоном вбудованим ISO 15693-сумісним NFC-інтерфейсом або звичайним зчитувачем RFID .

Пам'ять з подвійним інтерфейсом, хоч і програє звичайним RFID-пристроєм, які не мають корпусу, в розмірах, відкриває цілий спектр нових можливостей, поєднуючи переваги зовнішньої енергонезалежної пам'яті та пам'яті з безконтактним доступом. До сімейства M24LRxxx входять мікросхеми EEPROM ємністю від 4 до 64 Кбіт. Серії M24LRxxE мають вихід індикації наявності поля і вихід індикації звернення до пам'яті радіоканалу, в серії M24LRxx замість даних висновків розташування висновки вибору адреси .

- діапазон напруг живлення - від 1.8 до 5.5 В ;
- струм споживання (при живленні з боку I2C інтерфейсу):
 - у режимі читання 50 ($V_{cc} = 1.8$, $f_{scl} = 100$ КГц) - 400 ($V_{cc} = 5.5$, $f_{scl} = 400$ КГц) мкА;

- у режимі запису 220 мкА;
- в режимі очікування 30 – 40 мкА.
- режимами одиночного читання та читання послідовних блоків;
- робочі тактові частоти I2C інтерфейсу від 25 до 400 КГц;
- з боку I2C інтерфейсу доступ до даних здійснюється побайтно, з боку радіоінтерфейсу – блоками по 32 біти;
- понад 1 мільйон циклів перезапису;
- час запису - по I2C - <5 мс , по радіоканалу - 5.75 мс ;
- час зберігання даних віком до 40 років.

Для вирішення конфліктів одночасного доступу до пам'яті I2C і по радіоканалу сімейство M24LRxxx має вбудовану схему арбітражу.

До схеми арбітражу входить:

- менеджер харчування, який відстежує наявність живлення від зовнішнього джерела чи поля;
- арбітр доступу, який відстежує режим доступу до пам'яті з боку радіоканалу та з боку шини I2C.

Основні правила арбітражу такі:

- за відсутності живлення лінії VCC доступом до пам'яті можливий лише з радіоканалу;
- за наявності та поля зчитувача та провідного живлення виконується перша з розпізнаних команд, що прийшла або радіоканалом або шиною I2C, і до завершення її виконання інші команди ігноруються. Подана схема включення є однією з оптимальних з погляду застосування в системах з обмеженими ресурсами енергії (необхідність тривалої автономної роботи, батарейне живлення). Завдяки низькому споживанню EEPROM живлення її можна здійснювати безпосередньо від лінії порту мікроконтролера. При необхідності для серій M24LRxxE додатком можуть бути використані виходи індикації наявності поля зчитувача та доступу до EEPROM по радіоканалу. Застосування контролера з ультранизьким енергоспоживанням, наприклад одного з контролерів STTMmicroelectronics лінійки STTM8L. У цьому випадку загальне споживання пристрою лежатиме в межах 1 мкА (споживання STTM8L в режимі Active-Alt), додатково:

- в режимі очікування відключається також живлення M24LRxxx, і немає витоку струму через резистор, що підтягує, на лінії SDA;

- в активному режимі роботи контролера додаток отримує повний контроль над живленням EEPROM, подаючи його лише за необхідності звернення до пам'яті I2C.

Індуктивність антени, що підключається до висновків AC0, AC1 розраховується таким чином, щоб резонансна частота паралельного коливального контуру, утвореного індуктивністю антени і вбудованою ємністю (параметр C_{tuning}) дорівнювала 13.65 МГц. Залежно від необхідного форм-фактора кінцевого пристрою можливе застосування друкованих петлевих антен (приклади таких антен також доступні на сайті STMicroelectronics , крім того, у ряді старих довідників з радіотехніки наводяться розрахункові формули для друкованих індуктивностей різних конфігурацій) або SMD-індуктивностей .

Серії M24LRxx допускають паралельне підключення для нарощування ємності пам'яті . Це досягається шляхом паралельного підключення M24LRxx до однієї шини I2C, паралельного підключення до однієї антени та завдання різних рівнів на лініях вибору адреси (E0, E1). Таким чином, можливо об'єднання до чотирьох мікросхем M24LRxx, що при використанні, наприклад, мікросхем серії M24LR64-R отримати обсяг сумарної пам'яті до 256 Кбіт (32 Кбайта) . У цьому включенні, з боку зчитувача, паралельно включені EEPROM буде видно як кілька окремих

мікросхем, і доступ до них здійснюватиметься за їх унікальними серійними номерами. З боку I2C доступ до окремих мікросхем здійснюється за різними адресами шини I2C.

При паралельному підключенні EEPROM на одну антену слід пам'ятати, що їх вбудовані ємності C (tuning) сумуватимуться і необхідна індуктивність антени буде менше в кількість разів, що дорівнює кількості паралельно включених мікросхем пам'яті.

Основні сфери застосування EEPROM з подвійним інтерфейсом:

- промислова автоматика, системи збирання даних, медичне обладнання - забезпечення оновлення/актуалізації калібрувальних даних, оновлення параметрів конфігурації, зчитування діагностичних показань;
- периферійні пристрої, телекомунікаційне обладнання, побутова електроніка – оновлення параметрів конфігурації, зчитування діагностичних показань, активація обладнання, запис налаштувань локалізації, відстеження переміщень;
- RFID-системи - реєстратори даних, ідентифікаційні картки, реєстратори пересування/переміщення персоналу чи об'єктів.

Зчитувач RFID-міток CR95HF

Для роботи з пристроями RFID, зокрема і з EEPROM з подвійним інтерфейсом STMmicroelectronics пропонує приймач CR95HF. CR95HF підтримує стандарти ISO 14443A/B, ISO 15693, а також протокол NFC (ISO/IEC 18092).

Трансївер CR95HF працює в режимі керованого пристрою, керованого зовнішнім хост-контролером. Для роботи з трансївером доступна бібліотека, що дозволяє просто взаємодіяти з ним за допомогою SPI або UART інтерфейсу.

Бібліотека доступна для завантаження з офіційного сайту STMicroelectronics у варіантах і для 32-розрядних контролерів STM32 та для бюджетних енергоефективних 8-бітових STM8L.

До складу бібліотеки входить три рівні:

- нижній рівень - CR95HF LL, що містить низькорівневі команди для безпосереднього керування трансївером CR95HF;
- середній рівень - рівень протоколів, що відповідає за підтримку та виконання протоколу стандарту ISO/IEC FCD 15693-3;
- верхній рівень - рівень взаємодії з мікросхемами пам'яті, що містить команди управління пам'яттю сімейств M24LRxxx та L1Rxxx .

Для програми користувача всі три рівні є прозорими і представляються тільки функції самої бібліотеки.

Ознайомчі та налагоджувальні плати

STMmicroelectronics пропонує широкий вибір налагоджувальних засобів та ознайомлювальних плат для початку роботи з EEPROM з подвійним інтерфейсом . Дані інструменти дозволяють розробнику оцінити відстані, на яких можливе успішне зчитування по радіоканалу, вплив типу антен зчитувача та пам'яті на умови спільної роботи. Налагоджувальні набори дозволяють:

- працювати з EEPROM у режимі доступу по шині I2C та в режимі доступу по радіоканалу;
- дослідити роботу механізмів розподілу пам'яті на блоки, захисту окремих блоків, роботи механізмів парольного захисту.

Доступні налагоджувальні набори та оціночні плати EEPROM з подвійним інтерфейсом представлені в таблиці.

Одним з найбільш простих, але функціональних налагоджувальних наборів є набір M24LR-DISCOVERY, що включає в себе дві плати M24LR board з пам'яттю і плату з приймачем

CR95HF. Плата M24LR board містить мікросхему пам'яті з подвійним інтерфейсом M24LR04E-RMN6T/2 (4 Кбіта , корпус SO8N), контролер STM8L152C6T6 с 8 Кбайтами флеш -пам'яті, датчик температури STTS751-0WB3F, друковану антену 20 x 40 мм, РК-індикатор. Має роз'єм для програмування EEPROM (I2C) і для програмування та налагодження програм контролера (SWIM).

M24LR board також може працювати з телефонами та комунікаторами на базі Android з підтримкою NFC. Відповідна програма NfcV-Reader доступна у репозитарії програм Google Play та дозволяє користувачам, використовуючи свій телефон, переглядати дані, зафіксовані платою.

Плата приймача (RF transceiver board) включає трансівер CR95HF-VMD5T 13.56 МГц, контролер STM32F103CB з 128 Кбайтами флеш -пам'яті, друковану антену 47 x 34 мм. Інтерфейс з хост комп'ютером та живлення плати здійснює через USB.

Програмні продукти для роботи з налагоджувальним набором включають програму для хост-комп'ютера, скомпільований образ програми для STM8L. Налагоджувальні плати набору також містять запрограмовані образи демонстраційних додатків. Враховуючи можливості EEPROM M24LRxxx взаємодіяти практично паралельно по двох незалежних каналах і значні для

RFID-пам'яті обсяги даних, що зберігаються, можна розглянути можливість застосування її в системах безпеки, націлених на забезпечення конфіденційності та цілісності інформації.

Зокрема, велика ємність пам'яті дозволяє зберігати досить велику кількість подій (наприклад, доступ до тих чи інших приміщень), що може допомогти при розслідуванні інцидентів. Можливе також використання зв'язки контролер+CH95HF та M24LRxxx як:

- апаратних ключів для активації обладнання або додатків на робочому місці працівника для запобігання несанкціонованому доступу під час його відсутності;
- можливого сховища ключів шифрування, що унеможлиблює його перехоплення або копіювання;
- сховища контрольних сум важливих документів чи системних файлів для відстеження небажаної програмної активності чи контролю цілісності документів.

Наявність інтерфейсу I2C дозволяє створювати інтелектуальні реєстратори подій на основі мікроконтролерів, що фіксують, залежно від периферійних датчиків, різний набір параметрів або подій. Крім того, дана можливість має великі перспективи, наприклад, у сфері відстеження руху вантажів та товару – фіксація температурного режиму, умов перевезення, відстеження переміщень по складу чи території магазину.

АПАРАТНІ РІШЕННЯ ДЛЯ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.

Для субгігагерцового діапазону Texas Instruments пропонується досить широкий спектр продукції:

- антенні підсилювачі – серії CC1190;
- приймачі – серії CC113L;
- передавачі – CC115L, CC1150, CC1050, CC1070;
- приймачі - серії CC110L, CC1000, CC102x, CC1101, CC1100; системи

на кристалі:

CC430 - на основі приймача CC1101 з апаратною підтримкою шифрування AES-128 та 16-бітним контролером (ядро MSP430);

CC111x – з 8-бітним контролером (ядро 8051), підтримкою шифрування AES-128.

В основі бездротових рішень TI діапазону, що розглядається, лежить добре зарекомендувала себе архітектура багатоканального приймача CC1101.

Приймачі CC1101

В основі бездротових рішень ТІ аналізованого діапазону лежить архітектура багатоканального приймача CC1101 з вихідною потужністю до 12 дБм , чутливістю -112 дБм і підтримуваними швидкостями передачі даних до 600 кбіт/с з управлінням по інтерфейсу SPI.

Цей приймач вимагає для своєї роботи лише кілька пасивних компонентів завдяки вбудованому частотному синтезатору. Здатний працювати у частотних діапазонах 300-348, 387-464, 779-928 МГц. Підтримує кілька режимів частотної та амплітудної модуляції - 2-FSK, 4-FSK, GFSK, MSK та OOK, ASK. Має малий час виходу з режиму низького енергоспоживання і режим прийому або передачі (всього 240 мкс) і встановлення частоти синтезатора (75 мкс), що дозволяє використовувати приймач в системах, що використовують перебудову частоти (FHS). Підтримується автоматичне прослуховування каналу перед початком передачі (Clear Channel Assessment - CCA), є програмований індикатор наявності несучої. Якість прийому може бути оцінена за допомогою вимірювання рівня прийнятого сигналу (RSSI) - для окремого пакета та за допомогою індикатора якості зв'язку (LQI) - загалом за статистикою успішного/неуспішного прийому пакетів.

CC1101 орієнтований на застосування в системах з пакетною передачею даних, має

апаратну підтримку детектування синхрослова, перевірку адреси, автоматичний підрахунок довжини пакета та обчислення контрольної суми.

Кодове посилення як засіб підвищення надійності зв'язку

Для зменшення кількості помилок при прийомі/передачі даних CC1101 може бути задіяний блок захисту від помилок (Forward Error Correction - FEC) працюючий за принципом надлишкового кодування.

Кодування реалізовано за допомогою пакувального нерекурсивного кодера постійної довжини частотою потоку $1/2$ (один вхідний біт породжує один двобітний кодовий символ).

Оскільки згорткове кодування найкраще працює в умовах випадкової появи помилки в бітовій послідовності, що передається/приймається, а природа помилок у радіоканалі найчастіше сприяє пошкодженню декількох послідовно переданих біт додатково при передачі/прийомі використовується блок перемежування/ деперемежування . У CC1101 для перемежування використовується матриця 4×4 - по одному осередку на вихідний кодований біт.

Слід враховувати, що застосування FEC веде до зниження фактичної швидкості передачі вдвічі. Для збереження колишньої швидкості передачі даних необхідно буде подвоїти бітову швидкість (або перейти від двійкового кодування до четвертинного), що в ряді

випадків може вимагати збільшення ширини частотного каналу.

Режим Wake-on-Radio у приймачах CC1101

Приймач CC1101 є досить енергоефективним рішенням - так, струми споживання в режимі прийому лежать в межах 14-17 мА, струми в режимі передачі - 15 - 35 мА в залежності від заданого рівня вихідної потужності та частотного діапазону. CC1101 має кілька режимів низького енергоспоживання, починаючи від рівня 0.2 до 200 мкА - в залежності від задіяних вузлів.

На додаток до цього реалізований спеціальний режим роботи – пробудження за наявності радіосигналу – Wake-on-Radio (WOR). У цьому режимі радіоприймальна частина CC1101 періодично активується для прослуховування каналу протягом заданого часу прийому пакетів без участі зовнішнього контролера. Для цього використовується спеціальний таймер, що тактується від внутрішнього RC-генератора, періодично генерує два сигнали - включення регулятора напруги цифрової частини та запуск кварцового генератора (Event0) - режим IDLE і, через деякий час, включення режиму прийому (Event1) - RX. Якщо протягом встановленого часу пакет не прийшов, приймач переходить у режим IDLE, а потім у режим SLEEP. Момент спрацьовування Event0 може бути відстежений однією з

GDOx висновків.

Якщо пакет надійшов - робота пристрою в режимі прийому продовжиться до закінчення прийому пакета. Після цього зовнішній контролер повинен обробити пакет і перевести приймач у режим SLEEP командою SWOR. Слід враховувати два факти:

- дані пакета втрачаються під час переходу в режим SLEEP;
- час на прийом, обробку пакета та переведення в сплячий режим має бути меншим за період генерації таймером WOR сигналу Event0.

Застосування режиму WOR дозволяє в кілька разів знизити струм споживання при прийомі системи приймання пакетів.

CC1101 випускається в малогабаритному низькопрофільному корпусі – QLP20 – розміри 4x4 мм.

Подальший розвиток серії вилився на початку 2011 року у дві лінійки продуктів - Perfomance Line та Value Line . Перша орієнтована, перш за все, на додатки з високою продуктивністю, що вимагають широкого спектру апаратних можливостей для роботи в найрізноманітніших умовах, а друга - лінійка недорогих пристроїв, розрахованих на масове застосування.

У лінійці Performance представлені вузькосмугові (12.5 КГц/до 8 КГц) багатоканальні приймачі CC1120 і модифіковані приймачі CC1101 - CC1121.

У лінійку Value увійшли приймач CC110L і окремі мікросхеми приймачів CC113L і передавачів CC115L - бюджетні мікросхеми (ціна одиниці у великій партії менше 1 \$) сумісні з приймачами CC1101.

Основні особливості сімейства CC11xL

CC110L - приймач для частотних діапазонів 300 - 348 МГц, 387 - 464 МГц, і 779 - 928 МГц, заснований на CC1101 з аналогічними характеристиками продуктивності радіотракту .

Приймач має апаратну підтримку обробки пакетів (детектування синхрослова, автоматичний підрахунок контрольної суми), буферизації даних (FIFO буфери по 64 байти на прийом і передачу), безперервної передачі великих обсягів даних. Найкращі показники чутливості -116 дБм за швидкості передачі даних 0.6 кбіт/с. Швидкість передачі варіюється в межах від 0.6 до 600 кбіт/с.

Приймач підтримує частотну (2-FSK, 4-FSK, GFSK) і амплітудну (OOK) модуляції сигналу. Час виходу з режиму низького енергоспоживання (струм споживання ~200 нА) до режиму прийому або передачі близько 240 мкс. Відсутність режиму пробудження за

наявності радіосигналу (Wake-on-Radio - WOR) та блоку корекції помилок (Forwarding Error Correction - FEC) дещо знижує функціональність пристрою, але позитивно позначається на його ціні. Відсутня аналоговий датчик температури.

CC110L повиводно і схемотехнічно сумісний з CC1101 і випускається в такому самому корпусі - QLP20 (4x4 мм).

Для випадків, коли потік даних тільки однонаправлений ідеально підійдуть окремі мікросхеми приймачів CC113L і передавачів CC115L, які повністю сумісні з CC110L і мають ще меншу вартість.

Основні особливості сімейства CC112x

Серії CC112x є вдосконаленими версіями приймача CC1101. Удосконалення торкнулися і радіотракту , і цифрової частини, і режимів роботи. В результаті вийшов економічний високоселективний, чутливий приймач, що дозволяє використовувати його в умовах високого рівня шуму, щільного використання радіоканалу, високому рівні інтерференційних перешкод або великих відстанях між вузлами.

Високопродуктивні багатоканальні приймачі CC112x володіють максимальною вихідною потужністю до 16 дБм , чутливістю -123 дБм і підтримуваними швидкостями

передачі даних від 1.2 до 200 кбіт/с з управлінням по інтерфейсу SPI. Вихідна потужність регулюється з кроком 0.5 дБм , а чутливість може бути покращена за рахунок застосування схеми кодового посилення до -125 дБм (один інформаційний біт кодується чотирма бітами). Все це дає змогу збільшити максимальну дальність передачі на відстані до 10 кілометрів.

Серцем приймача є вбудований частотний синтезатор з низьким рівнем фазових шумів, що сприяє високій вибірковості системи.

Приймач здатний працювати в частотних діапазонах 164-192, 410-480, 820-960 МГц. Підтримується режими модуляції 2-FSK, 4-FSK, 2-GFSK, MSK, OOK, ASK та аналогова частотна модуляція. Порівняно з CC1101 зменшено час виходу з режиму низького енергоспоживання в режим прийому - до 150 мкс. Також підтримується автоматичне прослуховування каналу перед початком передачі (Clear Channel Assessment - CCA), є програмований індикатор наявності несучої. Якість прийому можна оцінити за допомогою вимірювання рівня прийнятого сигналу (RSSI) з високим ступенем лінійності в широкому діапазоні.

CC112x мають апаратну підтримку детектування синхрослова, перевірку адреси, автоматичний підрахунок довжини пакета та обчислення контрольної суми. Додано

підтримку ретрансляції пакетів, автоматичне відправлення підтвердження прийняття пакета. Розміри приймального та передавального буфера збільшено до 128 байт кожен, що спрощує передачу великих обсягів даних .

Слід зазначити, що у сигнальному тракті CC112x використовуються цифрові фільтри, що забезпечують високу стабільність параметрів незалежно від напруги живлення, температури. Завдяки фільтрам забезпечується високий рівень придушення сигналу поза поточним частотним каналом - більше 80 дБ (65 дБ при відступі від центральної частоти каналу на 12.5 КГц, 90 дБ при відступі від центральної частоти каналу на 10 МГц), що дозволяє застосовувати прийомопередавачі в умовах щільності діапазону або за великої кількості пристроїв на одній території. Це підвищує сумісність систем, що використовують CC112x як один з одним, так і з іншими системами, що використовують радіоканал, спрощує процес установки.

Версія CC1120 дозволяє використовувати ширину каналу менше 12.5 КГц – наприклад, при швидкості 4.8кбіт/с ширина каналу може досягати всього 6.25 КГц.

Новий режим зниженого енергоспоживання - Sniff Mode

У серії CC112x було покращено режим пробудження для прослуховування каналу

(пробудження за наявності радіосигналу) – зменшено енергоспоживання 32 КГц RC-таймера, є можливість автоматичного калібрування таймера.

Важливим доповненням до енергозберігаючих режимів приймача став новий режим прослуховування радіоканалу (т.зв. Channel Sniff Mode). Приймачу в CC112x потрібно лише час чотирьох біт преамбули пакета для встановлення режиму, включаючи компенсацію зміщення частоти та автоматичне регулювання посилення. У режимі прослуховування можливість швидкого встановлення комбінується з більшою довжиною преамбулою для автоматичної періодичної перевірки наявності сигналу. У цьому режимі приймач автоматично через короткі проміжки часу перевіряє наявність передачі в каналі, після чого відключається, і в наступному періоді ситуація повторюється.

Режим прослуховування каналу абсолютно прозорий для користувача і ніяк не впливає на характеристики приймача (чутливість, вибірковість) та дозволяє зменшити енергоспоживання в режимі прийому. Звичайно, середнє споживання в режимі прийому залежатиме від поточної швидкості передачі та довжини преамбули, але вигравш помітний навіть за великих швидкостей. Так застосування даного режиму при довжині преамбули 4 біта швидкості 1.2 кбіт/с знижує споживання прийомі з 21 мА до 3 мА, але в швидкості 50 кбіт/с до

16 мА.

Модулі CC110L можуть бути використані для ефективно організації радіоканалу вузлів мережі при відносно невеликій щільності розміщення вузлів. Відсутність режиму WOR у багатьох випадках означатиме трохи збільшене навантаження на керуючий контролер і необхідно це також врахувати при побудові мережного протоколу (наприклад, робота з розкладу). Для частини вузлів, наприклад, у лічильниках всередині квартири або приватного будинку, з метою зниження вартості можна використовувати мікросхеми передавачів CC115L.

Для роботи в умовах щільної забудови оптимальні вузькосмугові приймачі CC1120, крім того, з даними приймачами можлива побудова систем з перемиканням частот, що дозволить повніше використовувати бюджет частотного діапазону.

Наявність готових рішень для друкованих плат радіомодулів можна вважати важливою перевагою, т.к. це значно знижує витрати на розробку окремого вузла системи.

Мабуть, сімейство приймачів є одним з найпопулярніших при розробці бездротових систем субгігагерцового діапазону. Враховуючи це, а також динаміку розвитку ринку споживання цієї продукції Texas Instruments приділяє велику увагу розвитку сімейства.

Приймачі CC1101 поєднують в собі компактні розміри, низьке енергоспоживання, низькопрофільний корпус. Завдяки унікальній схемотехніці, на базі приймачів даної серії можна будувати бездротові приймачів практично для всього частотного субгігагерцового діапазону, починаючи від 300 МГц, і до 960.

Лінійка LPRF Value Line представлена серіями недорогих пристроїв, які розраховані на масове застосування. До неї увійшли приймач CC110L і окремі мікросхеми приймачів CC113L і передавачів CC115L - бюджетні мікросхеми (ціна одиниці у великій партії менше 1 \$) сумісні з приймачами CC1101.

Цільова аудиторія LPRF Performance Line - програми з високою продуктивністю, що вимагають широкого спектру апаратних можливостей, а також для роботи в умовах зашумленої або щільно зайнятої частотної смуги. У лінійці Performance представлені вузькосмугові (6 - 50 КГц) багатоканальні приймачі CC1120/CC1121, високопродуктивний передавач CC1175.

Особливості лінійки LPRF Performance Line

Зусилля фахівців Texas Instrument зі збільшення продуктивності втілилися в життя в новій лінійці LPRF Performance Line . В основі бездротових приладів лінійки LPRF Performance

Line лягла архітектура приймачів CC1101.

Зовні практично нічого не змінилося, низькопрофільний корпус поверхневого монтажу, QFN32.

Схема включення мікросхем також не ускладнилася, і та сама мікросхема може бути використана для створення радіо-тракту в межах всього діапазону <1ГГц. Приймач здатний працювати в частотних діапазонах 164-192, 410-480, 820-960 МГц. Підтримується режими модуляції 2-FSK, 4-FSK, 2-GFSK, 2-GFSK, MSK, OOK, ASK та аналогова частотна модуляція.

Фактично при побудові схеми для конкретної частоти змінюються номінали елементів відповідно до рекомендованих в документації параметрів.

Удосконалення, спрямовані на збільшення продуктивності та стабільності роботи пристроїв, торкнулися радіотракту, схем і способів обробки сигналів, підходів до управління окремими вузлами та приладом в цілому.

Серцем приймача є вбудований частотний синтезатор з низьким рівнем фазових шумів, що також сприяє високій вибірковості системи. Порівняно з попередниками (серія CC1101) рівень фазових шумів генератора знижений до рівня -109 дБц /Гц в смузі 10 КГц щодо центральної частоти, і в смузі 10 МГц до рівня -130 дБц /Гц (дані представлені для

частотного діапазону 170 МГц) .

Порівняно з CC1101 зменшено час виходу з режиму низького споживання енергоспоживання в режим прийому - до 150 мкс. Також підтримується автоматичне прослуховування каналу перед початком передачі (Clear Channel Assessment - CCA), є програмований індикатор наявності несучої. Рівень прийнятого сигналу може бути оцінений з високим ступенем лінійності в широкому діапазоні. Приємним доповненням роботи радіочастини пристроїв лінійки Performance є режим сумісності з пристроями стандарту 802.15g. Це дозволяє без побоювання використовувати пропрієтарні протоколи без порушення працездатності існуючих мереж (наприклад, можлива спільна робота з мережами стандартів ZigBee або 6LoWPAN).

CC112x мають апаратну підтримку детектування синхрослова, перевірку адреси, автоматичний підрахунок довжини пакета та обчислення контрольної суми. Додано підтримку ретрансляції пакетів, автоматичне відправлення підтвердження прийняття пакета. Розміри приймального та передавального буфера збільшено до 128 байт кожен, що спрощує передачу великих обсягів даних, крім того, можливе приймання пакета без участі зовнішнього контролера.

ПОПУЛЯРНІ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ СТАНДАРТИ ТА ПРОТОКОЛИ БЕЗДРОТОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Для обміну даними по всьому світу надаються радіочастотні діапазони, що не ліцензуються.

Крім законодавчих критеріїв при виборі частотного діапазону слід враховувати і технічні фактори.

Для діапазону 2,400-2,4835 ГГц доступно більше частотних каналів, доступні вищі швидкості передачі, можливий безперервний режим роботи (для радіочастини), компактніші антени. З іншого боку, стійка робота реалізується більш коротких відстанях, зростає вплив різних перешкод (інтерференційні, багатопроменеве поширення, перешкоди).

Для частот менше 1 ГГц дозволені частотні діапазони в різних країнах можуть відрізнятися і не завжди можливо використовувати одну й ту саму елементну базу. Також не скрізь дозволена безперервна радіоактивність пристрою.

Переваги стосуються кращої дальності стійкої роботи порівняно з частотами 2,4 ГГц діапазону, за однакової вихідної потужності передавача, зменшення впливу перешкод на проходження сигналу (особливо актуально для роботи всередині будівель та офісних приміщень).

Бездротові мережі використовуються для організації зв'язку, як у межах будівлі, так і поза приміщеннями, а також на рухомих об'єктах.

На програмному рівні, на ринку бездротових систем представлено кілька протоколів для мереж датчиків, що забезпечують надійний зв'язок, що підтримують мережі різних топологій та знижують енергоспоживання вузлів мережі.

Бездротові рішення можуть бути використані для організації бездротового зв'язку за допомогою протоколів передачі даних, або для реалізації рішень, що використовують стандартні мережеві стеки комунікації на основі специфікації IEEE 802.15.4 або рішень фірм-виробників компонентів для бездротових систем. Так, стандарт IEEE 802.15.4 є основою для таких програм, як ZigBee RF4CE (побутова електроніка), що підтримують профіль дистанційного керування (ZRC) або профіль пристроїв введення (ZID). Широке поширення набули ZigBee PRO-сумісні бездротові мережі, такі як мережі автоматизації приміщень (ZHA), автоматизації будівель (ZBA), управління освітленням (ZLL) або інтелектуального розподілу електроенергії (ZSE). Стандарт IEEE 802.15.4 також використовується для реалізації комунікаційного рівня протоколу IPv6/6LoWPAN для малопотужних бездротових систем.

Поява та розвиток стандартів постійно розширює сферу застосування бездротових технологій. Впровадження систем автоматики та автоматизації, незважаючи на уявну часом надмірність, показало свою ефективність. В основі цього лежать розгалужені мережі датчиків, керованих вузлів та механізмів. Навіть для невеликого автоматизованого об'єкта їхня кількість може перевищувати кілька сотень. Більш того, сучасні завдання автоматизації вимагають

прозорі міжмашинної взаємодії (M2M interaction), розвинених сервісів, взаємодії з базами даних, і навіть інтерфейсу користувача. Основними критеріями розробників під час виборів елементної бази стають енергоспоживання, радіочастотні характеристики (чутливість приймача, вихідна потужність передавача), обсяг пам'яті, доступний додаткам. Оптимізація стратегії енергоспоживання з урахуванням особливостей програми важлива систем з автономним харчуванням. Не останньою вимогою є і безпека даних, що передаються.

Виробниками бездротових компонентів пропонується та розвивається три підходи до побудови бездротових вузлів.

Підхід перший - приймач спільно з керуючим мікроконтролером. У цьому випадку мікроконтролер відповідає за роботу мережевого стека та за роботу прикладних завдань. Приймач підключається до контролера за допомогою SPI або UART інтерфейсу. Даний підхід дозволяє комбінувати бездротові компоненти та контролери, що управляють, для отримання оптимальних показників за одним або декількома показниками: енергоспоживання, масо - габаритні показники, набір необхідних функцій, наявність програмних бібліотек, вартість рішення. Крім того, цілком допускається комбінація рішень від різних виробників, хоча найчастіше буває досить елементної бази, що пропонується окремо взятим виробником.

Другим варіантом є застосування систем-на-кристалі, що містять в одному корпусі і приймач, і мікроконтролер. Процесорне ядро контролера при цьому також виконує і стек протоколів та додатків. Дане рішення є компактнішим, вимагає меншої кількості компонентів.

І в тому, і в іншому випадку при налагодженні програми необхідно відстежувати роботу і стека протоколів, і програми. Крім цього, некоректна робота програми може призвести до припинення виконання процедур стека протоколів, і, як наслідок, виходу вузла з мережі, що, у свою чергу, може пошкодити виконання розподіленої програми в цілому. Аналогічно, помилки в роботі стека протоколів можуть призвести до зависання мікроконтролера або припинення виконання програми. Вузол, у разі, перестає виконувати свої функції.

Багатофункціональні однокристальні бездротові рішення забезпечують розробникам можливість задоволення найвищих вимог споживачів при одночасному збільшенні гнучкості додатків, скороченні кількості необхідних комплектуючих та місця на друкованій платі. На сьогоднішній день на ринку однокристальних бездротових мікроконтролерів присутні кілька фірм: Atmel , Freescale Semiconductor , Microchip , Nordic , NXP, Silicon Laboratories , ST Microelectronics , Texas Instruments . Умови досить сильної конкуренції змушують компанії постійно вдосконалювати архітектуру систем-на- кристалі, оптимізувати параметри приймачів, режими енергозбереження, розвивати програмне забезпечення, пропонуючи програмні бібліотеки, стеки протоколів, середовища та засоби розробки.

Апаратні можливості мікроконтролерів бездротових систем на кристалі відрізняються один від одного, як за розрядністю оброблюваних даних, так і за максимальними робочими частотами. Представлені 8-, 16-, і навіть 32-бітові процесорні ядра. Досить часто як управляючі мікроконтролери в бездротових системах-на-кристалі зустрічаються загальноприйняті стандартні процесорні ядра, такі як, 8-бітові ядра архітектури x51 і 32-розрядні ARM-ядра. Нерідко фірмами пропонуються закінчені рішення - бездротові системи збору даних, інтегральні датчики фізичних величин.

Третім варіантом є рознесення виконання прикладного завдання та стека протоколів на різні мікроконтролери. Один з контролерів виконує прикладне завдання, контролер з інтегрованим бездротовим інтерфейсом, так званий, мережевий процесор, виконує мережеві завдання - підключення до мережі, маршрутизація, передача даних. Ці рішення пропонуються як для загальноприйнятих стандартів (наприклад, мережі ZigBee , 6LoWPAN або Bluetooth), так і для пропрієтарних протоколів. Як мережевий контролер, як правило, виступає бездротова система-на-кристалі. В даному випадку також залишається свобода вибору прикладного та мережевого контролера залежно від потреб конкретних додатків.

Життєвий цикл розробки бездротових систем

Кожна сфера застосування бездротових систем характеризується наявністю певної кількості вузлів і призначена для вирішення певного класу завдань або надання користувачам певних сервісів.

Як правило, кількість вузлів залежить від числа агентів, виявлених в результаті декомпозиції завдання, і може змінюватись від двох до декількох тисяч. При декомпозиції завдання аналізуються потоки даних між агентами, з'ясовується їх спрямованість, інтенсивність, визначається розташування кінцевих вузлів мережі та вимоги до їхньої мобільності.

Розробнику доступні як пропрієтарні рішення, так і рішення, засновані на міжнародних стандартах, що потенційно розширюють можливий ринок споживання кінцевих пристроїв і гарантують сумісність та спільну роботу систем - частотність підтримка стандарту 802.15.4 і протоколів на його основі ZigBee і 6LoWPAN.

Кожна з топологій вимагає, природно, підтримки у вигляді мережевого додатка або протоколу.

Фактично, кожне прикладне завдання в галузі бездротових систем представляється як окремий проект зі своїми етапами розвитку та життєвим циклом. Типовий цикл розробки для бездротових систем :

1. Визначення вимог:

- кількість вузлів мережі;
- аналіз та вибір необхідної топології мережі;
- середня відстань між вузлами;
- діапазон необхідних швидкостей передачі;
- енергоспоживання вузлів та джерела їх живлення (стаціонарне харчування, автономні пристрої);

- Типовий час роботи вузлів в автономному режимі.

2. Вибір технологій реалізації:

- адаптація типових рішень чи розробка "з нуля";
- вибір чи розробка стека протоколів;
- приведення у відповідність до правових, технічних та медичних норм;
- вибір між використанням модулів та мікроскладань та самостійної розробки вузлів на основі наборів мікросхем - оцінка тимчасових та грошових витрат.

3. Проектування:

- вибір лінійки товарів для побудови рішення;
- вибір антен;
- розробка друкованої плати;
- вибір засобів розробки програмного забезпечення мережевої програми;

- підтримка розробки – симуляція, налагоджувальні плати, ескізний проект.

4. Тестування програми:

- сертифікація;
- перевірка спільної роботи з іншими бездротовими системами чи забезпечення сумісності з ними;
- тестування роботи програми.

5. Виробництво:

- планування життєвого циклу продукту та його супровід;
- система контролю за якістю.

Однією з останніх тенденцій сучасності є становлення так званого "Інтернету речей" (Internet of things) - Сукупності пристроїв, здатних взаємодіяти один з одним, виконуючи при цьому певні функції. Іноді це здається надмірністю, але в багатьох випадках невеликі автоматизовані або автоматичні пристрої здатні скласти елегантне вирішення багатьох прикладних завдань - збирання показань датчиків, сигналізація подій, моніторинг стану об'єктів, керування приладами та пристроями. Популярність та сфера застосування невеликих автономних пристроїв із мережевими можливостями постійно зростає. Цьому чимало сприяє зменшенню їх розмірів та вартості, а також розвиток програмної інфраструктури у вигляді стеків протоколів та бібліотек додатків.

Мережі ZigBee

На сьогоднішній день альянсом ZigBee представлено десять профілів, що стандартизують та регламентують склад та функції та способи взаємодії вузлів мереж різного призначення - ZigBee Smart Energy , ZigBee Home Automation , ZigBee Remote Control , ZigBee Health Care , ZigBee Telecom Services , ZigBee Building Automation , ZigBee Retail Services , ZigBee 3D Sync , ZigBee Input Device , ZigBee Light Link .

Стандарти ZigBee Smart Energy , ZigBee Home Automation ZigBee Building Automation [™] пропонують комплексний підхід до автоматизації управління різними системами та приладами житлових, комерційних та промислових приміщень та включають функції управління та освітлювальними приладами (зокрема профіль ZigBee Home Automation). Стрімкий розвиток та вдосконалення виробництва світлодіодів та світильників на їх основі дозволило повною мірою реалізувати функції управління освітленням, поставивши, проте, низку нових завдань. Зниження вартості світлодіодних світильників сприяють їх ширшому поширенню і поступовому витісненню світильників, що застаріють (ламп денного світла, ламп розжарювання). Важливим фактором при заміні світильників на світлодіодні є простота інтеграції їх у існуючі системи керування освітленням, а також інтеграція із системами автоматизації приміщень. Більшість із перелічених вище стандартів мереж при їх розгортанні вимагають комплексного підходу, часто з

участю кваліфікованих фахівців. Разом з тим потенційний ринок пристроїв та систем, що не потребують професійної установки та налаштування (типу ввімкнув-працює), досить об'ємний.



ZigBee Smart Energy

Профіль ZigBee Smart Energy стандартизує функції пристроїв, призначених для моніторингу, управління та автоматизації доставки, розподілу та споживання енергії та води рис.1 . Він допомагає системи інтелектуального управління, розподілу та обліку електроенергії, тепла та води з метою побудови т.зв. екологічних будинків, надаючи розробникам кошти для зменшення часу та коштів на розробку системи.

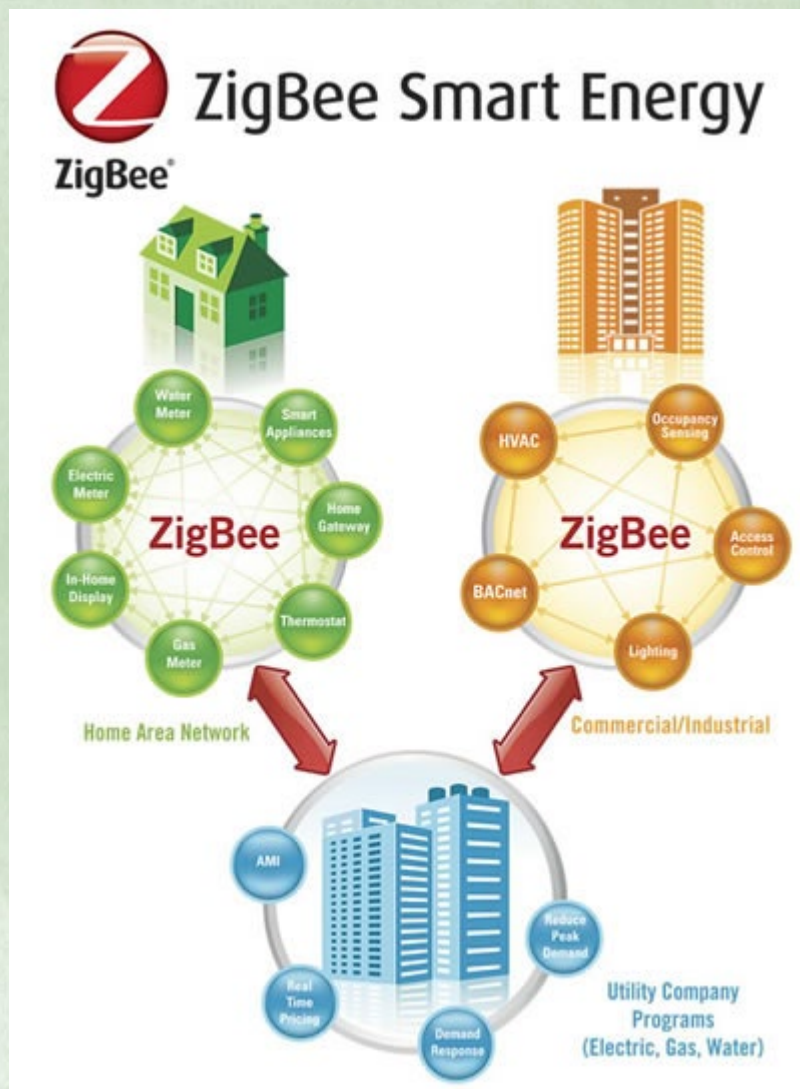


Рис. 1 . Цільові програми профілю ZigBee Smart Energy

Цей стандарт відображає поточний погляд споживачів, розробників обладнання, урядових груп на розвиток потреб енергії та води з урахуванням можливого впливу на глобальну екологічну систему.

Всі продукти зі знаком ZigBee Smart Energy – сертифіковані стандартом ZigBee , що дозволяє купувати їх незалежно від виробника. Доступні будь-які продукти, необхідні для реалізації мережі рівня будівлі . area network (HAN). Продукти, що підтримують цей стандарт, дозволяють створювати масштабовані, безпечні, легко інтегровані рішення.



ZigBee Home Automation

ZigBee Home Automation - глобальний стандарт для продуктів у рамках проектів "розумний дім", що стандартує управління різними приладами, освітленням, кліматом, споживанням енергії з можливістю підключення до інших мереж ZigBee .

Системи типу "розумний дім" дозволяють споживачам економити гроші, підвищити рівень комфорту та безпеки.

ZigBee Home Automation підтримує платформи різних постачальників послуг та розробників продукції, призначених для створення нових розробок, ринку пристроїв для самостійного збирання та виготовлення, реконструкції старих систем.

Основні властивості систем

- простота встановлення пристроїв, достатня для самостійного встановлення пристроїв;
- мережа, що самоорганізується, легка в установці та експлуатації;
- доступ до середовища передачі, що запобігає конфліктам під час виконання операцій.

Передбачається можливість керування пристроями через доступ з глобальної мережі, а також з використанням мобільних телефонів. В управлінні можливий контроль енергоспоживання пристроїв, аж до віддаленого включення-вимикання.

Типові області використання пристроїв ZigBee Home Automation наступні.

Системи безпеки:

- інтеграція нових пристроїв у систему безпеки вдома;
- системи відкривання/закривання вікон;
- вбудовані охоронні системи, інтегровані в систему "розумний дім".

Системи контролю освітлення:

- налаштування необхідного рівня освітленості залежно від активності та інтер'єру у приміщенні.

Підтримувані пристрої:

- ключі включення-вимикання;
- ключі, що спрацьовують за рівнем;
- бінарні сигналізатори;
- сигналізатори рівня;
- класифікатори явищ;
- інструменти конфігурації;
- віддалене управління;
- комбіновані інтерфейси;
- влаштування аварійного відключення живлення;
- дверні замки;
- прості сенсорні пристрої.

Управління освітленням:

- включення-вимикання світла;
- регулювання освітленості;
- регулювання тону світла;
- управління ключами включення-вимикання світла;
- управління ключами регулювання тону світла;

- датчики світла;
- Датчики присутності.
- контроль затінення;
- керування вікнами.

HVAC

- блоки нагрівання-охолодження;
- термостати;
- контролери насосів;
- датчики тиску;
- датчики потоку.

Охоронні системи:

- оточення контролю та індикації IAS систем;
- контроль допоміжних службових систем;
- IAS зони;
- тривожні пристрої IAS.

Структура профілю ZigBee Light Link

Також як і інші профілі ZigBee , профіль Light Link працює над стеком протоколів ZigBee PRO. Додаток у разі забезпечує виконання команд профілю на конкретній апаратурі. Профіль передбачає не тільки стандартизовані функції для керування світильником, але й механізм підключення нових пристроїв до мережі, що називається Touchlink без координатора мережі та з достатнім рівнем безпеки.

Структура профілю ZigBee Light Link. Для підтримки міжмережевої взаємодії разом із стеком протоколів ZigBee PRO діє компонент APS/NWK. Сам профіль включає три основні компоненти:

- підтримка підключення та роботи пристроїв у мережі без координатора;
- компонент забезпечення безпеки;
- бібліотека функцій управління - кластер Light Link (заснований на функціях ZigBee Cluster Library з додаванням спеціалізованих функцій керування).

У мережу профілю ZigBee Light Link входить лише два типи пристроїв - пристрої освітлення (світильники) та пристрої керування (пульти керування, контролери пристроїв).

Основні пристрої освітлення:

- світильник з функціями увімкнення/вимкнення;
- вимикач;
- світильник із регульованим рівнем яскравості;
- регулятор світла;
- RGB-світильник (кольорове підсвічування);
- підсвічування інтер'єру та зовнішнє підсвічування будівель;
- світильник із регульованою колірною температурою.

Пристрої керування освітленням:

- RGB-контролери;
- RGB-контролери підсвічування сцен;
- контролери керування освітленням;
- вимикачі;
- мости передачі команд управління.

Список кластерів функцій, які підтримуються в ZigBee Light Link представлений в табл.1.

Для ринку готових пристроїв або пристроїв самостійної установки простота використання чи пуску в роботу є ключовим фактором їхньої популярності та успіху. Прилади освітлення,

безумовно, відносяться саме до даного класу приладів - не так часто споживач викликає майстри зміни лампочки будинку або налаштування телевізійних каналів.

Легкість розгортання мережі або інтеграції в існуючу мережу Light Link нового приладу забезпечується механізмом Touchlink , що не потребує наявності в мережі координатора.

Touchlink використовує механізм міжмережевої взаємодії (inter -PAN) для інтеграції пристрою до мережі. Повідомлення, що передаються Touchlink містять команди кластера ZigBee Light Link (ZLL). Після першого підключення пристрою до мережі, він продовжує роботу під управлінням стека протоколів ZigBee PRO.

Процес підключення пристрою виглядає так:

1. Спочатку користувач має світильник та контролер.
2. Увімкнувши живлення світильника, користувач на контролері натискає кнопку, що ініціює процедуру підключення Touchlink .
3. Після завершення процедури користувач отримує можливість керувати світильником з керуючого контролера.

Оскільки при подальшій роботі пристроїв ZigBee Light Link після підключення використовується стек ZigBee PRO, вони можуть взаємодіяти з пристроями інших профайлів ZigBee . Наприклад, світильник може маршрутизувати та пересилати повідомлення для системи кондиціонування, пакети, призначені приладам освітлення можуть бути передані іншими пристроями автоматизації, один і той самий пульт керування може бути використаний для контролю за всіма пристроями в будинку чи приміщенні.

Питання безпеки мережі ZigBee Light Link

Оскільки мережі ZigBee Light Link функціонують без координатора, і, отже, без довірчого центру, немає можливості використовувати традиційний для мереж ZigBee механізм забезпечення безпеки. ZigBee Light Link використовує механізм безпеки мережного рівня, а отже, сторони, що беруть участь в обміні даними, повинні обмінятися мережевим ключем.

Ініціатор процедури Touchlink відповідає за генерацію ключа та передачу його другому пристрою під час встановлення з'єднання. Для того щоб ключ не передавався у відкритому вигляді, він шифрується майстер-ключом ZigBee Light Link , який присвоюється пристрою під час підтвердження відповідності специфікації.

Пристрої виявляють один одного за допомогою Touchlink . Ініціатор генерує випадковий ключ, шифрує його майстер ключем, передає мережевий рівень. Ініціатор запитує у пристрою запуску мережі або приєднання до мережі, одночасно передаючи шифрований ключ. Пристрій розшифровує ключ майстер ключем і передає його на мережний рівень. Отриманий ключ буде надалі використаний при мережному обміні між пристроями мал.5.

Мережі ZigBee LightLink можуть бути використані для підвищення рівня комфорту за рахунок можливості віддаленого керування пристроями освітлення, регулювання рівня яскравості, наявності функцій керування освітленням за таймером. Використання пристроїв ZigBee LightLink дозволяє раціональніше використовувати енергію за рахунок регулювання освітлення залежно від рівня освітленості, моніторингу енергоспоживання, включення/вимкнення світла залежно від присутності людини в приміщенні.

Типовий радіус мережі Light Link може становити до кількох десятків або навіть сотні метрів (з урахуванням маршрутизації повідомлень вузлами мережі). За допомогою шлюзу Інтернет -ZigBee Light Link користувач отримує можливість контролювати свою мережу світильників віддалено через глобальну мережу.

Стандарт ZigBee Light Link орієнтований на застосування в економічних, енергоефективних світильниках, насамперед, у світлодіодних світильниках основного освітлення та декоративного підсвічування. На відміну від інших профілів, мережі Light Link розраховані на розгортання самим споживачем.

Інтернет-шлюзи дозволяють керувати домашніми освітлювальними приладами віддалено, використовуючи досить прості програми, встановлені на смартфонах, комунікаторах, планшетних комп'ютерах.

6LoWPAN

Сенсорна мережа глобального масштабу. Відстеження процесів та подій через звичайну комп'ютерну мережу. Мережі 6LoWPAN відкривають таку можливість – взаємодія з бездротовими сенсорними мережами стає зручнішою.

" Мережа - це комп'ютер " - говорить девіз компанії Sun Microsystems .

Потужність мережі визначається кількістю задіяних у ній вузлів та здатністю протоколів ефективно використовувати закладені можливості. Мережеві можливості застосовуються у багатьох галузях діяльності - моніторинг та управління об'єктами, збір, передача та первинна

обробка даних та багато іншого. При цьому вузли мережі можуть мати суттєві відмінності щодо обчислювальних, комунікаційних ресурсів та ресурсів пам'яті.

Особливо цінною якістю мережі є її здатність інтегрувати в собі різні пристрої з різними функціями та ресурсами. Визначальну роль у своїй грають мережеві протоколи - стек протоколів. Яскравий приклад цього - стек протоколів TCP / IP , що лежить в основі переважної більшості сучасних мереж різного рівня, масштабу та призначення. Найбільша та найбільш використовувана з них - мережа Internet , що надає глобальні комунікації, послуги, послуги. Більш важливим фактором є те, що розроблені стандарти обробки інформації та розробки додатків для мереж TCP / IP . Мережа Internet вже включає кілька мільярдів вузлів і стоїть на порозі переходу на нову версію протоколу IP - IPv6, що забезпечує більш гнучку схему адресації і пристойний запас адресного простору.

Повсюдне використання систем автоматики і автоматизації, попри уявну часом надмірність, показало свою ефективність. В основі цього розгалужені мережі датчиків (сенсорів), керованих вузлів та механізмів. Навіть для невеликого автоматизованого об'єкта їхня кількість може перевищувати кілька сотень. Більш того, сучасні завдання автоматизації вимагають прозорі міжмашинної взаємодії (M2M interaction), розвинених сервісів, взаємодії з базами даних, і

навіть інтерфейсу користувача. У цьому ключі, використання інфраструктури мережі Internet для побудови розподіленої системи, що масштабується, виглядає досить спокусливо.

Пряма підтримка протоколів Internet для переважної більшості вузлів сенсорних мереж неможлива. Причин тому кілька:

- обмежені ресурси джерела живлення (автономні пристрої);
- недостатні обчислювальні можливості;
- мінімальний обсяг пам'яті.

До цього додаються досить великий обсяг заголовків та пакетів мережевих протоколів.

Для виходу з цієї ситуації IETF розроблено стек протоколів 6LoWPAN – версія протоколу IPv6 для бездротових сенсорних мереж із низьким енергоспоживанням. Ключові особливості мереж 6LoWPAN є:

- доступність будь-якого вузла мережі на його адресу;
- немає потреби у шлюзі прикладного рівня для роботи з вузлами мережі.

Так як 6LoWPAN є протоколом мережного рівня, то може використовуватися з будь-яким фізичним та каналним рівнем, аналогічна ситуація і зі стеком TCP / IP . Більше того, не обов'язково використовувати бездротове середовище передачі. Для підтримки великих мереж

вузли 6LoWPAN можуть виконувати роль маршрутизаторів, є можливість маршрутизації, орієнтуючись на рівень сигналу, що дозволяє передавати дані на низькій потужності, заощаджуючи енергоресурс джерела живлення. Немає єдиної точки відмови мережі.

Реалізація стека протоколів 6LoWPAN, що пропонується на даний момент, розрахована на субгігагерцовий діапазон, і це не випадково. Причина полягає у наступному. По-перше, даний діапазон не вимагає ліцензування практично у всіх країнах світу (так чи інакше, ряд частотних смуг цього діапазону доступний для вільного використання). По-друге, за рівних витрат енергії на прийом і передачу, в порівнянні з діапазоном 2.4 ГГц, за рахунок більшої довжини хвиль, можна забезпечити стійкий зв'язок на більшу відстань. Також помітно менший вплив перешкод у вигляді стін, перегородок машин, дерев, що є важливим для систем, що працюють у міських умовах. Це дозволяє застосовувати субгігагерцові приймачі для організації мереж як персонального (до 10 метрів), так і локального масштабу. Верхня межа дальності зв'язку коливається на позначці 800 метрів. Швидкості передачі також вистачає для типових додатків сенсорних мереж - від 50 до 200 кбіт/с.

Цільові програми стека 6LoWPAN включають досить великі мережі з масштабовані мережі з підключенням до IP мереж (Internet , intranet або extranet). Незважаючи на хорошу

масштабованість і потенційно прозоре керування, і доступ до вузлів, підходять не для всіх програм. Зокрема, поточна версія стандарту стека протоколів потребує постійної активності маршрутизаторів для коректної передачі.

Основні сфери застосування:

- інтелектуальні системи обліку;
- керування вуличним освітленням;
- промислова автоматика;
- логістичні системи, відстеження товарів чи об'єктів інвентаризації;
- комерційні охоронні системи, системи контролю та управління доступом;
- можливі військові програми.

Архітектура мереж 6LoWPAN дещо відрізняється від традиційних архітектур IP мереж (наявність спеціалізованого комутаційного обладнання, маршрутизаторів, медіа-конверторів), і від архітектур бездротових мереж збору даних, що склалися. Найближче до неї знаходиться архітектура WiFi мереж, хоч і від неї є ряд відмінностей.

Насамперед, мережі 6LoWPAN є підмережами IPv6 мереж, тобто. вони можуть взаємодіяти з іншими мережами та вузлами IP мережі, але не є транзитними для мережного трафіку IP

мереж. Мережі 6LoWPAN складаються з вузлів, які можуть виконувати роль маршрутизаторів (host і router), крім цього в мережі може бути присутнім один або більше так званих граничних маршрутизаторів (edge routers). Участь у маршрутизації не є обов'язковою вимогою для вузла мережі, і він може відігравати роль, аналогічну ролі кінцевого пристрою в мережах ZigBee або пристрою з обмеженою функціональністю для мереж 802.15.4, термінології 6LoWPAN - хост-вузол (host). Вузол здатний виконувати маршрутизацію в межах мережі 6LoWPAN називається роутером, або маршрутизатором (router). Граничний маршрутизатор відповідає за взаємодію підмережі 6LoWPAN з мережею IPv6, бере участь у процедурі ініціалізації та маршрутизації в підмережі 6LoWPAN, здійснює компресію/декомпресію заголовків IPv6 при обміні із зовнішньою мережею, у разі підключення до мережі IPv4 може грати роль шлюзу IPv6. Вузли підмережі поділяють 64-бітовий префікс IPv6, який також є частиною адреси мережі граничного маршрутизатора. Для адресації всередині мережі можна користуватися 64-ма бітами, що залишилися (MAC адресу мережного інтерфейсу), або використовувати стиснення адреси та укорочену 16-бітну схему адресації (молодші 2 байти MAC адреси). Передбачається, що мережна адреса безпосередньо включає адресу мережного інтерфейсу, це виключає необхідність застосування протоколу дозволу мережеских адрес (протоколу ARP).

Виділяють три типи мереж 6LoWPAN: ad-hoc , проста 6LoWPAN мережа , розширена 6LoWPAN мережа.

Ad-hoc мережа не має підключення до зовнішньої мережі IP , не має граничного маршрутизатора. Є мережею, що самоорганізується, використовує стек протоколів 6LoWPAN для організації роботи і передачі даних між вузлами.

Проста мережа 6LoWPAN підключена до іншої IP мережі за допомогою одного граничного маршрутизатора. Граничний маршрутизатор може бути підключений безпосередньо до зовнішньої IP мережі (підключення типу точка-точка , наприклад GPRS/3G модем) або входити до складу кампусної мережі (наприклад, мережі організації).

Розширена мережа 6LoWPAN складається з однієї або декількох підмереж, підключених до зовнішньої IP мережі через кілька граничних маршрутизаторів, підключених до однієї мережі (наприклад, локальна мережа організації). При цьому граничні маршрутизатори в розширеній мережі поділяють один і той же мережевий префікс . Вузли розширеної мережі можуть вільно переміщатися в межах мережі та здійснювати обмін із зовнішньою мережею через будь-який граничний маршрутизатор (зазвичай вибирається маршрут із найкращими показниками якості сигналу - рівень помилок, рівень сигналу).

Взаємодія між вузлами мережі 6LoWPAN, а також взаємодія із зовнішніми вузлами здійснюється, як і у звичайній IP мережі. Кожен вузол має свою унікальну IPv6 адресу і може приймати та передавати пакети IPv6. Спрощена структура стека протоколів 6LoWPAN у порівнянні зі стеками TCP / IP та ZigBee. Зазвичай вузли мають підтримку протоколу ICMPv6 та UDP . Прикладні протоколи найчастіше використовують бінарний формат даних під час роботи з UDP протоколу в мережах 6LoWPAN. На відміну від TCP / IP стека, в 6LoWPAN немає підтримки протоколу транспортного рівня TCP - через великі накладні витрати на формування пакетів, і через особливості роботи протоколу, які суттєво ускладнюють його застосування в сенсорних бездротових мережах - підтвердження пакетів, встановлення / розрив з'єднання, що вимагає частої роботи приймача вузла, і, як наслідок, підвищене споживання енергії.

Як і мережі ZigBee , мережі 6LoWPAN є самоорганізуються. Для цього використовується стандартна техніка мереж IPv6. На основі встановлених параметрів стека, автоматично встановлюється оптимальна топологія зв'язків між вузлами в мережі. Оптимальні маршрути визначаються з урахуванням метрик.

Процедура ініціалізації та роботи мережі 6LoWPAN полягає в наступному:

- з'єднання вузлів на канальному рівні (commissioning);

- ініціалізація мережного рівня, виявлення сусідніх вузлів , реєстрація в мережі (bootstrapping);
- встановлення маршрутів (route initialization).
- попередні пункти періодично повторюються підтримки працездатності мережі.

Для моніторингу роботи мережі 6LoWPAN застосовується спеціальний програмний механізм, званий дошкою оголошень (whiteboard), що зберігається на граничному маршрутизаторі. Whiteboard застосовується для:

- виявлення дублювання адрес;
- підтримки мобільності вузлів (для розширених мереж 6LoWPAN);
- генерації коротких адрес;
- локалізації вузлів мережі;
- ведення чорного списку вузлів.

ТЕХНОЛОГІЯ АТМ (ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE).

АРХІТЕКТУРНА МОДЕЛЬ.

Технологія АТМ (Asynchronous Transfer Mode — асинхронний режим передачі) розроблялася як єдина основа для передачі різноманітного трафіку (цифрових, голосових та мультимедійних даних) по одних і тих же системах і лініях зв'язку. Корінням вона сягає роботи ІТУ зі створення BISDN (Broad band ISDN) — широкосмугової цифрової мережі з інтегрованими сервісами. Стандартизація технології знаходиться у веденні форуму АТМ, який поширив її застосування не тільки на публічні мережі (як BISDN), але і на приватні мережі. Технологію АТМ у свій час вважали найперспективнішою і універсальною — від глобальних магістралей до робочих місць локальних мереж. Однак через високу ціну та складність застосування АТМ, а також завдяки успіхам традиційних локальних технологій сфера її застосування обмежується в основному глобальними та локальними магістралями.

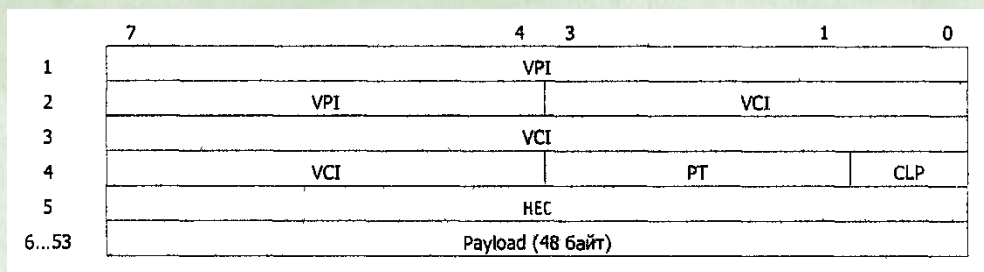
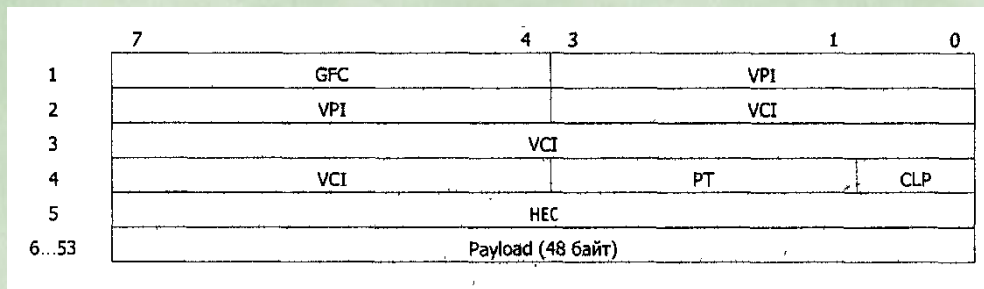
У технології АТМ інформація передається в комірках (cell) фіксованого розміру 53 байта, з яких для «корисних» даних доступні 48 байт. Комірки пересилаються між кінцевими точками

через мережу комутаторів, з'єднаних між собою цифровими лініями зв'язку. Комутація осередків поєднує переваги комутації ланцюгів і комутації пакетів: гарантована смуга пропускання та постійна затримка передачі між двома точками поєднуються з ефективною передачею стрибкоподібно змінного трафіку. Мінімальний розмір осередків вигідний передачі трафіку, чутливого до затримок. Так, наприклад, голосовий канал (PCM, 8 кГц) заповнює комірку всього за 6 мс. При передачі по лінії зв'язку осередкам критичного трафіку не доведеться довго чекати • завершення передачі довгого до адра або переривати його передачу. Фіксований формат комірки спрощує її обробку комунікаційним обладнанням, що дозволяє її виконувати на апаратному рівні з високими швидкостями.

Інтерфейси UNI та NNI

В АТМ всі вузли з'єднуються один з одним двоточковими інтерфейсами . Комутатори підтримують два основних типи інтерфейсу: UNI та NNI. Інтерфейс користувача UNI (User-to-Network Interface) використовується для підключення до комутатора кінцевих систем. Міжмережевий інтерфейс NNI (Network-to-Network Interface) використовується для з'єднань між комутаторами . Залежно від приналежності та території установки комутатора, інтерфейси UNI та NNI поділяються на публічні (public) та приватні (Private). Приватний UNI використовується

для зв'язку вузла з власним комутатором замовника , приватні NNI використовуються для зв'язку між його комутаторами. Публічний UNI використовується для зв'язку користувача з комутатором, що належить оператору зв'язку . Громадський NNI з'єднує комутатори однієї громадської мережі. На додаток до цього є додаткова специфікація B-ICI (Broad band Interexchange Carrier Interconnect) для зв'язку комутаторів, що належать різним публічним мережам.



Формати заголовка осередків ATM (UNI , NNI)

Осередки ATM мають 5-байтні заголовки, формат яких різний для UNI і NNI (рис . 2). Поля осередків мають таке призначення:

GFC (Generic Flow Control) - загальне управління потоком (ідентифікація безлічі станцій, що розділяють інтерфейс АТМ). Поле існує тільки в UNI і зазвичай не використовується.

VPI (Virtual Path Identifier) — ідентифікатор віртуального шляху, спільно з VCI ідентифікує наступну точку призначення комірки при її передачі по ланцюжку комутаторів. У NNI розрядність поля розширено підтримки більшої кількості віртуальних шляхів.

VCI (Virtual Channel Identifier) — ідентифікатор віртуального каналу, який разом з VPI ідентифікує наступну точку призначення комірки.

PT (Payload Type) - тип інформації. Перший біт визначає, чи є дані користувачами (0) або керуючими (1), Для даних користувача другий біт використовується для сигналізації про перевантаження, третій є ознакою останнього осередку в ланцюжку, що утворює кадр ААL 5. Осередки з керуючими даними можуть бути чотирьох типів, два з яких використовуються для даних інформаційного потоку ОАМ (Operations Administration and Maintenance), один тип управління трафіком і один зарезервований. Інформація ОАМ передається між комутаторами, в ній містяться відомості про їх стан, керуючі параметри і т.п.

CLP (Congestion Loss Priority) – пріоритет втрат при перевантаженні. При $CLP=1$ у разі перевантаження комірка буде викинута раніше тієї, у якої $CLP=0$.

HEC (Header Error Control) — контрольна послідовність, підрахована тільки для заголовка. Дозволяє виправляти одноразові та виявляти багаторазові бітові помилки.

Існує три типи сервісу АТМ:

Постійні віртуальні ланцюги РУС (Permanent Virtual Circuits) забезпечують прямий зв'язок між вузлами (аналогічно виділеним лініям). З'єднання встановлюється вручну, воно статичне і не потребує додаткових процедур перед передачею даних.

Комутовані віртуальні ланцюги SVC (Switched Virtual Circuits) встановлюються динамічно тільки на час передачі даних, як у телефонній лінії, що комутується. Для цього необхідно виконувати протокол сигналізації між кінцевими точками і комутаторами, що займає деякий час і породжує додатковий службовий трафік.

Сервіс без встановлення з'єднання (connectionless service)

Мережі АТМ принципово орієнтовані встановлення з'єднання, і до передачі між кінцевими точками має бути встановлений віртуальний канал VC (Virtual Channel). Існує два типи сполук: віртуальний шлях VP (Virtual Path), що ідентифікується полем VPI, та віртуальний канал, що ідентифікується комбінацією VPI та VCI. Віртуальний шлях є зв'язкою віртуальних каналів, що

комутуються на основі загального VPI. Однак VPI та VCI мають значення тільки для конкретної лінії зв'язку та перерозподіляються на кожному комутаторі.

Основне завдання комутатора АТМ – просування осередків. Комутатор приймає комірку і за значеннями VCI і VPI через таблицю трансляції визначає вихідний інтерфейс (інтерфейси), який вона повинна бути спрямована. По цій же таблиці визначаються нові значення VPI і VCI для цієї комірки. Для встановлення з'єднання повинні бути зроблені відповідні записи в таблицях трансляції всіх комутаторів між кінцевими точками.

Архітектурна модель АТМ

Архітектурна модель АТМ наведена на рис. 2. У ній є три плани (площини, plane), що поширюються на всі рівні:

Управління (Control) – генерація та обслуговування запитів сигналізації.

Користувач (User) — обслуговування даних.

Менеджмент (Management) — управління функціями, специфічними для конкретних рівнів (виявлення відмов, вирішення протокольних проблем), та управління планами в комплексі.

Рівні моделі ATM:

Фізичний (Physical layer) аналогічно фізичному рівню OSI визначає способи передачі залежно від середовища.

Рівень ATM (ATM layer) відповідає за передачу осередків через мережу ATM, використовуючи інформацію їх заголовків. Разом з рівнем адаптації приблизно еквівалентний другому рівню моделі OSI,

Рівень адаптації ATM, AAL (ATM Adaptation Layer) забезпечує ізоляцію верхніх протокольних рівнів від деталей ATM-процесу.

Вищі рівні, розташовані над AAL, приймають дані користувача, оформляють їх у вигляді пакетів для AAL і виконують зворотні перетворення.

Фізичний рівень перетворює біти в осередки і назад, передає і приймає біти, визначає межі осередків і пакує осередки в кадри, що відповідають середовищу передачі. Фізичний рівень ділиться на два підрівні:

PMD (Physical Medium-Dependent), залежний від середовища передачі, син хронізує передачу -прийом з безперервними потоками біт, що пересилаються, і визначає фізичне середовище, включаючи типи кабелів і коннекторів . Прикладами PMD є канали SONET/SDH, DS-3/E3, передача по MM-волокну або кручений парі зі швидкістю 155 Мбіт/с з кодуванням - 8B/10B.

Підрівень конвергенції передачі TC (Transmission-Convergence) визначає межі осередків у потоці біт, генерує і перевіряє контрольне поле заголовка (HEC), узгоджує швидкість передачі осередків і унаковує осередки-в кадри. При узгодженні швидкості вводяться або, навпаки, пригнічуються порожні комірки для підстроювання під швидкість передачі. Упаковка кадрів враховує особливості каналів. У найпростішому випадку використовується пряма передача осередків, коли вони побитно передаються у фізичне середовище. При використанні інтерфейсів синхронних (SONET/SDH) або плезіохронних ієрархій (PDH) осередки повинні упаковуватися в кадри відповідно до правил конкретних інтерфейсів.

Класи сервісу та рівні адаптації

Для різних видів інформації (голос, відеоінформація та дані), що передається за допомогою АТМ, визначено такі класи сервісів:

- * клас А використовується для передачі з постійною швидкістю потоку даних (Constant Bit Rate, CBR), знеструмлює емуляцій комутованого каналу, підходить для голосових даних;
- клас використовується для передачі зі змінною швидкістю потоку даних (Variable Bit Rate, VBR), наприклад для відеоконференцій;
- * клас З використовується передачі даних із встановленням з'єднання;
- Клас D використовується для передачі даних без встановлення з'єднання .

У рівні адаптації є підрівень сегментації та зворотного складання SAR (Segmentation And Reassembly), призначений для взаємного перетворення блоків вищих протоколів у комірки і назад. До кожного класу сервісу спочатку було визначено відповідні рівні адаптації AAL1-AAL4, але у розвитку стандарту залишилися такі:

AAL1 - сервіс із встановленням з'єднання, що емулює лінію зв'язку (circuit-emulation), призначений для передачі даних з постійною швидкістю (клас А). Він зручний для передачі голосу, організації відеоконференцій та емуляції підключення через виділену лінію. AAL1 вимагає синхронізації між джерелом і кінцевим приймачем, що забезпечується лініями зв'язку (наприклад, SQNET/SDH). У контейнер крім власне даних міститься послідовний номер осередку SN (Sequence Number) і поле SNP (Sequence Number Protection), що його захищає. За

цими полями AAL1 на приймальній стороні може переконатися в правильності порядку прийому осередків.

AAL3/4 — сервіси із встановленням з'єднання та без встановлення з'єднання . Формати осередків для обох класів (C та D) виявилися однаковими. Тут з даних користувача формуються протокольні блоки PDU (Protocol Data Unit), додаючи перед початком даних заголовки і поле довжини після даних. Далі цей блок фрагментується на порції маленького розміру, кожна порція забезпечується заголовком SAR і підраховується для неї контрольне поле (CRC-10), додається в кінці. Ці порції з CRC поміщаються у полі даних осередків, які забезпечуються заголовком і спускаються до рівня ATM передачі. Таким чином, кожен фрагмент протокового блоку має контроль достовірності передачі. У заголовку SAR є поле типу (перший, проміжний або останній осередок у повідомленні), послідовний номер (для збирання в правильному порядку) та ідентифікатор мультиплексування (multi plexing identifier), який дозволяє виявляти трафік конкретного джерела, що чергується з іншими в одному віртуально. з'єднанні.

AAL5 спочатку призначений передачі даних із встановленням з'єднання і встановлення з'єднання. Він використовується, наприклад, для класичної реалізації IP поверх ATM (classical IP over ATM) та емуляції локальних мереж LANE (LAN Emulation). Тут упаковка відбувається

простіше: до блоку даних додається заповнювач і хвостовик (trailer). Хвостовик містить поле довжини та 32-бітну контрольну послідовність (CRC), завдяки якій можна виявляти пропажу осередків та спотворення даних. Заповнювач забезпечує довжину результуючого блоку, кратну 48 байт. Далі весь цей блок 48-байтними порціями укладається в поля даних послідовних осередків. В останнього осередку повідомлення в заголовку встановлюється відповідний біт у полі PT. Тут надмірність значно менше, але неможливо мультиплексування: осередки одного повідомлення у віртуальному каналі що неспроможні чергуватись із осередками іншого повідомлення, вони мають йти друг за одним.

Рівень AAL2 був задуманий для класу, але його вилучили, оскільки цей клас може з успіхом користуватися AAL1, AAL3/4 або AAL5.

Адресація

Для мереж АТМ з постійними віртуальними ланцюгами, де з'єднання встановлюються вручну, спеціальна адресація не потрібна. У мережах з віртуальними ланцюгами, що комутуються, використовується спеціальна система адресації, побудована за ієрархічним принципом. Адресація АТМ не пов'язана з адресацією, яка використовується у протоколах верхнього рівня. Великий розмір адреси (20 байт) дозволяє не побоюватися дефіциту адрес в

найближчому майбутньому. У приватних мережах можливе використання трьох форматів адрес, наведених на рис. 4. У будь-якому випадку адреса складається з частини початкового домену IDP (Initial Domain Part) та доменно-специфічної частини DSP (Domain Specific Part). Поля мають наступні призначення:

- * AFI (Authority and Format Identifier) – ідентифікатор формату: 39=DCC, 47=ICD, 45=E.164.

- DCC (Data Country Code) – ідентифікатор країни.

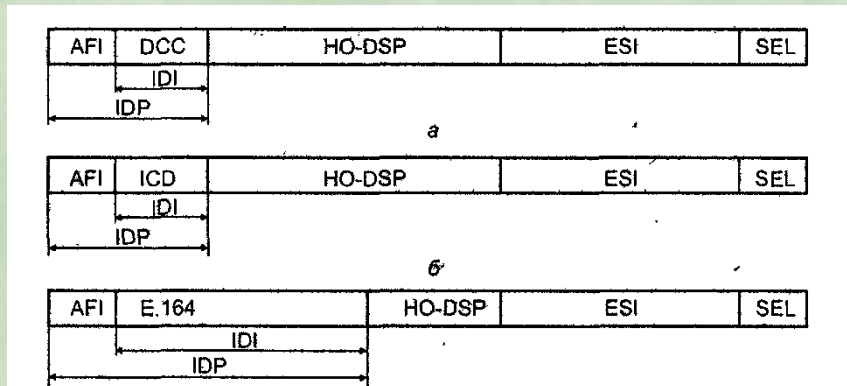
- * АЛЕ- DSP (High-Order Domain Specific Part) - старша частина адреси, побудована за домінім принципом. Складається з ідентифікатора кореневого домену RD (Routing Domain) та ідентифікатора області (AREA). Комбінація цих полів підтримує гнучку багаторівневу ієрархію адрес для протоколів маршрутизації, заснованих на префіксах.

- * ESI (End System Identifier) — ідентифікатор кінцевої системи, 48-бітна MAC-адреса, що призначається IEEE.

- * SEL (Selector) - селектор, який використовується кінцевими станціями (для мережі значення не має).

* ICE) ¹ (International Code Designator) – код організації міжнародного рівня, який призначається Британською організацією зі стандартизації.

- E.164 - адреса BISDN у форматі E.164 (аналогічно телефонної нумерації).



Формати адрес ATM (DCC ATM , ICD ATM , NASP E .164)

Повна адреса кінцевої системи збирається з адреси порту та власного ідентифікатора пристрою, вона має бути унікальною в межах мережі. У межах мережі бажана унікальність адрес і портів комутаторів, інакше виникнуть проблеми з маршрутизацією. Для кінцевих систем є можливість реєстрації адрес за допомогою інтерфейсу ІЛМІ (In terim Local Management Interface), що забезпечує обмін інформацією, що управляє, в UNІ. Якщо комутатори, до яких підключаються кінцеві системи, підтримують ІЛМІ, то перенесення кінцевої системи з одного

порту на інший за адресацією буде відпрацьовано автоматично (не вимагатиме ручного адміністрування).

З'єднання АТМ

АТМ підтримує два типи з'єднань: точка-точка і точка-множина точок . Двоточкове з'єднання може бути як односпрямованим, так і двоспрямованим. З'єднання точка-множина точок може бути лише односпрямованим: від одного джерела - кореневого вузла (root node) до безлічі одержувачів «листя» (leaves). «Листя» в такому з'єднанні не можуть передавати дані ні до «кореня», ні до інших «листя». Розмноженням осередків при множинні з'єднання займаються комутатори, в яких відбувається розгалуження з'єднань. Широкомовні можливості та групова передача в тому вигляді, як вони існують у локальних мережах з роздільною середовищем передачі, коли будь-який вузол може надіслати кадр решті або групі, з використанням ААL5 неможливі . Це зумовлено відсутністю в ААL5 ідентифікатора приналежності конкретного осередку до конкретного вузла, в результаті чого коректне складання повідомлень від безлічі вузлів в одному віртуальному з'єднанні неможливе.

Для організації багатоадресних ґрунтових передач (multicasting), використовуючи AAL5, є три потенційні можливості:

1 Групова передача віртуальним шляхом (VP multicasting) має на увазі, що всі вузли групи з'єднуються одним віртуальним шляхом (VP), але кожному з них призначається унікальний VCI, за яким їх осередки ідентифікуються при чергуванні пакетів. Для цього потрібно протокол - унікального призначення VCI, якого поки немає, і не ясно, чи підтримують цей метод конкретні SAR- пристрою.

Сервер групового мовлення (multicast server) - спеціальний вузол - приймає повідомлення від усіх вузлів групи по двоточкових віртуальних з'єднань. До вузлів, які бажають отримувати груповий трафік, сервер підключається однонаправленим з'єднанням точка-множина точок і по цьому з'єднанню по черзі передає повідомлення, отримані від учасників групи. Комірки цих повідомлень не чергуються - Кожне повідомлення сервером передається повністю, безперервним ланцюжком осередків.

Перекривають з'єднання точка-множина точок (overlaid point-to-multipoint connection). Кожен мовний вузол групи встановлює групове односпрямоване з'єднання з іншими приймаючими вузлами групи. При цьому потрібне встановлення та підтримка великої кількості

з'єднань (а не двох, як при використанні сервера). Для входу в групу (і виходу) потрібно виконання процедури реєстрації, в результаті якої кожен мовник повинен дізнаватись про появу нового вузла для встановлення додаткових з'єднань. Цей метод погано масштабується через зростання кількості підтримуваних сполук. Однак використання групового сервера може обмежувати продуктивність секвенсера, що впорядковує повідомлення, а також він є єдиною точкою відмови.

Якість обслуговування в АТМ

Гарантії якості обслуговування QoS (Quality of Service) складаються з контракту на трафік (traffic contract), формування трафіку (traffic shaping) та по особі трафіку (traffic policing). Контракт і якість сервісу полягає при підключенні кінцевої системи до мережі. Він описує форму трафіку: значення пікової швидкості, середнього тривалого потоку, розмір пакету та передач.

Формування трафіку — використання черг для дотримання пакетів передач, обмеження пікової швидкості, згладжування коливань так, щоб трафік відповідав заявленій формі. Пристрої АТМ відповідають за дотримання договору щодо форми трафіку. Комутатори АТМ можуть

застосовувати поліцейські санкції до порушників контракту. Комутатор може вимірювати реальний трафік та порівнювати його із заявленим. Якщо реальний виходить за допустимі межі, комутатор частина осередків помітить бітом CLP, після чого у разі перевантаження по шляху до одержувача комутатори видалятимуть ці осередки в першу чергу.

Сигналізація та встановлення з'єднання

Коли пристрій АТМ хоче встановити з'єднання з іншим пристроєм, воно надсилає пакет запиту сигналізації до комутатора, до якого воно підключено. Цей запит містить АТМ -адресу вузла, що викликається, і параметри QoS, потрібні для з'єднання, що замовляється. Протокол сигналізації для NNI та UNI різний.

Нинішній стандарт UNI 3.1 заснований на протоколі сигналізації публічних мереж Q.2931, розробленому ІТУ-Т. Сигналізація надсилається по відомому з'єднанню з VPI = 0, VCI = 5. Для NNI стандарт сигналізації перебуває у стадії розробки.

Процес встановлення з'єднання виконується однопроходовим методом, як у телефонній мережі. Запит сигналізації від ініціатора поширюється по мережі у бік пункту призначення, і по його трасі встановлюються з'єднання. Коли запит досягає кінцевого вузла, він може бути прийнятий або відкинутий. Маршрут для запиту прокладається протоколом маршрутизації, що

встановлює з'єднання на основі інформації про адресу та вимог QoS. Якщо параметри QoS не вписуються в можливості мережі, запит буде відкинуто ще його шляху. Узгодження відкинутого з'єднання в деякій мірі можливе шляхом зміни параметрів QoS.

Кінцевий вузол-ініціатор з'єднання посилає повідомлення setup (адреса і QoS), яка вхідний комутатор (ingress switch) відповідає повідомленням call proceeding і запускає протокол маршрутизації. Повідомлення setup буде розповсюджуватися в бік вузла, що викликається і досягне вихідного комутатора (egress switch), до якого підключений цей вузол. Цей комутатор передасть повідомлення у вузол, що викликається. Вузол відповість повідомленням connect, якщо він прийняв з'єднання, або release, якщо відкинув. Це повідомлення у відповідь повернеться по мережі по шляху, прокладеному запитом. Після позитивної відповіді за встановленим з'єднанням можна передавати і дані.

Емуляція технологій локальних мереж (LANE)

Стандарт LANE (LAN Emulation), введений АТМ -форумом, забезпечує надання АТМ -станціям тих же можливостей, які мають вузли традиційних локальних мереж з технологіями Ethernet, Token Ring, FDDI. Протокол LANE емулює локальну мережу поверх мережі АТМ.

Протокол визначає механізми емуляції IEEE 802.3 Ethernet або 802.5 Token Ring (Fast та Gigabit Ethernet та 100VG-AnyLAN використовують ті ж кадри). Поточні версії LANE не визначають окремо інкапсуляцію кадрів FDD1, ці кадри повинні відображатися у кадри 802.3 або 802.5 за допомогою традиційних мостів.

Протокол LANE визначає сервіси для протоколів верхнього (мережевого) рівня так само, як і в емульованих технологіях. Дані пересилаються по мережі АТМ у кадрах з МАС-форматом, властивим цим технологіям. Мережа АТМ з LANE поводить ся як емульована технологія (але з більшою швидкістю передачі), але МАС-протокол (CSMA/CD або передача маркера для отримання права доступу) не емулюється.

Основна функція протоколу LANE - перетворення МАС-адрес в АТМ-адреси і назад для того, щоб кінцеві системи могли зв'язуватися та обмінюватися даними, використовуючи МАС-адреси. Протокол LANE працює на двох типах обладнання» підключеного до мережі АТМ; інтерфейсних карт і комутаторів ЛОМ. Інтерфейсні карти з LANE мають мережевий інтерфейс АТМ, але для драйверів надають послуги локальних технологій. Завдяки цьому верхні протокольні рівні працюють з ними як зі звичайними мережевими картами (Ethernet або Token Ring), але на швидкості АТМ. Комутатор ЛОМ, підключений до мережі АТМ, спільно з іншими

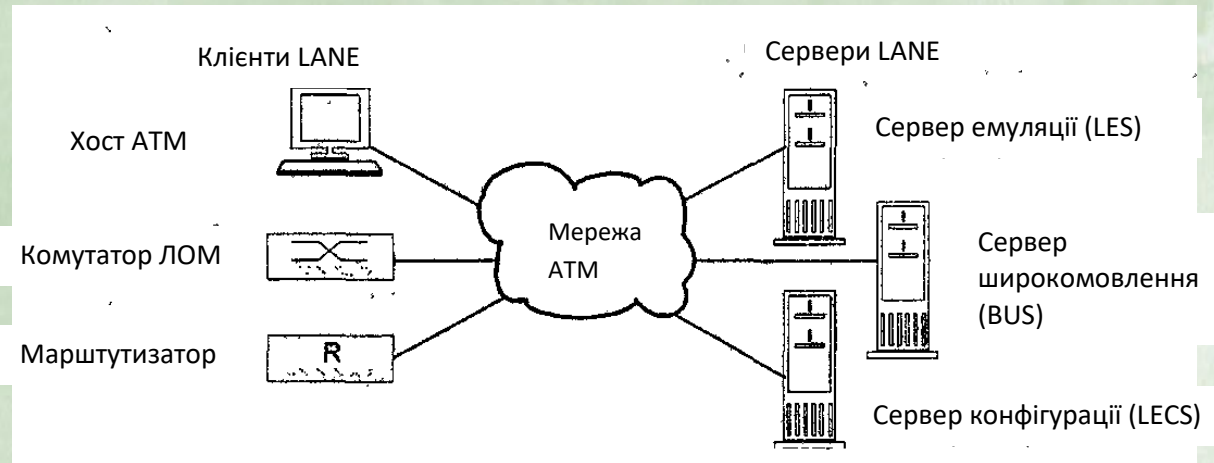
такими самими. комутаторами та АТМ -вузлами з LANE використовується для організації віртуальних локальних мереж (ВЛЗ). Порти цих комутаторів належать до певних ВЛЗ, незалежно від їхнього фізичного стану в мережі АТМ. Протокол LANE не вимагає від комутаторів АТМ жодних додаткових функцій, він ґрунтується на стандартній сигналізації АТМ.

Протокол LANE визначає операції на одній емульованій ЛОМ (ELAN) або ВЛЗ (VLAN). В одній мережі АТМ може існувати багато ELAN. Кожна ELAN емулює або Ethernet, або Token Ring. Компоненти ELAN зображені на рис. 11.25.

Клієнт LANE (LAN Emulation Client, LEC) — елемент кінцевої системи, який виконує передачу даних, перетворення та реєстрацію MAC-адрес, використовуючи для цього сервер LANE. LEC забезпечує для вищих протоколів інтерфейс традиційних ЛОМ. Кінцева система АТМ, підключена до кількох ELAN, має по одному LEC на кожну ELAN.

Серверу емуляції (LAN Emulation Server, LES) є центральною точкою управління, з якою клієнти обмінюються реєстраційною та керуючою інформацією. Для кожної ELAN є свій сервер.

Сервер широкомовлення (Broadcast and Unknown Server, BUS), окремий для кожної ELAN, призначений для трансляції широкомовного та групового Трафіку всім клієнтам ELAN або VLAN. Він же збирає і трафік з невідомими адресами призначення.



Сервер конфігурації (LAN Emulation Configuration Server, LECS) обслуговує бази даних емульованих мереж. На запити від клієнтів повідомляє ідентифікатор ELAN і ATM - адреса сервера емуляції. Сервер конфігурації може обслуговувати багато ELAN в межах адміністративного домену.

Між учасниками емуляції встановлюються віртуальні ланцюги різних типів:

двонаправлене двоточкове між клієнтом та сервером конфігурації;

двонаправлене двоточкове між клієнтом та сервером емуляції;

односпрямоване (зазвичай точка-множина точок) від сервера емуляції до всіх клієнтів;

двонаправлене двоточкове між клієнтами передачі даних.

Операції в LANE можна розділити кілька стадій: ініціалізація і конфігурування, реєстрація на сервері емуляції, пошук і реєстрація на сервері широкомовлення, передача даних.

Під час ініціалізації клієнт дізнається свою адресу (зазвичай через реєстрацію), після чого шукає сервер конфігурації (LECS). Для його пошуку є кілька способів: використовувати процедуру ILM1 для визначення його адреси, використовувати відому адресу LECS або використовувати відоме постійне з'єднання з LECS ($VPI = 0$, $VCI = 17$). Знайшовши сервер, клієнт посилає йому запит конфігурації, який отримує відповідь з адресою сервера емуляції, типом емульованої ЛВС, допустимим розміром кадру і символічною назвою ELAN.

Під час реєстрації на сервері емуляції клієнт у запиті на вступ повідомляє свою АТМ - адресу та МАС-адресу (або список МАС-адрес вузлів, представником яких вона виступає). Сервер стежить за унікальністю МАС- та АТМ- адрес. Можливість членства сервер LES запитує сервер конфігурації LECS. У разі успішного вступу в мережу, сервер інформує про це клієнта і

повідомляє йому його ідентифікатор LECID (LAN Emulation Client ID). Сервер приєднує клієнта до групи для свого односпрямованого директивного мовлення .

LECID використовується клієнтом для фільтрації власних широкомовних повідомлень, що отримуються від BUS.

Наступним етапом є пошук сервера BUS та приєднання до нього. Для цього клієнт надсилає запит з MAC-адресою OFFFFFFF до LES, на яку отримує відповідь з ATM -адресою сервера BUS. На цю адресу клієнт звертається до BUS, який включає його до списку для групового мовлення. Тепер клієнт готовий до обміну даними з будь-яким вузлом емульованої мережі, що дійшли до того ж стану.

Для передачі даних способом, природним для ATM, ініціатору потрібно знати ATM -адресу вузла призначення (MAC-адреса він знає). Якщо адреса відома, то клієнт-ініціатор встановлює віртуальний ланцюг з одержувачем безпосередньо та передає дані. Якщо адреса невідома, її доводиться терміново дізнаватися. Оскільки механізм дозволу адрес ATM може зайняти занадто багато часу (за мірками верхніх протоколів, орієнтованих на локальні технології), перший пакет (а то й кілька пакетів) передається через сервер широкомовлення BUS . Поки BUS займається його доставкою всім клієнтам ELAN, клієнт-ініціатор надсилає запит на дозвіл адреси

(LLE_ARP_Request) до сервера емуляції. Якщо сервер знає потрібну адресу, він повідомить його клієнта. Якщо не знає, то цей запит він надсилатиме до всіх підключених до нього вузлів (але не широкомовно, а одноадресними посилками & відповідно до певної політики). У запиті є адреса шукаючого вузла (ініціатора обміну), яким йому відповідь шуканий вузол (якщо є). Тепер вузол-ініціатор може передавати дані, встановивши пряме з'єднання з призначенням. Але до цього він повинен переконатися в тому, що всі пакети, надіслані через BUS, дійшли до одержувача (оскільки AAL5 не допускає чергування пакетів). Для цього виконується процедура очищення (LANE flush procedure): слідом за останнім пакетом по дорозі через BUS надсилається керуючий осередок, на який одержувач (вузол призначення) повинен відповісти підтвердженням по вже встановленому з'єднанню з ініціатором. Тільки отримавши це підтвердження, ініціатор може використовувати передачі даних пряме з'єднання. Якщо під час передачі поточного пакета BUS отримує пакети з інших вузлів, він їх дотримує до закінчення Поточної передачі.

Стандарт LANE поступово розвивається. Його друга версія усуває деякі недоліки першої. Зокрема, передбачаються надмірні сервери емуляції (єдиність серверів робить мережу вразливою). Емульовані мережі можуть мати до 2000 клієнтів.

Використання АТМ мережевими протоколами (Classical IP та МРРА)

Технологія АТМ як потужна і гнучка транспортна система може використовуватися для доставки даних мережевого рівня. В принципі, будь-які мережеві протоколи можуть інкапсулюватися в комірки АТМ і передаватися в необхідні пункти призначення. Найбільш поширена передача через АТМ дейтаграм протоколу ІР. Для цього є кілька можливостей.

Протокол Classical IP (RFC 1577) заснований на класичному підході до побудови ІР - мереж. Він забезпечує зв'язок між вузлами, що належать одній ІР -підмережі (кінцевими вузлами та шлюзами). Основне завдання протоколу – дозвіл адрес; за відомою ІР -адресою визначити АТМ -адресу вузла (прямий запит) і за відомою АТМ -адресою визначити ІР -адресу вузла (інверсний запит). У локальних технологіях, що забезпечують ширококомовлення, таке завдання вирішується протоколами ARP/RARP досить просто. У АТМ ширококомовлення в чистому вигляді немає, і завдання вирішення адрес вирішується за допомогою спеціального АТМАРР - сервера, що реалізує однойменний протокол. АТМ -адреса сервера повідомляється клієнтам (вузлам ІР - підмережі) при конфігуруванні вручну. При ініціалізації вузол посилає в сервер інверсний запит, за яким сервер повідомляє йому ІР -адресу, призначений цьому вузлу. Сервер реєструє у себе цей вузол як живий. Коли клієнт хоче надіслати повідомлення певному вузлу ІР -адресою, він

запитує його АТМ -адресу у сервера прямим запитом. Дізнавшись АТМ- адресу, він зберігає його у своїй локальній таблиці (щоб зайвий раз не питати) і встановлює з вузлом віртуальне з'єднання для обміну даними. Відмінною особливістю АТМАРР є можливість отримання від сервера негативної відповіді замість «мовчання за протоколом АРР» у Класичному варіанті. .

Протокол Classical IP дозволяє встановлювати прямі з'єднання лише між вузлами однієї IP - підмережі. Якщо підмереж кілька, то зв'язку їх вузлів потрібен маршрутизатор. Навіть якщо вузли різних підмереж знаходяться в одній мережі АТМ, «розмовляти» вони можуть тільки через маршрутизатор, який може виявитися вузьким місцем. Дещо незвично, що IP*маршрутизатор для АТМ може мати всього один фізичний інтерфейс, через який встановлюються віртуальні з'єднання з вузлами всіх підмереж, що маршрутизуються ним.

Технологія МРОА (Multi Protocol Over АТМ), як і випливає з назви, дозволяє передавати по мережі дані безлічі протоколів. На відміну від Classical IP, вона дозволяє спрямовувати шляхи між вузлами, що належать різним підмережам. За ідеєю побудови вона нагадує LANE і також базується на розподілі функцій між клієнтською та серверною частиною. Сервер МРОА спільно з клієнтами, що базуються в мережевих адаптерах кінцевих вузлів та/або прикордонних комутаторах рівня, є розподіленим маршрутизатором. Сервер надає клієнтам інформацію

мережного рівня, користуючись якою, клієнти наскільки можна встановлюють між собою найкоротші зв'язку з мережі АТМ передачі даних верхніх протоколів.

Устаткування АТМ

Основне обладнання АТМ – це комутатори різного призначення. Кому мутатори діляться на магістральні та прикордонні. Магістральні комутатори мають тільки АТМ- інтерфейси та можуть з'єднуватися тільки з АТМ-обладнанням (комутаторами та мережевими адаптерами). Від них потрібна тільки комутація осередків, звісно, з максимально можливою швидкістю. Пограничні комутатори, як це впливає з назви, встановлюються на межі мережі АТМ. Крім портів АТМ вони мають інтерфейси інших технологій (наприклад, Ethernet), до яких підключаються вже не АТМ -вузли (кінцеві системи, повторювачі, комутатори, маршрутизатори). Від прикордонних комутаторів потрібна велика функціональність, наприклад, підтримка LANE та/або MPOA. За продуктивністю прикордонні комутатори зазвичай поступаються магістральним.

Комутатори АТМ, як правило, мають модульну конструкцію. Це пов'язано з високою вартістю портів і власне комутуючих вузлів - додаткові витрати на модульність окупаються

можливістю підбору конфігурації, найбільш близькі до завдання, що вирішується в даний момент, і можливістю її розширення.

Деякі комутатори Ethernet (Fast, Gigabit) мають порти "ATM -UpLink", але при цьому чомусь не позиціонуються як прикордонні комутатори ATM. Це пов'язано з тим, що дані порти реалізують тільки фізичний інтерфейс ATM з високою швидкістю передачі оптоволоконном. При цьому формуванням осередків ATM з MAC-кадрів вони не займаються (тому недорогі). З цього випливає, що цей порт UpLink може підключатися тільки до аналогічного порту аналогічного комутатора, але не до «чесного» комутатора ATM .

Мережеві адаптери ATM для комп'ютерів випускаються тільки для високопродуктивних шин (наприклад, PCI). -Ціна самих адаптерів та супутні витрати (на придбання комутаторів з достатньою кількістю портів), а також складність управління та адміністрування не дозволяють говорити про ATM як технологію для кожного робочого місця. Останнім часом ряд фірм (у тому числі 3Com) перестали позиціонувати пристрої ATM як обладнання локальних мереж, але розвивають лінії магістральних продуктів.

Приклади АТМ-комутаторів для локальних мереж Комутатори CELLplex компанії 3Com

Комутатор CELLplex 7000 являє собою модульний пристрій на основі шасі, що здійснює комутацію до 16 портів АТМ (4 модулі по 4 порти). Він призначений для утворення високошвидкісної АТМ-магістралі мережі шляхом з'єднання з іншими АТМ-комутаторами або для підключення високошвидкісних АТМ-вузлів до стягнутої в точку магістралі мережі на основі центру даних, що має порт АТМ.

Комутаційний центр забезпечує обмін даними за схемою 16(16, використовуючи неблокуючу технологію комутації "на льоту" із загальною пропускною здатністю 2.56 Гб/с та підтримуючи до 4096 віртуальних каналів на порт.

Внутрішня пасивна шина комутатора забезпечує передачу даних зі швидкістю до 20.48 Гб/с, забезпечуючи перехід у майбутньому на інтерфейсні модулі з великою кількістю портів або з більш швидкісними портами.

Повністю надлишкове шасі зі здвоєним джерелом живлення, продубльованим комутаційним центром і модульна побудова роблять комутатор CELLplex 7000 стійким до

відмов, придатним для побудови магістралі мережі і задовольняючим вимогам найбільш важливих додатків.

Є два типи інтерфейсних модулів:

модуль із 4 портами OC-3c 155 Мб/с для багатомодового оптоволоконного кабелю, призначений для локальних зв'язків;

модуль з 4 портами DS-3 45 Мб/с – для глобальних зв'язків.

Комутатор підтримує основні специфікації технології АТМ: встановлення віртуальних каналів (SVC), що комутуються, за специфікаціями UNI 3.0 і 3.1, підтримку постійних віртуальних каналів (PVC) за допомогою системи управління, Interim Interswitch Signaling Protocol (IISP), емуляцію локальних мереж (LAN emulation), управління навантаженнями (congestion management).

Управління комутатором реалізовано за стандартами: SNMP, ILMI, MIB 2, АТМ MIB, SONET MIB. Використовується система управління Transcend.

Комутатор CELLplex 7200 поєднує функції АТМ-комутатора і Ethernet комутатора, одночасно дозволяючи ліквідувати вузькі місця на магістралі мережі та у мережах відділів.

CELLplex 7200 забезпечує повношвидкісні Ethernet -канали для сегментів локальних мереж, серверів і окремих робочих станцій, що вимагають підвищеної швидкодії. Крім цього, комутатор може бути налаштований з портами АТМ для з'єднання з комутаторами робочих груп, АТМ-серверами та робочими станціями, а також для підключення до АТМ-магістралі мережі.

Комутаційний АТМ-центр (8(8) поєднаний із процесором Ethernet /АТМ комутації на мікросхемі ZipChip . ZipChip перетворює пакети даних Ethernet на стандартні осередки АТМ, а потім комутує їх зі швидкістю до 780000 осередків на секунду.

На відміну від моделі CELLplex 7000, модель CELLplex 7200 має не два, а чотири типи інтерфейсних модулів:

модуль із двома портами АТМ OC-3c;

модуль із двома портами DS-3;

модуль з 12 портами Ethernet та одним портом АТМ OC-3c;

модуль з 12 портами Ethernet та одним портом АТМ DS-3.

Інші Характеристики комутаторів CELLplex 7200 та CELLplex 7000 практично збігаються .

Комутатори технології ATM LattisCell і EtherCell компанії Bay Networks

Сімейство продуктів, розроблених компанією Bay Networks для технології ATM, складається з комутаторів LattisCell (тільки ATM-комутація), комутатора EtherCell (комутація Ethernet-ATM), програмного забезпечення ATM Connection Management System та програмного забезпечення ATM Network Management Application. Постачається кілька моделей комутаторів ATM, кожен із яких забезпечує певне поєднання фізичних рівнів, середовищ передачі та можливостей резервування джерел живлення.

Комутатор EtherCell призначений для усунення "вузьких місць" у робочих групах локальних мереж, що використовують традиційне середовище передачі даних технології Ethernet. За допомогою цього комутатора можна розвантажити лінії зв'язку із серверами та маршрутизаторами. Модель 10328 EtherCell має 12 портів 10Base-T та прямий доступ до мережі ATM. Порти Ethernet можуть надавати виділену смугу пропускання 10 Мб/с за рахунок їхньої комутації.

Програмне забезпечення ATM Connection Management System (CMS) розміщується на робочій станції SunSPARCStation , виконуючи функції координації та керування з'єднаннями комутатора. CMS автоматично вивчає мережеву топологію та встановлює віртуальні ATM-з'єднання між станціями, що взаємодіють.

Програмне забезпечення ATM Network Management Application , працюючи разом із CMS, забезпечує управління мережею ATM на центральній станції управління.

Модель ATM комутатора LattisCell 10114A розроблена для використання в мережах кампусів (відстань між комутаторами до 2 км) і являє собою пристрій, виконаний у вигляді автономного корпусу з фіксованою кількістю портів, число яких дорівнює 16. Для кожного порту забезпечується пропускна здатність 155 Мб/ с по багатомодовому оптоволоконному кабелю. Функції фізичного рівня реалізовані відповідно до стандартів SONET/SDH 155 Мб/ с , а також UNI 3.0

Архітектура FastMatrix забезпечує загальну внутрішню швидкість передачі даних 5 Гб/с, що дозволяє комутувати всі порти без блокувань. Підтримуються функції широкомовної (broadcast) та багатомовної (multicast) передачі.

Запит на встановлення з'єднання може бути виконаний для різних рівнів якості сервісу (Quality of Service , QoS):

QoS 1 – використовується для сервісу CBR (постійна бітова швидкість);

QoS 2 – використовується для сервісу VBR RT (змінна бітова швидкість додатків реального часу);

QoS 3/4 - використовується для сервісу VBR, призначеного для передачі даних локальних мереж за процедурами встановлення з'єднань і без встановлення з'єднань;

QoS 0 – використовується для сервісу UBR.

Керування пристроєм здійснюється також за допомогою програмної системи CMS, для якої потрібні: SunSPARCStation 2 або вище, Sun OS 4.1.3 або вище для невиділеного Ethernet-з'єднання або Solaris 2.4 для прямого АТМ-з'єднання.

Інші моделі комутаторів LattisCell (10114R, 10114A-SM, 10114R-SM, 10114R-SM, 10114-DS3, 10114-E3, 10115A, 10115R) відрізняються наявністю резервного джерела живлення, а також типом портів (загальна кількість портів у будь-якій моделі становить 16). Крім багатомодових портів, комутатори можуть мати одномодові оптоволоконні порти (для мереж кампусів з

відстанню до 25 км), а також порти для коаксіального кабелю з інтерфесами DS-3 (45 Мб/с) та E3 (34 Мб/с) для підключення до глобальних мереж через лінії T3/E3.

Моделі комутатора EtherCell (10328-F та 10328-SM) забезпечують комутацію Ethernet-Ethernet та Ethernet-ATM. Ці моделі мають 12 портів 10Base-T RJ-45 та один порт прямого доступу до ATM зі швидкістю 10 Мб/с. Порти 10Base-T можуть використовуватися для надання повної швидкості 10 Мб/с виділеної лінії для високошвидкісних серверів або для поділу її між сегментом станцій робочої групи.

Модель EtherCell 10328-F підтримує багатомодовий оптоволоконний кабель для зв'язку з мережею ATM на відстані до 2 км.

Модель EtherCell 10328-SM підтримує одномодовий оптоволоконний кабель для зв'язку з мережею ATM на відстані до 20 км.

Комутатори підтримують стандарт LAN emulation , що визначає взаємодію локальних мереж з мережами ATM на рівні протоколів канального рівня. Крім цього, підтримуються специфікації UNI, MIB-II, EtherCell -MIB та стандартний формат MIB компанії Bay Networks . Через ATM-порт комутатори EtherCell можуть з'єднуватися з портом SONET/SDH комутатора LattisCell . Комутатори EtherCell включають програму-агент HSA (Host Signaling Agent), яка є

агентом-посередником для Ethernet- хостів. Комутатори EtherCell підтримують утворення віртуальних груп, розподілених АТМ-магістралі мережі, утвореної комутаторами LattisCell .

Комутатор LightStream 1010 компанії Cisco

Комутатор LightStream 1010 є комутатором АТМ для утворення магістралей мереж відділів або кампусів. Комутатор має загальну продуктивність 5 Гб/с і виконаний на базі 5-слотового шасі.

У центральному слоті встановлюється модуль керування комутацією АТМ Switch Processor (ASP), який має пам'ять, що розділяється, зі швидкістю доступу 5 Гб/с, повністю неблокуючу комутаційну матрицю, а також високопродуктивний RISC-процесор MIPS R4600 100 MHz . Модуль ASP працює під управлінням міжмережевої операційної системи IOS, як і маршрутизатори та комутатори старших моделей компанії Cisco . Програмне забезпечення модуля ASP може замінюватися "на ходу", тобто без зупинки комутатора, що важливо в умовах специфікацій АТМ Forum , що часто змінюються .

4 слоти, що залишилися, використовуються для встановлення інтерфейсних модулів САМ, в кожен з яких можна встановити до 2-х модулів адаптерів портів РАМ. Таким чином, комутатор може мати максимальної конфігурації до 8 модулів РАМ з наступного набору:

1 порт АТМ 622 Мб/с (ОС12) (одномодовий);

1 порт АТМ 622 Мб/с (ОС12) (багатомодовий);

4 порти АТМ 155 Мб/с (ОС3с) (одномодовий);

4 порти АТМ 155 Мб/с (ОС3с) (многомодовий);

4 порти АТМ 155 Мб/с (ОС3с) (по неекранованій кручений парі UTP Cat 5);

2 порти DS3/T3 45 Мб/с ;

2 порти E3 34 Мб/с.

Комутатор LightStream 1010 одним із перших у галузі підтримує специфікацію маршрутизації PNNI Phase 1, необхідну для маршрутизації комутованих з'єднань (SVC) у неоднорідних АТМ-мережах з урахуванням необхідної якості обслуговування.