

УДК 643.385

Демидюк М.А., Багнюк Н.В., Максимович О.В.
Луцький національний технічний університет

БЕЗПРОВІДНИКОВИЙ ЗВ'ЯЗОК: ОГЛЯД СТАНДАРТІВ

В даній статті розглянуті стандарти WLAN, стандарт Bluetooth та стандарт GSM.

Ключові слова: *безпроводниковий зв'язок, стандарт, мережа, комп'ютерна мережа.*

На фізичному рівні стандарт передбачає два радіочастотні методи передачі: метод прямої послідовності розмитого спектру (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS) і метод частоти розмитого спектру (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS), а також інфрачервоний зв'язок. На MAC-рівні стандарт використовує різновид методу доступу CSMA/CD із запобіганням колізій під назвою CSMA/CA. Спробуємо виділити відмінності і основні особливості існуючих промислових стандартів.

WLAN - Wireless LAN: 802.11; 802.11a; 802.11b; Weca - WiFi; HiperLAN2.

PWLAN - Personal Wireless LAN: BLUETOOTH; HomeRF; IEEE 802.15.

Optical WLAN and PWLAN: Infrared Data Association (IrDA); OpticAir.

Broadband Wireless: HyperAccess HyperLink HyperMAN; IEEE 802.16.

IEEE 802.11 - 2 Mbps:

- IEEE 802.11 був схвалений в 1997;

- стандарт IEEE 802.11 визначає протокол роботи мережі в двох режимах: радіоканалу (режим adhoc -прямий доступ кожного абонента до будь-якого іншого) і роботу мережі "клієнт/сервер 802.11" (через "точку доступу");

- у режимі мережі "ad hoc" всі абоненти мають рівноправний доступ до загального каналу передач. Робота забезпечується без головної якої-небудь станції-серверу, всі абоненти мають прямий доступ один до одного;

- у режимі мережі "клієнт\сервер (як прийнято називати "режим інфраструктури" – infrastructure mode) " трафік мобільних\віддалених станцій проходить через "точку доступу". Це блок, що складається з прийомо-передатчика і інтерфейсу з провідниковою LAN. Виконує роль моста між бездротовою і дротяною мережами. Тому існує термін "радіоміст" по відношенню до "Access Point".[1]

IEEE 802.11b - 11 Mbps:

- цей стандарт з'явився в 1999 році;

- в основному використовується діапазон 2.4 GHz на якому можлива передача даних з швидкістю до 11 Mbps. Також дана швидкість передачі можлива на діапазонах 1, 2, 5.5 and 11 Mbps;

- для збільшення швидкості передачі використовується досконаліша техніка модуляції Complementary Code Keying (ССК), що можна перевести як модуляція за допомогою додаткового коду. Тут замість стандартного коду, що визначає формат поля даних застосовується послідовність кодів, так званих додатковими (Complementary Sequences). Це додає до символу ще два біти. Символи посилаються з частотою 1,375 MSps, що і дає в результаті пропускну спроможність 11 Mbps.

IEEE 802.11a - 54 Mbps:

- прийнятий і ратифікований IEEE комітетом у вересні 2001 року;

- використовує діапазон 5 GHz на неліцензійованій ділянці;

- використовується ортогональне мультиплексування розподілу частоти (OFDM);

- можливий зв'язок, передача даних на швидкості 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 і 54 Mbps;

- регламентовані обов'язкові, стандартні ряди швидкостей 6, 12 і 24 Mbps;

- системи використовують 52 під-несучі, які модулюються за допомогою двійкової/квадратури фазовою модуляцією, амплітудною (QAM) 16-квадратури або 64-QAM.

WECA Wi-Fi:

- WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) торгова марка і організація, яка ставить за свою мету пропаганду нового стандарту і добивається безпроблемної взаємодії продуктів для бездротових мереж від різних виробників;

- Wi-Fi(wireless freundly) продукти - це в основному точки доступу і карти двох видів PCI для настільних систем і PC Card для ноутбуків.

HiperLAN2 (BlueTooth): високошвидкісні локальні (в буквальному розумінні локальні) мережі на цьому стандарті забезпечують зв'язок на відстані до 10 метрів. [1]

BLUETOOTH:

- BlueTooth - стандарт, який вийшов в 1998 році;
- стандарт описує роботу мобільних телефонів, переносних комп'ютерів "лаптоп" і т.д, котрі можуть зв'язуватися між собою на невеликій відстані;
- цей стандарт прагне, як мінімум, замінити існуючий InfraRed Data Association (IrDA) для мобільних комп'ютерів;
- група Bluetooth Special Interest Group (SIG) була сформована в 1998. Зараз в неї входять більш ніж 600 компаній;
- використовує загальнодоступний діапазон 2,56 ГГц ;
- на фізичному рівні використовується протокол передачі FHSS;
- радіус покриття від 10 і до 100 метрів;
- доступна вартість;
- 1 mW power;
- радіус покриття може бути збільшений із застосуванням зовнішніх підсилювачів;
- асинхронна передача даних може йти з швидкістю близько 700 kbps. При синхронній передачі даних як мінімум можлива підтримка VoIP.

HOMERF:

- встановлений в березні 1998;
- стандарт розробляється комітетом ITU (International Telecommunication Union);
- передбачає бездротову передачу Ethernet на швидкостях передачі даних 1.2 Мбит/с на відстань 40 і більше метрів;
- підтримує доступ TDMA для інтерактивної передачі голосових і CSMA/CA сервісів з використанням технології IEEE 802.11 передачі даних. SWAP. Основні особливості SWAP:
- Зміна частотного каналу із швидкістю 50 hops/sec;
- Використовуваний діапазон частот 2.4 GHz;
- потужність випромінювання : 100mW;
- швидкість передачі: 1Mbps при використуванні бінарної FSK модуляції і 2 Mbps при використуванні FSK модуляції квадратури;
- можливість передачі голосових даних: до 6 дуплексних каналів одночасно;
- Data Security : дані шифруються по алгоритму Blowfish (генерується більше 1 трільйона кодів);
- Data Compression : алгоритм LZRW3-A;
- базова система SWAP сумісна\схожа з Bluetooth.

IEEE 802.15:

- в даний час розвивається чотири проекти стандарту IEEE 802.15;
- 802.15.1 - похідна WPAN/Bluetooth v1.x (1Mbit/sec);
- 802.15.2 - рекомендоване використання в незаліцензійованих частотах;
- 802.15.3 - 20+ Mb/ s High Rate WPAN for Multimedia and Digital Imaging;
- 802.15.4 - передача даних 200 kb/s для другорядних задач (мережа в ігровому клубі, автоматизація);
- 802.15.1, цей стандарт розроблявся спільно з компанією Bluetooth SIG,Inc. Всі сумісні зусилля направлені на сумісність IEEE стандартів, розроблених за участю Bluetooth SIG in 1998.

IEEE 802.15 cont:

- у цьому стандарті помічається деяка схожість протоколу обміну між крайовими пристроями (схожість, наприклад з Bluetooth і Home RF);
- робота із створення IEEE 802.15 почалися в 1997, за рік до початку розробок Bluetooth, і принаймні, пізніше, ніж закінчилися дослідження Home RF.[1]

InfraRed Data Association (IrDA):

- IrDA - міжнародна організація, яка створює і просуває дешевий і взаємодіючий зі всією рештою протоколів стандарт обміну даних;
- фізичний рівень обміну даними IrDA;
- дальність: не менше 1 метра, але принаймі може бути досягнуто і більше 2 метрів;
- у специфікацію IrDA входить одна з умов - спрямованість випромінювання;

- передача даних може бути від 9600 Bps до 115 kBps і вище, до 4 Mb/s;
- протокол IrDA підтримує режим корекції помилок CRC (CRC-16 для швидкостей до 1.152Mb/s і CRC-32 до 4 Mb/s);

- підтримується тільки режим зв'язку "Точка-Точка".

OpticAir – Lucent:

- OpticAir перетворює дані, голос і відео-інформацію в лазерний промінь, передаючи це у вигляді променя через лінзу шириною два дюйми. Сигнал "подорожує" між верхніми частинами даху або в межах офісу і потім проходить назад у волоконно-оптичний кабель - для решти частини відстані конкретної мережі. Система може одночасно передати в різних довжинах інфрачервоного діапазону, причому кожний інфрачервоний діапазон "розбивається" на частини (кольори), кожний з яких може нести окремі потоки інформації. Кожен лазер може обробляти 2.5 Гбіт/с. Спочатку система OpticAir припускала бездротову передачу даних із швидкістю на відстанях в межах від 4.4 до 5 км;

- друга редакція стандарту OpticAir повинна була "відпрацьовувати" 10 Гбіт/с;

- всі оптичні лінії зв'язку мають статус "free license";

- OpticAir може передати дані в 65 разів швидше ніж радіо Wireless.

WLAN OpticAir-cont:

- використовувані випромінювачі мають більш "розширений" промінь лазера замість шкідливих, з високою густиною потоків. Подібно системам RF, продуктивність OpticAir залежить від інтерференції і метео умов (туман ітд);

- велика швидкість - до 10 Gbps на окремі довжині хвилі;

- більш безпечно для зору;

- висока захищеність - теоретично в систему не може бути непоміченого доступу "ззовні";

Broadband Wireless IEEE 802.16:

- Робоча група має угоду, по якій ширококомовний доступ для всіх користувачів в цій мережі має такі ж принципи і схему роботи (на фізичному рівні), як і для мережевих протоколів LAN. Причому ця угода розповсюджується для всіх ділянок діапазону частот;

- діапазон частот 10- 66 GHz;

- діапазон частот 2- 11 GHz;

- діапазон частот 5- 6 GHz ;

- проектним центрам і виробникам продукції за цим стандартом рекомендується звертатися за технічною підтримкою в створенні систем доступу, що не конфліктують з нині існуючими.

Broadband Wireless HiperAccess and Hiperlink:

- HIPERACCESS- це більш "далекобійний" варіант HIPERLAN/2, який цілком може використовуватися в невеликих корпоративних і домашніх мережах із швидкістю обміну даними 25 Mbit/s.

-HIPERLINK- На жаль, цей варіант забезпечить малу дальність, але дуже високі швидкості - До 155 Мбіт/с при відстанях до 150 м. Фактично HIPERLINK - симбіоз HIPERLAN і HIPERACCESS.

Bluetooth - одна з технологій безпроводникової передачі даних. Вона була розроблена в 1998 році групою провідних компаній у області телекомунікацій. Bluetooth дозволяє об'єднувати в локальні мережі будь-яку техніку: від мобільного телефону і комп'ютера до холодильника. При цьому, одними з важливих параметрів технології повинні стати низька вартість пристрою зв'язку, невеликі розміри (адже йдеться про мобільні пристрої) і, що важливе, сумісність, простота вбудовування в різні пристрої. На відміну від технології інфрачервоного зв'язку IrDA (Infrared Direct Access), що працює за принципом "точка-точка" в зоні прямої видимості, технологія Bluetooth розроблялася для роботи як за принципом "точка-точка", так і як багатоточковий радіоканал, керований багаторівневим протоколом, схожим на протокол мобільного зв'язку GSM. Bluetooth стала конкурентом таким технологіям, як IEEE 802.11, HomeRF і IrDA, хоча остання і не призначена для побудови локальних мереж, але є найпоширенішою технологією безпроводного зв'язку комп'ютерів і периферійних пристроїв.

Технологія використовує невеликі приймачі і передавачі малого радіусу дії, що або безпосередньо вбудовані в пристрій, або підключаються через вільний порт або PC-карту. Адаптери працюють в радіусі 10 метрів і, на відміну від IrDA, не обов'язково в зоні прямої видимості, тобто, між пристроями, що сполучаються, можуть бути різні перешкоди, або стіни.

Bluetooth працює на не ліцензійованій у всьому світі частоті 2.45 Гц (смуга промислового, наукового і медичного застосування ISM - Industry, Science, Medicine), що дозволяє вільно використовувати пристрої Bluetooth у всьому світі. Радіоканал забезпечує швидкість 721Кбит/с і передачу 3 голосових каналів. Технологія використовує FHSS - стрибкоподібна перестройка частоти (1600 стрибків/сек) з розширенням спектру. При роботі передавач переходить з однієї робочої частоти на іншу по псевдовипадковому алгоритму. Для повнодуплексної передачі використовується дуплексний режим з тимчасовим розділенням (TDD). Підтримується ізохронна і асинхронна передача даних і забезпечується проста інтеграція з TCP/IP. Тимчасові інтервали (Time Slots) розгортаються для синхронних пакетів, кожний з яких передається на своїй частоті радіосигналу. У цьому діапазоні вже працюють багато пристроїв: від бездротових мереж (у тому числі і Bluetooth) до мікрохвильових печей. Така насиченість може викликати перешкоди, взаємні впливи і конфлікти між пристроями. Стандарт Bluetooth є відкритим, безкоштовним і доступним для всіх виробників устаткування.

GSM (або Global System for Mobile Communications – глобальна система мобільного зв'язку), був розроблений в 1990 році. Перший оператор GSM прийняв абонентів в 1991 році, до початку 1994 року мережі, засновані на даному стандарті, мали вже 1.3 мільйони абонентів, а до кінця 1995 їх число збільшилося до 10 мільйонів.

"Центральною нервовою системою" мережі є NSS (Network and Switching Subsystem - підсистема мережі і комутації), а компонент, виконуючої функції "мозку" називається MSC (Mobile services Switching Center - центр комутації). Саме останній всі називають "комутатор", а також, при проблемах із зв'язком, виняють у всіх смертних гріхах. MSC в мережі може бути і не один. MSC займається маршрутизацією викликів, формуванням даних для білінгової системи, управляє багатьма процедурами - простіше сказати, що не входить в обов'язки комутатора, ніж перераховувати всі його функції.[1]

Наступними по важливості компонентами мережі, що також входять в NSS, є HLR (Home Location Register - реєстр власних абонентів) і VLR (Visitor Location Register - реєстр переміщень). HLR є базою даних про всіх абонентів, що уклали з даною мережею контракт. У ній зберігається інформація про номери користувачів (під номерами маються на увазі, по-перше, згадуваний вище IMSI, а по-друге, так званий MSISDN-Mobile Subscriber ISDN, тобто телефонний номер в його звичному розумінні), перелік доступних послуг і багато що інше - далі по тексту часто описуватимуться параметри, що знаходяться в HLR.

На відміну від HLR, який в системі один, VLR`ів може бути і декілька - кожний з них контролює свою частину мережі. У VLR містяться дані про абонентів, які знаходяться на його території. Як тільки користувач покидає зону дії якогось VLR, інформація про нього копіюється в новий VLR, а із старого віддаляється. Відмінність HLR від VLR: у першому розташована інформація про всіх підписників мережі, незалежно від їх місця розташування, а в другому - дані тільки про тих, хто знаходиться на підвідомчій цьому VLR території. У HLR для кожного абонента постійно присутнє посилання на той VLR, який з ним (абонентом) зараз працює (при цьому сам VLR може належати чужій мережі, розташованій, наприклад, на іншому кінці Землі).

Довгострокові дані, що зберігаються в HLR і VLR: міжнародний ідентифікаційний номер підписчика (IMSI); телефонний номер абонента в звичному значенні (MSISDN); категорія рухомої станції; ключ ідентифікації абонента (Ki); види забезпечення додатковими послугами; індекс закритої групи користувачів; код блокування закритої групи користувачів; склад основних викликів, які можуть бути передані; оповіщення зухвалого абонента; ідентифікація номера абонента, що викликається; графік роботи; оповіщення абонента, що викликається; контроль сигналізації при з'єднанні абонентів; характеристики закритої групи користувачів; пільги закритої групи користувачів; заборонені вихідні виклики в закритій групі користувачів; максимальна кількість абонентів; використовувані паролі; клас пріоритетного доступу.

Тимчасові дані, що зберігаються в HLR: параметри ідентифікації і шифрування; тимчасовий номер мобільного абонента (TMSI); адреса реєстру переміщення, в якому знаходиться абонент (VLR); зони переміщення рухомої станції; номер стільника при естафетній передачі; реєстраційний статус; таймер відсутності відповіді; склад використовуваних в даний момент паролів; активність зв'язку.

Тимчасові дані, що зберігаються в VLR: тимчасовий номер мобільного абонента (TMSI); ідентифікатори області розташування абонента (LAI); вказівки по використанню основних служб; номер стільника при естафетній передачі; параметри ідентифікації і шифрування.

NSS містить ще два компоненти - AuC (Authentication Center - центр авторизації) і EIR (Equipment Identity Register - реєстр ідентифікації устаткування). Перший блок використовується для процедур встановлення достовірності абонента, а другий, як впливає з назви, відповідає за допуск до експлуатації в мережі тільки дозволених стільникових телефонів.

Виконуючою частиною стільникової мережі є BSS (Base Station Subsystem - підсистема базових станцій). Якщо продовжувати аналогію з людським організмом, то цю підсистему можна назвати кінцівками тіла. BSS складається з декількох "рук" і "ніг" - BSC (Base Station Controller - контроллер базових станцій), а також безліч "пальців" - BTS (Base Transceiver Station - базова станція). Базові станції можна спостерігати всюди - в містах, полях - фактично це просто прийомо-передаючі пристрої, що містять від одного до шістнадцяти випромінювачів. Кожен BSC контролює цілу групу BTS і відповідає за управління і розподіл каналів, рівень потужності базових станцій і тому подібне. Звичних BSC в мережі не один, а ціла множина (базових станцій же взагалі сотні і тисячі).

Управляється і координується робота мережі за допомогою OSS (Operating and Support Subsystem - підсистема управління і підтримки). OSS складається зі всякого роду служб і систем, контролюючих роботу і трафік. При кожному включенні телефону після вибору мережі починається процедура реєстрації.

Дуже цікавий процес визначення достовірності абонента. При реєстрації AuC домашньої мережі генерує 128-бітове випадкове число - RAND, що пересилається телефону. У середині SIM за допомогою ключа Ki (ключ ідентифікації - так само як і IMSI, він міститься в SIM) і алгоритму ідентифікації A3 обчислюється 32-бітова відповідь - SRES (Signed RESult) по формулі $SRES = Ki * RAND$. Точно такі ж обчислення проробляються одночасно і в AuC (по вибраному з HLR Ki користувача). Якщо SRES, обчислений в телефоні, співпадає з SRES, розрахованим AuC, то процес авторизації вважається успішним і абоненту привласнюється TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity - тимчасовий номер мобільного абонента). TMSI служить виключно для підвищення безпеки взаємодії підписчика з мережею і може періодично мінятися (зокрема при зміні VLR).

Після процедури ідентифікації і взаємодії гостьового VLR з домашнім HLR запускається лічильник часу, задаючий момент перереєстрації у разі відсутності яких-небудь сеансів зв'язку. Звичайно період обов'язкової реєстрації складає декілька годин. Перереєстрація необхідна для того, щоб мережа одержала підтвердження, що телефон як і раніше знаходиться в зоні її дії. Річ у тому, що в режимі очікування "трубка" тільки відстежує сигнали, передавані мережею, але сама нічого не випромінює - процес передачі починається тільки у разі встановлення з'єднання, а також при значних переміщеннях щодо мережі (нижче це буде розглянуто детально) - в таких випадках таймер, що відлічує час до наступної перереєстрації, запускається наново. Тому при "випаданні" телефону з мережі (наприклад, був від'єднаний акумулятор, або власник апарату зайшов в метро, не вимкнувши телефон) система про це не дізнається.

Всі користувачі випадковим чином розбиваються на 10 рівноправних класів доступу (з номерами від 0 до 9). Крім того, існує декілька спеціальних класів з номерами з 11 по 15 (різного роду аварійні і екстрені служби, службовий персонал мережі). Інформація про клас доступу зберігається в SIM. Особливий, 10 клас доступу, дозволяє скоювати екстрені дзвінки (по номеру 112), якщо користувач не належить до якого-небудь дозволеного класу, або взагалі не має IMSI (SIM). У разі надзвичайних ситуацій або перевантаження мережі деяким класам може бути на якийсь час закритий доступ в мережу.

Як вже було сказано, мережа складається з множини BTS - базових станцій (одна BTS - один "стільник", осередок). Для спрощення функціонування системи і зниження службового трафіку, BTS об'єднують в групи - домени, що одержали назву LA (Location Area - області розташування). Кожній LA відповідає свій код LAI (Location Area Identity). Один VLR може контролювати декілька LA. І саме LAI поміщається в VLR для завдання місцеположення мобільного абонента. У разі потреби саме у відповідній LA (а не в окремому стільнику) буде проведений пошук абонента. При переміщенні абонента з одного стільника в інший в межах однієї LA перереєстрація і зміна записів в VLR/HLR не проводиться, та варто йому (абоненту) потрапити на територію іншої LA, як почнеться взаємодія телефону з мережею. При зміні LA код старої області стирається з VLR і замінюється новим LAI, якщо ж наступний LA контролюється іншим VLR, то відбудеться зміна VLR і оновлення запису в HLR.

Взагалі кажучи, розбиття мережі на LA досить непроста інженерна задача, вирішувана при побудові кожної мережі індивідуально. Дуже дрібні LA приведуть до частих перереєстрацій

телефонів і, як наслідок, до зростання трафіку різного роду сервісних сигналів і швидшої розрядки батарей мобільних телефонів. Якщо ж зробити LA великими, то, у разі потреби з'єднання з абонентом, сигнал виклику доведеться подавати всім стільникам, що входять в LA, що також веде до невиправданого зростання передачі службової інформації і перевантаження внутрішніх каналів мережі. [2]

Розглянемо алгоритм так званого handover`ра (таку назву одержала зміна використовуваного каналу в процесі з'єднання). Під час розмови по мобільному телефону унаслідок ряду причин (видалення "трубки" від базової станції, багатопроменева інтерференція, переміщення абонента в зону так званої тіні і т.п.) потужність (і якість) сигналу може погіршити. В цьому випадку відбудеться перемикання на канал (можливо, інший BTS) з кращою якістю сигналу без переривання поточного з'єднання (додам - ні сам абонент, ні його співбесідник, як правило, не помічають, що відбувся handover).

Handover`и прийнято розділяти на чотири типи: 1) зміна каналів в межах однієї базової станції; 2) зміна каналу однієї базової станції на канал іншої станції, але що знаходиться під патронажем того ж BSC; 3) перемикання каналів між базовими станціями, контрольованими різними BSC, але одним MSC; 4) перемикання каналів між базовими станціями, за які відповідають не тільки різні BSC, але і MSC.

У загальному випадку, проведення handover`а - задача MSC. Але в двох перших випадках, званих внутрішніми handover`ами, щоб понизити навантаження на комутатор і службові лінії зв'язку, процес зміни каналів управляється BSC, а MSC лише інформується про той, що відбувся.

Під час розмови мобільний телефон постійно контролює рівень сигналу від сусідніх BTS (список каналів (до 16), за якими необхідно вести спостереження, задається базовою станцією). На підставі цих вимірювань вибираються шість кращих кандидатів, дані про яких постійно (не рідше раз у секунду) передаються BSC і MSC для організації можливого перемикання. Існують дві основні схеми handover`а:

- "Режим якнайменших перемикань" (Minimum acceptable performance). В цьому випадку, при погіршенні якості зв'язку мобільний телефон підвищує потужність свого передавача до тих пір, поки це можливо. Якщо ж, не дивлячись на підвищення рівня сигналу, зв'язок не поліпшується (або потужність досягла максимуму), то відбувається handover.

- "Енергозберігаючий режим" (Power budget). При цьому потужність передавача мобільного телефону залишається незмінною, а у разі погіршення якості міняється канал зв'язку (handover). Цікаво, що ініціювати зміну каналів може не тільки мобільний телефон, але і MSC, наприклад, для кращого розподілу трафіку.

MSC пересилає в HLR номер (MSISDN) абонента. HLR, у свою чергу, поводить запитом до VLR гостьової мережі, в якій знаходиться абонент. VLR виділяє один з тих, що є в її розпорядженні MSRN (Mobile Station Roaming Number - номер "блукаючої" мобільної станції). Ідеологія призначення MSRN дуже нагадує динамічне привласнення адрес IP при комутованому доступі в Інтернет через модем. HLR домашній мережі одержує від VLR привласнений абоненту MSRN і, супроводжуючи його IMSI користувача, передає комутатору домашньої мережі. Завершальною стадією встановлення з'єднання є напрям виклику, супроводжуваного IMSI і MSRN, комутатору гостьової мережі, який формує спеціальний сигнал, передаваний по PAGCH (PAGer Channel - канал виклику) по всій LA, де знаходиться абонент.

Отже, було розглянуто відмінності і основні особливості існуючих промислових стандартів. Кроком на шляху до світу майбутнього стане заміна підключення кожного нового пристрою до всіх інших за допомогою кабелю на бездротове з'єднання, коли всі пристрої зможуть "спілкуватися" один з одним.

1. Агуров П.В. Практика программирования USB. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. - 624 с: ил
2. Фаронов В.В. – Delphi 6. Учебный курс. – М.: Издатель Молгачёва С.В., 2001. – 672 с., ил.
3. Мобильная связь от фирмы Motorola. КВАЗАР-Микро. Price-list. Август 2001г.
4. Темченко В. Введение в мир микроконтроллеров семейства Intel 196. "KM-inform" Вып.3, 1994,с.17-20.