

**АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

УДК 621.391

*В.П. Самойлик,
канд. техн. наук К.А. Трубчанінова*

**СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ АБОНЕНТСЬКОГО ДОСТУПУ
ДО ГЛОБАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ**

Представив д-р техн. наук, професор Г.В. Альошин

Отримати доступ до мережі Інтернет можна, використовуючи різні комунікаційні технології. Кінцеві користувачі бажають отримати доступ у мережу Інтернет на додаток до, наприклад, звичайного телефонного зв'язку. Також можна виділити телекомунікаційні компанії, що працюють в галузі телефонного, мобільного, супутникового зв'язку і т. д., і провайдерів, що забезпечують доступ у мережу Інтернет та інші послуги для передачі даних.

На сьогодні існує безліч способів з'єднання з мережею Інтернет – від

підключення комп'ютера за допомогою аналогового модема до способів підключення з використанням високошвидкісних технологій.

Спосіб підключення комп'ютера до мережі Інтернет залежить від обраного користувачем рівня послуг, які він хоче отримати від провайдера (постачальника послуг), від швидкості і якості передачі даних. До послуг, які надаються Інтернет, належать: E-mail, WWW, FTP, Usenet, IP-телефонія, потокове відео і т. д. Технологій підключення існує безліч і більшість з них наведено на рис. 1.

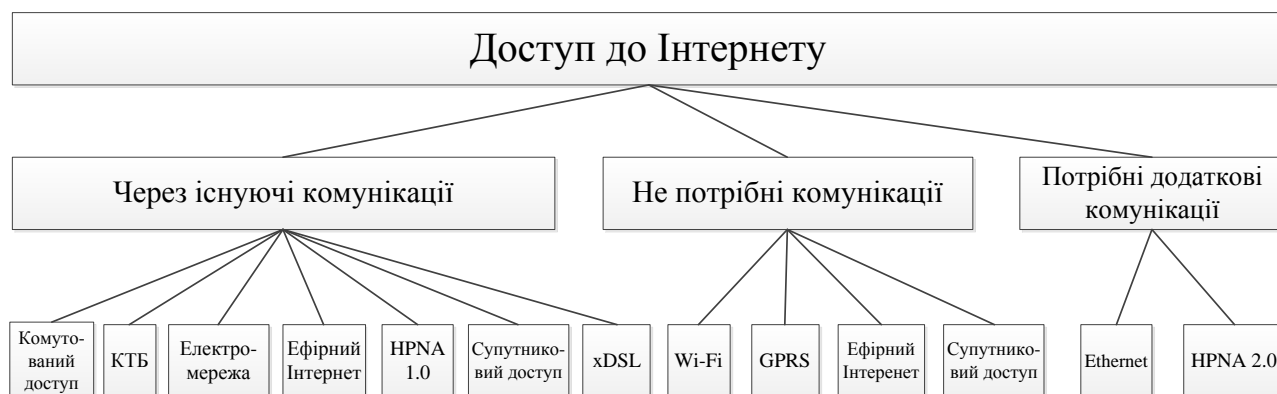


Рис. 1. Види доступу до Інтернету

Dial-Up. Якщо потреба доступу в Інтернет незначна, тобто можна обмежитися отриманням-відправленням невеликої кількості електронної пошти і нерегулярним відвідуванням веб-сторінок, то підійде звичайний Dial-Up. Безкоштовне підключення, низька вартість устаткування (потрібний недорогий модем), легке встановлення устаткування і нескладне налаштування. Однак під час знаходження в мережі телефонна лінія зайнята, повільна швидкість передачі даних, низька якість зв'язку (часті обриви з'єднання, додзвонитися буває досить важко, особливо в години «пік»). Плата здійснюється за час перебування в мережі, а не за обсяг завантаженої або переданої інформації. Отже, даний тип з'єднання підходить для приватних користувачів з невеликими потребами та обмеженим бюджетом. Максимально можлива швидкість передачі даних – 56 кбіт/с. Фактична середня швидкість коливається 8-40 кбіт/с.

ISDN – комутований доступ до цифрової телефонної мережі. Головна особливість використання ISDN - це висока швидкість передачі інформації, порівняно з Dial-Up доступом. Швидкість передачі даних складає 64 кбіт/с при використанні одного і 128 кбіт/с - при використанні двох каналів зв'язку.

Технології *xDSL* (ADSL, HDSL, VDSL, SDSL) – відмінна альтернатива Dial-Up. Ці технології використовуються для організації високошвидкісного доступу в Інтернет по телефонній лінії. Технології *xDSL* дозволяють одночасно передавати по телефонній лінії біти інформації та голос абонента. Принцип дії заснований на тому, що голос і інформація передаються на різних частотах.

Найчастіше провайдери пропонують технологію ADSL (асиметрична цифрова абонентська лінія). Асиметрична в даному випадку означає те, що швидкість отримання даних з Інтернету вище швидкості відправлення даних. Для більшості користувачів це дуже зручно,

тому що вхідний трафік, як правило, перевищує вихідний.

Максимально можлива швидкість передачі даних 24 Мбіт/с у бік абонента і до 3,5 Мбіт/с – від абонента. Реальна швидкість буде залежати від обраного тарифного плану, якості телефонної лінії, відстані від абонента до АТС, від завантаженості сервера, до якого звертаються.

Будинкові мережі покликані об'єднувати домашніх користувачів у локальну мережу на основі технології Ethernet, підключаючи всю мережу по виділеному високошвидкісного каналу до провайдера (наприклад, за допомогою *xDSL* модемів), що надає доступ в Інтернет. Таке рішення було виправдано з тієї причини, що, по-перше, вартість виділеного каналу була не по кишені окремо взятому користувачеві, по-друге, користувачі однієї мережі в цьому випадку можуть обмінюватися на високих швидкостях без виходу назовні (ігри, обмін файлами, чат), що здешевлює загальні витрати, і, по-третє, дозволяє завантажити зовнішній канал доступу в Інтернет. Локальні мережі зазвичай будуються на таких технологіях, як Ethernet, HPNA, Wi-Fi. Ці технології мають свої недоліки, пов'язані, насамперед, з їх низькою надійністю, а також з неможливістю працювати на відстанях, що перевищують декілька сот метрів (тут не розглядається побудова локальної мережі на оптиці). Якщо для першої з перерахованих технологій необхідне прокладання окремого кабелю, що іноді пов'язане з суто організаційними труднощами, а також з подальшою експлуатацією, то для останньої головною умовою є пряма видимість, а також залежність від атмосферних явищ. Але ці недоліки все ж таки окупаються великими швидкостями всередині мережі, а також невеликими матеріальними витратами.

Традиційний спосіб побудови будинкової мережі – це використання сімейства технологій Ethernet (FE, GE). Для

неї зазвичай використовується вита пара, яка заводиться в кожну квартиру, де є бажані підключитися до цієї мережі. Відповідно для підключення користувачеві необхідна мережна карта. Підключившись подібним чином, користувач отримує доступ до локальної мережі, зазвичай без урахування трафіка, а також при бажанні може отримати і вихід в інтернет, вхідний трафік якого йому необхідно оплачувати. Цей вид мережі дає явні переваги її користувачам: телефон не займається і використовується тільки для розмови, швидкість роботи всередині локальної мережі вимірюється сотнями мегабіт/с за секунду, а швидкість виходу назовні залежить від кількості користувачів, що одночасно працюють з інтернетом, і, звичайно ж, від того каналу, до якого підключена локальна мережа. Великим недоліком у даному випадку можна вважати один - прокладання додаткового кабелю, але існує спосіб, що дозволяє, залишивши всі переваги, позбутися його, і це й спосіб називається *HPNA*.

Існує кілька версій цієї технології – це *HPNA 1.0* (використовується топологія "зірка") і *HPNA 2.0* (використовується топологія "спільна шина"). Перша дозволяє передавати дані зі швидкістю до 1 Мбіт/с, а друга – до 10 Мбіт/с. Обладнання стандарту *HPNA 1.0* підключається паралельно телефонному апарату. Ця технологія розроблялася для роботи по звичайному телефонному проводу і абсолютно не впливає на телефонні переговори, а також не впливає на роботу *xDSL* пристроїв, оскільки смуга пропускання цієї технології розташовується між 5,5 і 9,5 МГц (для *HPNA 1.0*). Як і у випадку підключення до Інтернету по *xDSL* технології, користувач здатний використовувати незалежно телефонний апарат і послуги з передачі даних через будинкову мережу. Для *HPNA 2.0* смуга пропускання знаходиться між 2 і 30 МГц. Спосіб підключення по другому стандарту дещо відрізняється. Зазвичай по стояку

під'їзду знизу до верху простягається кабель, до якого і відбувається підключення бажаних приєднатися до будинкової мережі. У цьому випадку швидкість 10 Мбіт/с розподіляється на всіх підключених до "загальної шини". Сегмент під'їзду може бути підключений до конвертора *HPNA / Ethernet*, який вже і підключається до мережі передачі даних. Відстань, на якій здатні експлуатуватися пристрої, що працюють за даними технологіями, становить 150 і 350 м відповідно, однак можлива робота і на більш довгій лінії (до 1 км), але зі швидкістю в кілька разів менше. Це досягається шляхом адаптації приймача до різних рівнів перешкод, також залежно від характеристик лінії можлива зміна рівня сигналу. Узгодження між приймачем і передавачем відбувається постійно в процесі роботи, що дозволяє знизити вимоги до середовища передачі. У *HPNA 2.0* використовується також підстроювання оптимальної швидкості передачі даних залежно від характеристик кабелю, що змінюються в процесі роботи. Одночасно до однієї абонентської лінії може бути підключено до 32 комп'ютерів (*HPNA 2.0*).

Бездротові технології. Бездротові технології більш схильні до впливу зовнішніх перешкод, однак у багатьох випадках їх використання виправдане. Бездротове обладнання встановити набагато швидше, ніж прокласти кабель від провайдера до абонента. До того ж, якщо це велика відстань, кабель взагалі недоцільно тягнути. Додаткова перевага - мобільність. Бездротові технології не прив'язують до певного місця, обладнання можна легко демонтувати і встановити, де потрібно.

Радіоканал. Гідною альтернативою дротовим технологіям є *RadioEthernet* (радіоканал). Так само технологія *RadioEthernet* дозволяє об'єднати локальні мережі та окремі комп'ютери. Це дуже зручно для корпоративних клієнтів, коли потрібно зв'язати віддалені філії з

центральним офісом, а також такий варіант підходить для абонентів, згрупованих у місці відсутності телекомунікацій. Основні переваги такого способу - висока швидкість з'єднання та мобільність (обладнання можна демонтувати і встановити на новому місці). Є можливість IP-телефонії (при установленні спеціального адаптера). Пропускна спроможність радіоканалу дозволяє підключати до Інтернету великі локальні мережі. Для роботи радіоканалу необхідна пряма видимість між антенами абонентських точок (радіус дії до 30 км). Швидкість обміну інформацією може досягати 11 Мбіт/с (якщо говорити про найбільш поширений на сьогоднішній день стандарт 802.11b). Реальна швидкість може змінюватися залежно від обраного тарифного плану, відстані до базової станції, довжини і типу пакетів даних, наявності перешкод, конкретного устаткування і погодних умов.

Wi-Fi. Технологія Wi-Fi використовується для організації точки бездротового доступу невеликого радіуса (радіус дії Wi-Fi варіюється від 50 до 70 метрів) або зорганізується покриття території за допомогою декількох точок доступу. Наприклад, якщо ноутбук, КПК або смартфон оснащений обладнанням Wi-Fi, можливе підключення до Інтернету без проводів через наявні точки доступу. Максимальна швидкість передачі даних – 54 Мбіт/с (802.11g). Фактична середня швидкість залежить від вибраного тарифного плану, відстані до базової станції, довжини і типу пакетів даних, наявності перешкод, від продуктивності та ефективності використовуваного обладнання.

WiMAX, аналогічно Wi-Fi, – технологія широкосмугового доступу до Інтернету. WiMAX, на відміну від традиційних технологій радіодоступу, працює і на відбитому сигналі, поза прямою видимістю базової станції. Мобільні мережі WiMAX відкривають набагато цікавіші перспективи для користувачів, ніж фіксований WiMAX,

призначений для корпоративних замовників. Інформацію можна передавати на відстані до 50 км зі швидкістю до 70 Мбіт/с. У наш час WiMAX частково задовольняє умови мереж 4G, заснованих на пакетних протоколах передачі даних. До родини 4G відносять технології, які дозволяють передавати дані в стільникових мережах зі швидкістю вище 100 Мбіт/с і підвищеною якістю голосового зв'язку. Для передачі голосу в 4G передбачена технологія VoIP.

Інтернет від операторів GSM. Технологія пакетної передачі даних. При використанні GPRS оператори використовують канали, тимчасово вільні від передачі мовних повідомлень. Але оператори GSM-мереж все ж таки орієнтовані на надання послуг голосового зв'язку. Тарифікується об'єм отриманої або переданої інформації. При цьому є великою зона покриття, можливість уникнути покупки дорогого устаткування (використовується телефон стандарту GSM в якості модема), оплата проводиться за об'єм завантаженої інформації, є простим налаштування, недорогим або зовсім безкоштовним підключення, зручним у поїздках.

Максимальна швидкість передачі даних – 171,2 кбіт/с. Реальна швидкість роботи залежить від завантаженості мережі.

Наступне покоління стільникових мереж – 3G – дозволяє передавати інформацію з величезною швидкістю до 2 Мбіт/с (для абонентів, що знаходяться в приміщенні), а це вже відео в реальному часі. Для деяких країн, зокрема Японії, це вже вчорашній день, оскільки на черзі вже є стандарти 4G, розроблення якого ведуться з 1998 року. Максимальна швидкість, яку вдалося досягти, використовуючи мережу 4G, склала 1 Гбіт/с.

EDGE, маючи більш досконалий метод модуляції, забезпечує збільшення пропускної спроможності. Максимальна швидкість передачі даних – до 475 кбіт/с. Реальна швидкість роботи залежить від завантаженості мережі.

CDMA. Мережа стандарту CDMA – це стаціонарний і мобільний зв'язок, а також швидкісний мобільний інтернет. Для користування послугою "Мобільний Інтернет" за допомогою технології CDMA необхідно мати телефон з вбудованим CDMA-модемом або CDMA-модем і комп'ютер. Технологія CDMA забезпечує швидкість передачі даних до 153 кбіт/с або до 2400 кбіт/с – за технологією EV-DO Revision 0. На сьогодні технологія CDMA надає послуги мобільного зв'язку третього покоління. Технології мобільного зв'язку 3G (third generation – третє покоління) – набір послуг, який як забезпечує високошвидкісний мобільний доступ до мережі Інтернет, так і організовує відеотелефонний зв'язок і мобільне телебачення. Мобільний зв'язок третього покоління будується на основі пакетної передачі даних. Мережі третього покоління 3G працюють у діапазоні близько 2 ГГц, передаючи дані зі швидкістю до 14 Мбіт/с. Мережі третього покоління 3G реалізовані на різних технологіях, заснованих на таких стандартах: W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) і його європейському варіанті – UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), який є приймачем GSM / GPRS / EDGE; CDMA2000 1X, що є модифікацією стандарту CDMA; китайський варіант – TD-CDMA/TD-SCDMA.

Супутниковий Інтернет – ідеальне рішення для мешканців передмість і сільської місцевості. Індустріальні перешкоди там вкрай рідкісні, що дозволяє організувати якісне приймання. Супутниковий Інтернет можна використовувати в будь-якому віддаленому від цивілізації об'єкті. Максимальна швидкість приймання даних до 52,5 Мбіт/с (реальна середня швидкість до 3 Мбіт/с). Орбітальний супутник допоможе підключити до Інтернету територіально віддалені області двома варіантами взаємодії: симетричним і асиметричним.

При *симетричному* варіанті доступу до Інтернету приймально-передавальна супутникова антена забезпечує приймання і передачу даних. Цей спосіб підходить споживачам великого обсягу трафіка. Швидкість передачі даних – до 16 Мбіт/с. *Асиметричний* варіант підключення здатний забезпечити достатньо високу швидкість приймання інформації, але відправляти дані необхідно по будь-якій іншій лінії. Іншими словами для відправлення даних використовується наявне повільне з'єднання (наприклад Dial-up або GPRS), а отримуються дані через супутник. Основна вимога для приймання сигналу з супутника при такому підключенні – наявність супутникової антени і DVB-карти. Швидкість приймання даних – від 128 кбіт/с до 16 Мбіт/с.

Фактична швидкість буде залежати від тарифного плану, навантаження на супутникову мережу, метеорологічних умов.

Ефірний інтернет. Аналогічно до доступу в Інтернет через супутник існує і стандарт для телебачення (DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestrial)). Це стало можливим завдяки появі цифрового телебачення. Використовуючи стандарт DVB-T, можливо здійснювати одночасне приймання телевізійних програм і даних в умовах багатопроменевого приймання. Передача сигналу йде з використанням модуляції OFDM. Крім того, забезпечується захищеність переданої інформації, а також можливість вибору швидкості приймання. Максимально вона може скласти 31 Мбіт/с для повного потоку, а реально для одного користувача встановлюється від 128 кбіт/с до 1,5 Мбіт/с, залежно від тарифу. Зворотний канал може організовуватися за допомогою будь-якого іншого виду доступу, наприклад, звичайного модема або GPRS. У разі використання останнього користувач отримує мобільність і може використовувати підключення до інтернету, наприклад, на дачі або навіть у

машині, що рухається, оскільки з обладнання необхідні лише звичайна дециметровая телевізійна антена і DVB-T плата.

Мережі кабельного телебачення.

Існує ще один спосіб підключення до мережі Інтернет – використання для передачі даних мережі кабельного телебачення (КТБ). Організація його може здійснюватися двома способами. Перший найбільш простий у реалізації, дуже схожий на доступ з використанням супутника, тобто користувач здійснює дзвінок по комутованій мережі на модемний пул провайдера, що надає доступ до подібної послуги і надалі запити посилаються по комутованій мережі, а відповіді на них йдуть по мережі КТБ зі швидкістю до 56 Мбіт/с на кабельний модем користувача. Другий спосіб передбачає двосторонню роботу по телевізійній мережі за допомогою кабельного модема. У цьому випадку вихідна швидкість зростає багаторазово до 36 Мбіт/с, а телефон залишається вільним.

Доступ в Інтернет через електричну проводку. У 2001 році з'явився перший стандарт HomePlug 1.0, що дозволяє використовувати електромережу в якості локальної та підключати до неї різні пристрої. Робота в цій мережі могла здійснюватися на швидкості до 14 Мбіт/с, а через спеціальні шлюзи мати можливість виходу в Інтернет, ТмЗК.

У якості стандарту для високошвидкісної передачі даних для HomePlug 1.0 був використаний метод Power Packet фірми Intellon, який базується на модифікованому методі модуляції OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) – ортогональне частотне розділення каналів з одночасною передачею сигналів на різних несучих.

Для боротьби з міжсимвольною інтерференцією, яка має місце при зміні середовища передачі (наприклад, при вмиканні якого-небудь пристрою (лампочки або іншого) змінюється її

структура не тільки у квартирі, але й у сусідів, оскільки вони також підключені до фази) було вирішено збільшити довжину посилки виклику і ввести додаткову мікросекундну преамбулу, а також постійно відстежувати стан середовища перед безпосередньою передачею інформації.

У якості методу доступу в канал використовується множинний доступ з контролем несучої/запобіганням колізій CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance), оскільки при підключенні до мережі комп'ютерів (використовується технологія "загальна шина") необхідно вирішити питання розділення середовища передачі.

Ця технологія відома досить давно і активно впроваджувалася в Європі. У деяких країнах Західної Європи (Німеччина, Австрія, Іспанія) ця технологія практично витиснула всі інші способи побудови локальних мереж, а разом з ними і виходу в Інтернет. І це було виправдано, оскільки на відміну від перерахованих вище рішень, абсолютно немає ніякої необхідності прокладати додаткові комунікації. Крім надання доступу в Інтернет користувач подібної послуги при бажанні міг підключитися до місцевої будинкової мережі або ж до ТмЗК. І все це через електропроводку. Користувачу лише потрібно придбати невеликий пристрій, який стане сполучною ланкою комп'ютера і телефона з Інтернетом і ТмЗК. Дані по мережі йдуть по протоколу TCP/IP, відповідно для передачі голосу використовується технологія VoIP, швидкість кодування якого зазвичай у подібних мережах становить 32 кбіт/с. А швидкість передачі по подібній мережі може досягати швидкості 14 Мбіт/с на відстань до 200 м. Ще одне обмеження, що накладається на організацію мережі, пов'язано з тим, що подібні пристрої повинні підключатися лише до однакових фаз, оскільки трансформатори на підстанціях не пропускають

високочастотних сигналів. З цієї причини необхідно вставити додаткові пристрої переходу між фазами, але це вже питання оператора, що надає подібний сервіс. Така ситуація типова не тільки для сусідніх будинків, але навіть і для окремих під'їздів, у яких на квартири заведені різні фази.

Слідом за HomePlug 1.0 був затверджений новий стандарт – HomePlug AV (завершено розроблення в жовтні 2004 року, а прийнято 18 серпня 2005 року), що дозволяє передавати по тій же електропроводці змішаний вид даних: голос, відео, відео з високою чіткістю (HDTV) (кілька потоків), дані зі швидкістю до 200 Мбіт/с (рис. 2). Подібне забезпечує служба якості обслуговування (QoS (Quality of Service)). Щоб зуміти передати

дані на такій швидкості по електромережі, був змінений частотний діапазон, який виріс і знаходиться в межах від 2 до 28 МГц. Для підвищення безпеки передачі даних був змінений стандарт з DES до AES, а також збільшена довжина ключа з 56 до 128 біт. Але новий стандарт забезпечує сумісність з кінцевими пристроями стандарту HomePlug 1.0. HomePlug AV використовує модуляцію OFDM з розширеним FEC (Forward Error Control), дозволяє оцінювати канал і адаптуватися до нього. Як і в попередній специфікації, у якості методу доступу обраний множинний доступ з контролем несучої CSMA. Новий стандарт також підтримує TDMA і FDMA з метою співіснування з Broadband Over Powerline (BPL).

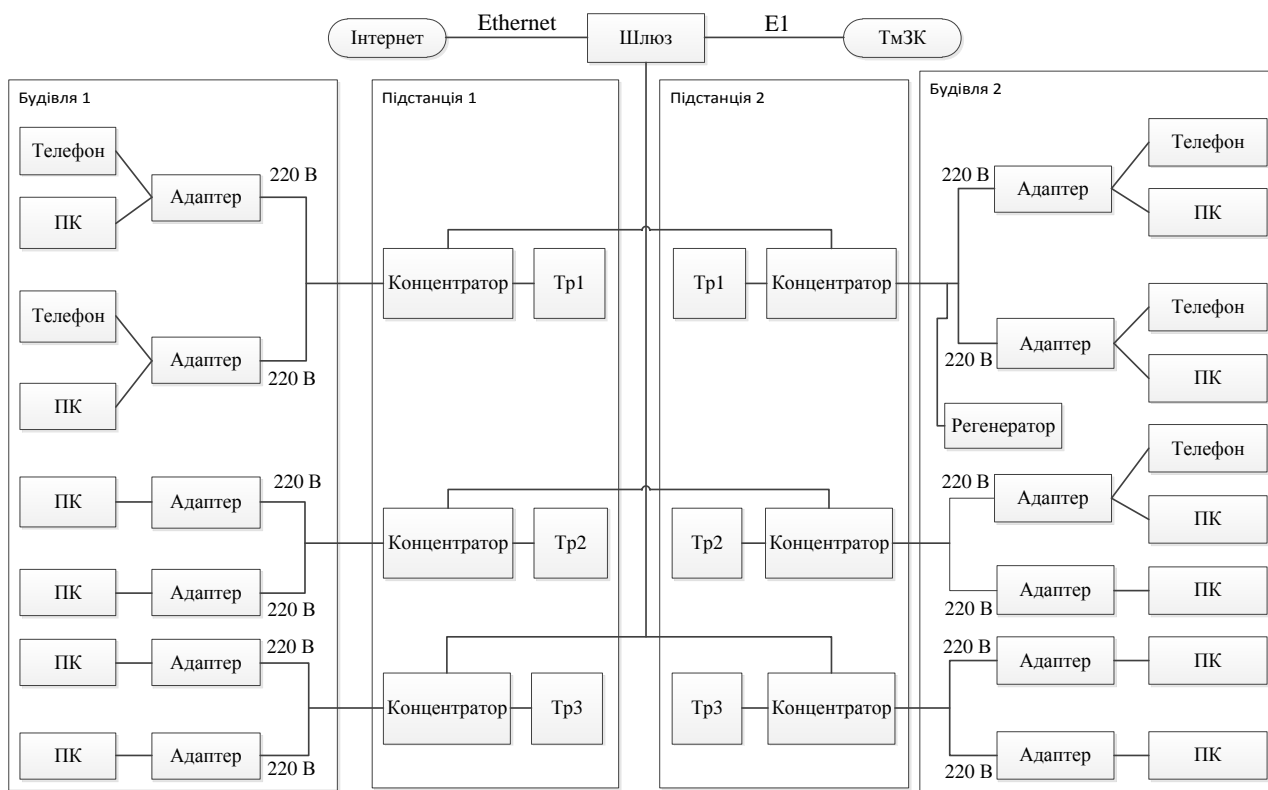


Рис. 2. Доступ до Інтернету через електромережу

Таким чином, вибір способу доступу до глобальної мережі залежить від вимог користувача до мережі щодо швидкості передачі даних, якості обслуговування та

вартості вкладень. Порівняння всіх перерахованих видів доступу до Інтернет наведено у вигляді таблиці.

Характеристики технологій доступу до Інтернету

Вид доступу	Швидкість до абонента	Відстань	Наявність телефону/його зайнятість під час роботи з Інтернетом
Dial-Up	До 56 Кбіт/с	Необмежена	Так/Так
ISDN	До 64 Кбіт/с	Необмежена	Так/Так
GPRS	До 170 Кбіт/с	Необмежена	Так/Так
xDSL(ADSL)	До 24 Мбіт/с	До 1500 м	Так/Ні
Супутниковий доступ	До 2 Мбіт/с	Необмежена	Так/Так
Ефірний інтернет	До 1,5 Мбіт/с	До 50 км	Так/Так
Wi-Fi	До 22 Мбіт/с	100 – 1000 м	Ні/Ні
HPNA 1.0	До 1 Мбіт/с	До 150 м	Так/Ні
HPNA 2.0	До 10 Мбіт/с	До 350 м	Ні/Ні
Доступ по електромережі	До 14 Мбіт/с	До 200 м	Ні/Ні
Ethernet	До 100 Мбіт/с	До 200 м	Ні/Ні
Радіоканал	До 11 Мбіт/с	До 30 км	Ні/Ні
WiMAX	До 70 Мбіт/с	До 50 км	Ні/Ні
EDGE	До 475 Кбіт/с	Необмежена	Так/Так
КТБ	До 56 Мбіт/с	Міська мережа	Ні/Ні

Список літератури

1. Олифер, В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы [Текст]: учеб. для вузов / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. 3-е изд. - СПб.: Питер, 2006. – 943 с.
2. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение [Текст]: пер. с англ. / Б.Скляр. – 2-е изд., испр. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
3. Беллами, Дж. Цифровая телефония [Текст] / Дж. Беллами; пер. с англ., ред. А.Н. Берлина, Ю.Н. Чернышова. – М.: Эко-Трендз, 2004. – 640 с.
4. Фокин, В.Г. Оптические системы передачи и транспортне сети [Текст]: учеб. пособие / В.Г. Фокин. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 284 с.
5. Кунегин, С.В. Системы передачи информации. Курс лекций [Электронный ресурс] / С.В. Кунегин. – Режим доступа: http://kunegin.narod.ru/ref/sod_lec.htm. - Загл. с экрана. (Дата обращения: 24.10.2011).

Ключові слова: доступ до Інтернету, комутований доступ, бездротові технології, швидкість доступу, швидкість передачі даних, цифрова мережа, будинкова мережа.

Анотації

Розглянуто різні способи з'єднання з мережею Інтернет. Наведено основні характеристики існуючих технологій за вказаними критеріями: швидкість передачі даних, відстань, можливість телефонного трафіка та інші.

Рассмотрены различные способы соединения с сетью Интернет. Приведены основные характеристики существующих технологий по указанным критериям: скорость передачи данных, расстояние, возможность телефонного трафика и другие.

The different ways to connect to the Internet. The basic characteristics of existing technologies for your criteria: data rate, distance telephone traffic and the possibility of others.