

О.В. Тимченко, І.В. Горбатий
 Національний університет "Львівська політехніка",
 кафедра "Телекомунікації"

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ПО ТЕЛЕФОННИХ КАНАЛАХ ЗВ'ЯЗКУ

© Тимченко О.В., Горбатий І.В., 2002

Описано основні методи і принципи підвищення швидкості передачі інформації через телефонні канали. Розглянуто можливість створення багатоканальних модемів провайдера та абонента для передачі інформації одночасно по n телефонних комутованих каналах. Показано необхідність створення спеціального програмного забезпечення для використання n стандартних телефонних каналів зі стандартними модемами для збільшення швидкості в n разів. Доведено економічну доцільність застосування цих методів.

The main methods and principles of raising an information rate send through telephone channels are described. The possibility of making many-server modems provider and abonent is considered with a purpose to transmit information on n telephone commuting channels simultaneously. The need of making special software is shown for using n standard telephone channels with standard modems for increasing a velocity in n times. The economic practicability of these methods using is proved.

Поштовхом для бурхливого розвитку комп'ютерних мереж для потреб великих державних організацій, комерційних підприємств та приватних осіб стало створення всесвітньої мережі Інтернет. Сьогодні для організації комп'ютерних мереж використовують радіолінії, оптоволоконні, коаксіальні та мідні кабелі [1].

Найпоширенішим способом під'єднання до мережі Інтернет та при створенні локальних мереж є застосування телефонних мідних кабелів. Основними перевагами при їх використанні є порівняна дешевизна прокладання та простота підключення, наявність великої кількості існуючих телефонних кабельних ліній, які можна застосувати для потреб комп'ютерних мереж. Саме тому 90% користувачів Інтернету в США, згідно з проведеними дослідженням [2], підключені саме через телефонні лінії. Подібна ситуація склалася і в Україні. Телефонні мідні кабелі використовують як для підключення віддалених корпусів при створенні локальних комп'ютерних мереж організацій, так і для доступу до мережі Internet з приміщень, де застосування інших методів підключення економічно не вигідне (наприклад, у житлових будинках).

Пристроями, які забезпечують зв'язок комп'ютера з мережею організації чи безпосередньо з мережею Інтернет, є модеми на обох кінцях телефонної лінії. Застосовують такі основні типи модемів:

- модеми, які працюють на виділених телефонних лініях (некомутована лінія, фізична лінія, безпосередній зв'язок);
- модеми, які працюють на комутованих телефонних лініях (за дозволом).

Перший тип модемів використовують, як правило, для під'єднання організацій з невеликою кількістю комп'ютерів. Складність передачі інформації через виділені телефонні

лінії полягає у низькій завадостійкості телефонних кабелів. Такі кабелі зазнають впливу електромагнітного випромінювання високочастотних та силових енергетичних кабелів. Існує проблема замокання у телефонних колодязях, що призводить до погіршення їх діелектричних (а значить і високочастотних) властивостей. Саме високочастотні властивості є визначальними в процесі високошвидкісної передачі інформації.

Модеми для виділених телефонних ліній для своєї роботи вимагають [3] широкої смуги пропускання (не менше 80 кГц), використовують увесь або частину допустимого телефонною лінією спектра частот (baseband). Вони можуть працювати в синхронному або асинхронному режимах. Певна частина таких пристроїв володіє функціями ехо-компенсації і вирівнювання сигналу в лінії, що забезпечує дуплексний режим роботи і збільшення дальності дії. У модемах, які для роботи використовують не дві, а одну телефонну пару проводів, частина смуги пропускання лінії застовується для передачі, а інша – для приймання даних.

Модеми для комутованих телефонних ліній мають складніші алгоритми роботи, оскільки вони повинні взаємодіяти з апаратурою автоматичних телефонних станцій (АТС). Крім того, обладнання АТС звужує ширину смуги пропускання лінії зв'язку до величини $F = 3,1$ кГц, що обмежує потенційну швидкодію каналу. Згідно з теоремою Шеннона [4] можливо досягнути швидкості передачі інформації в телефонному каналі зв'язку (біт/с):

$$C = F \log_2(1 + S/N), \quad (1)$$

де C – швидкість передачі інформації, біт/с; F – ширина смуги пропускання лінії, Гц; S/N – відношення середньої потужності сигналу до середньої потужності шуму, разів. Оскільки для звичайних телефонних ліній таке відношення не перевищує 30–35 дБ (тобто 31,62 рази), то одержимо, що по стандартному аналоговому телефонному каналу можливо передавати дані зі швидкістю лише до 36 кбіт/с.

Враховувати необхідно такі види шумів у телефонних каналах зв'язку [5]:

- шуми внаслідок перехідних завад від сусідніх пар багатопарного абонентського кабелю;
- шуми внаслідок частотних спотворень, які вносяться вхідним фільтром абонентського модема та кабелем у спектр прийнятого сигналу;
- шуми внаслідок неідеальності роботи компенсатора ехо-сигналу всередині абонентського модема;
- шуми квантування АЦП модема приймача і АЦП АТС абонента або АЦП ІКМ каналу;
- випадкові шуми та завади від потужних передавальних пристроїв, промислового обладнання та електричних кабелів і електрообладнання.

Вихідна потужність модему регламентується міжнародними організаціями. Отже, досягти вищих швидкостей передачі даних при використанні модемів для комутованих ліній можна застосуванням таких методів передачі інформації, при яких поліпшиться співвідношення сигнал/шум.

Низька надійність роботи апаратури АТС призводить до значно більших труднощів у передачі інформації через комутовані лінії порівняно з некомутованими. Тут дуже гостро стоять питання розробки нових адаптивних алгоритмів роботи модемів, які б змогли ефективно боротись з ненадійністю роботи апаратури АТС та низькою якістю телефонних

ліній (особливо старих). Залишаються актуальними питання адаптивної ехокомпенсації відбитого від кінця лінії сигналу та вирівнювання сигналу в лінії.

Незважаючи на ці проблеми, більшість користувачів для доступу до мережі Інтернет використовують звичайні телефонні лінії з аналоговими модемами на обох кінцях. Передавання інформації при цьому регламентується стандартом V.34+ або його попередніми версіями. Цифрові інформаційні сигнали, які надходять від провайдера, перетворюють у відповідні аналогові сигнали за допомогою цифро-аналогового перетворювача (ЦАП) у модемі провайдера і через телефонну лінію передають на районну АТС провайдера (рис. 1).

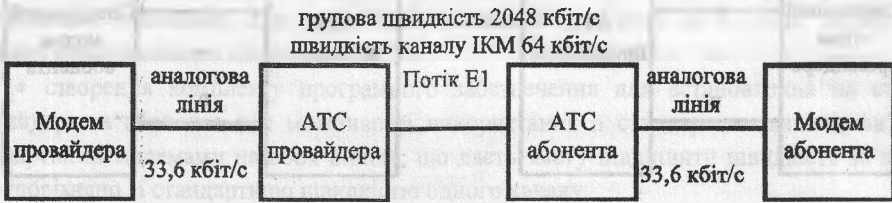


Рис. 1. Передавання інформації між провайдером і абонентом при використанні стандарту V.34+

За допомогою АЦП цієї АТС (якщо вона цифрова) або АЦП ІКМ каналу системи часового розділення каналів (ЧРК), яка забезпечує зв'язок цієї АТС з АТС абонента, цей сигнал перетворюють у цифровий вигляд і передають в послідовному коді разом з цифровими сигналами інших ІКМ-каналів системи ЧРК на АТС абонента у вигляді стандартного групового потоку Е1 зі швидкістю 2048 кбіт/с. При демультиплексуванні цього групового потоку виділяють потрібний ІКМ-канал з цифровим сигналом від модема провайдера. За допомогою ЦАП і згладжувального фільтра цього каналу або ЦАП АТС абонента (якщо вона цифрова) сигнал набирає знову аналогову форму. Цей сигнал передають по телефонній лінії на вхід модема абонента і за допомогою вбудованого в цей модем АЦП знову перетворюють у цифровий вигляд. Сигнал з модема через послідовний порт RS-232 потрапляє в комп'ютер абонента.

У зворотному напрямку діє симетричний алгоритм перетворень.

Передавання значно ускладнюється, якщо канал зв'язку між АТС провайдера і АТС абонента містить не лише цифрові, але й аналогові ділянки.

Для збільшення швидкості передачі інформації через комутовані телефонні канали зв'язку, на нашу думку, доцільно використати одночасно декілька таких каналів. З економічного погляду це найвигідніше малим підприємствам або приватним особам, які вже мають декілька телефонних ліній, які можна застосовувати як для телефонних переговорів, факсимільного зв'язку, так і для доступу до Інтернету. Немає необхідності витрачати додаткові кошти на проведення виділеної телефонної лінії до провайдера Інтернету та купувати дорогі модеми для такої лінії. Крім того, прокладання такої лінії не завжди можливе через велику відстань між абонентом та провайдером або якщо відсутня необхідна телекомунікаційна інфраструктура.

Розглянемо детальніше можливість використання декількох каналів для підвищення швидкості передачі інформації.

Перший варіант передбачає створення спеціальних багатоканальних модемів провайдера та абонента. Передавання інформації між провайдером та абонентом показано на рис. 2.

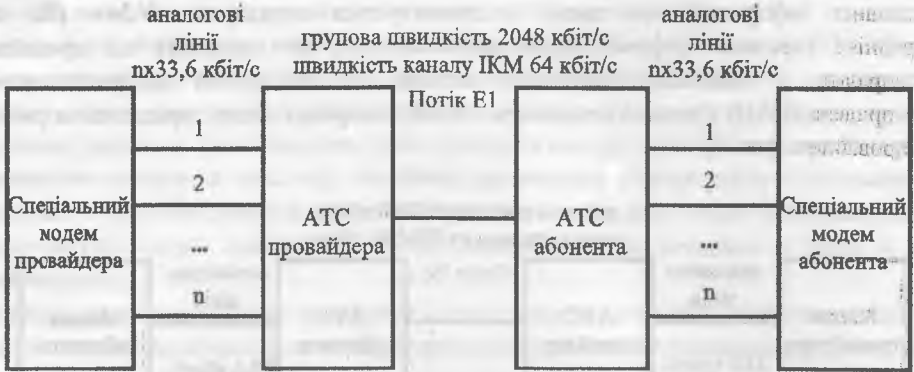


Рис. 2. Передавання інформації між провайдером і абонентом при використанні n каналів зв'язку та спеціальних багатоканальних модемів

При реалізації другого варіанта необхідно створити програмне забезпечення для встановлення на сторонах провайдера і абонента, яке забезпечить маршрутизацію потоків інформації при використанні n стандартних каналів зв'язку. Передавання сигналів між провайдером і абонентом показано на рис. 3.



Рис. 3. Передавання сигналів між провайдером і абонентом при використанні n каналів зв'язку зі стандартними модемами та спеціального програмного забезпечення

У обох варіантах необхідно передбачити заходи для забезпечення адаптивного перенаправлення інформації з каналів, які вийшли з ладу, на справні канали. Необхідно наголосити на тому, що використання перерахованих методів підвищення пропускної

здатності каналів зв'язку придатні не лише при застосуванні протоколу V.34+, але й інших протоколів зв'язку через телефонні лінії (зокрема k56flex, V.90 та V.92).

Тому для підвищення пропускної здатності та надійності роботи телефонних каналів зв'язку необхідно забезпечити:

- розробку нових адаптивних алгоритмів роботи модемів, які б змогли ефективно боротись з ненадійністю роботи апаратури АТС (особливо старих) та низькою якістю телефонних ліній;
- створення удосконалених апаратних та програмних засобів поліпшення ехо-компенсації;
- створення спеціальних модемів провайдера і абонента, які можуть працювати з n телефонними каналами, для підвищення швидкості зв'язку в n разів порівняно зі стандартною швидкістю одного каналу;
- створення комплекту програмного забезпечення для встановлення на сторонах провайдера та абонента для можливості використання n стандартних каналів зв'язку зі стандартними модемами на обох кінцях, що дасть змогу підвищити швидкість зв'язку в n разів порівняно зі стандартною швидкістю одного каналу;
- розробку методики атестації лінії зв'язку, яка за допомогою вимірних характеристик та параметрів лінії дасть змогу провести теоретичний розрахунок якості та швидкості зв'язку і вибрати найоптимальніший протокол передачі і тип модемів.

1. Тимченко О.В., Горбатий І.В. *Методи підвищення пропускної здатності каналів зв'язку комп'ютерних мереж*. // *Моделювання та інформаційні технології*. Збірник наукових праць. ІПМЕ НАН України. Вип. 9. Київ – 2001. 2. Гришин А. *Модемная технология K56flex*. // *Сети* №01/1998. <http://osp.alkar.net/nets/1998/01/86.htm> 3. Евдокименко Е. *Обзор российского рынка модемов для физических линий*. // *Сети* №07/1997. <http://osp.alkar.net/nets/1997/07/55.htm> 4. Лагутенко О.М. *Модемы. Справочник пользователя* – Спб. 1997. 5. Минкин Э.Б. *Модемные 56 кбит технологии. Что это такое (X2, 56flex, V.90)*. // <http://tech.stolica.ru/modem/56k.htm>