

Є.О. Рудич

А.А. Пакула

А.С. Васюра

ДОСЛІДЖЕННЯ ГРАНИЧНОЇ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі проаналізована історія розвитку систем передачі інформації лінійними мережами, досліджені фактори обмеження швидкості передачі інформації та фізичні закономірності, що накладають обмеження.

Ключові слова: дротові мережі, швидкість передачі інформації, оптоволоконні лінії, мідний провід, оптоволокно.

Abstract

The development of the speed of information transmission by wired networks is considered, the theoretical limitations of the speed value for fiber-optic wires are investigated, and what physical laws impose these restrictions.

Keywords: wired networks, transmission speed, fiber optic wire, copper wire, fiber.

Вступ

У порівнянні з минулими десятиріччями, на даному етапі розвитку систем передачі інформації, людину цілком задовольняє досягнутий рівень швидкості передачі інформації при користування у побуті, але прогрес на цьому не зупиняється. Метою роботи є дослідження теоретичного обмеження граничної швидкості передачі інформації.

Відомості

Найшвидшою лінією передачі інформації вважається 11-ти кілометрова оптоволоконна лінія в одному японському дослідницькому центрі. У 2017-му році вченим вдалося досягнути швидкості 10,16 Петабіт/с (10 160 000 Гбіт/с). Такий обсяг інформації передається через оптоволокно товщиною з людську волосину, проте, це лише лабораторний дослід. На практиці, найбільш високошвидкісною лінією вважається трансатлантичний кабель MAREA, в якому міститься 16 волокон, які забезпечують загальну швидкість 200 Тбіт/с на відстань 6600 км. Зрозуміло, що чим більша відстань від передавач до отримувача інформації, тим складніше здійснювати її передачу. Рекордсмен у передачі інформації на відстань – Voyager 1, відстань до якого понад 21 700 000 000 км, (що в 4 разів більше ніж відстань від Землі до Сонця), і сигнал надходить приблизно за 20 годин, тобто, швидкість не більше 2,8 кбіт/с. Для користування у побуті достатніми є швидкості від 100 до 500 Мбіт/с.

Результати дослідження

Для дослідження питання про можливості підвищення швидкості передачі інформації, наприклад, у світовій мережі Internet, необхідно розглянути можливі теоретичні способи її збільшення.

Визначено три головних способи підвищення швидкості передачі інформації:

1) збільшенням тактової частоти або зменшенням тривалості кожного такту (тобто, за один проміжок часу буде передано більшу кількість тактів, а відповідно, і більше інформації);

2) збільшенням кількості рівнів сигналу або зміною фізичного кодування сигналу (тобто, за один такт передавати не 1 біт, а більше);

3) збільшенням кількості каналів передачі даних або мультиплексуванням.

Розглянемо ситуації, що можуть виникнути в лінійних каналах при зміні кожного з наведених параметрів. Почнемо з мідних кабелів.

При збільшенні тактової частоти, тобто збільшенні частоти змінного струму в лінії, неминуче зростають втрати на виділення тепла, випромінювання тощо, що відповідно призводить до суттєвого згасання сигналу на відстанях. Наприклад, для кабелю сьомої категорії (вита пара) потужність сигналу на частоті 100 МГц та відстані 100 м зменшується в 70 разів, а на частоті 600 МГц - в 50 000 разів. Отже, при збільшенні частоти все складніше виділяти корисний сигнал на фоні шумів.

При збільшенні кількості рівнів сигналу, досить складно виділити корисний сигнал через те, що при отриманні сигналу він вже є значно спотвореним завадами та шумами. Отже, чим більше рівнів сигналу, тим складніше його відновлення. Наприклад, специфікація Ethernet 10GBASE-T використовує 16 рівнів і для надійного відновлення сигналу застосовує максимально захищені від перешкод, екрановані лінії. А це досить дорога та складна технологія.

При збільшенні кількості каналів зростають і складнощі. Стандартні кабелі складаються з 4-х витих пар, по кожній з яких передається сигнал. Використання кабелів із більшим числом пар, враховуючи світові тенденції по зменшенню розмірів пристроїв, є не ефективним і не естетичним.

Отже, на даний момент, людство підійшло до граничних можливостей у використанні мідних проводів. З використанням таких типів кабелів можна отримати швидкість передачі інформації 10Гбіт/с на відстані 100 м і навіть 100Гбіт/с - на відстані 10м.

Більшу швидкість може забезпечити лише оптоволокно.

В оптоволоконних кабелях використовується принцип повного внутрішнього відбиття (рисунок 1). Без заглиблення в оптичну фізику можна визнати що, за певних обставин, при пропусканні лазерного променя крізь оптоволокно досягається ефект повного внутрішнього відбиття світла від поверхні скляної жили. Тобто, наразі, скло є практично «ідеальним» дзеркалом. У найкращих категоріях оптоволоконного кабелю сигнал затухає на 5-10% на відстані в 1 км (оптоволоконний кабель OS2 – затухання 0,4 дБ на 1км), у порівнянні з мідними кабелями такі втрати є непомітними.



Рисунок 1 — Повне внутрішнє відображення у склі

Разом з тим, в оптоволоконних кабелях також мають місце певні обмеження щодо граничної швидкості. Одна з найсуттєвіших причин полягає у тому, що різні частини світлового імпульсу можуть відбиватись під різними кутами і мати різну кількість відбиття від поверхні, а відповідно, пройти різну відстань та досягнути кінцевої цілі неодноразом. В результаті, імпульс на виході наче «розпливається» в порівнянні з вхідним, а сусідні сигнали можуть перекривати один одного. Таке явище називається міжмодовою дисперсією, саме через неї тактова частота кабелю обмежується значеннями у декілька тисяч МГц (наприклад, оптоволоконний кабель OM5: 4700МГц/с на відстані 1км, та 100ГБіт/с на -150м).

Розрізняють одномодові та багатомодові оптичні волокна (рисунок 2).

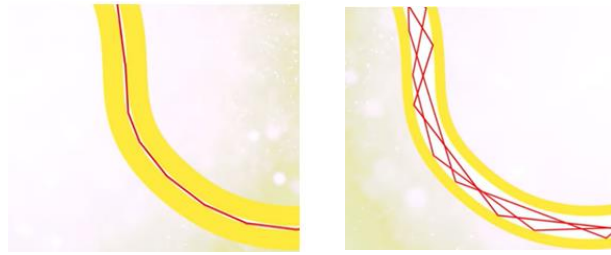


Рисунок 2 — одномодове та багатомодове волокно.

Одномодові кабелі значно тонші, і світло в них іде одним шляхом, тому ефекту розмиття імпульсів немає, відповідно, частота проходження сигналів та швидкість передачі інформації можуть досягати величезних значень.

Цікаво що, чим тонше оптоволокно, тим більша швидкість проходження сигналів, тим більше інформації воно пропускає.

Проте, вартість обладнання для такого оптоволокна надто велика. Тому, одномодові кабелі використовуються лише на магістральних каналах зв'язку.

На сьогодні створені вже зразки волокна, які досягли певного обмеження - так званої межі Шеннона, яка визначає теоретичну максимальну пропускну здатність каналу при заданій потужності джерела та шумів. Для оптоволокна це значення складає приблизно 1Тбіт/с.

Для подолання такого бар'єру пропонується наступне рішення (Рисунок 3). В оптоволоконні кабелі посилають промені з різними довжинами хвиль. Такі промені практично ніяк не заважають один одному на шляху передачі інформації. На одне оптоволокно можна виділяти декілька сотень довжин хвиль, кожна з яких є окремим каналом передачі даних.

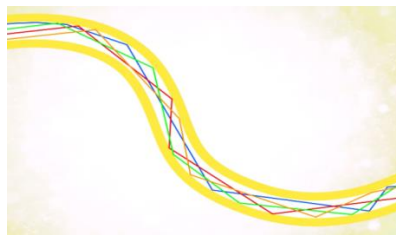


Рисунок 3 — волокно з різними довжинами хвиль.

Збільшити швидкість передачі інформації можна, якщо в одну оптоволоконну лінію вкласти кілька десятків волокон із використанням дії різних поляризаторів, дії різних мод. За таких обставин, швидкість може зростати навіть у геометричній прогресії. Проте, все ж таки, певні обмеження є. Наприклад, чим більше променів з різними довжинами хвиль, тим менший інтервал між ними, а відповідно, у певний момент вони почнуть перекривати один одного.

Висновки

Межі допустимої швидкості передачі інформації поки ще не досягнуті, а коли і будуть визначені на практиці, то будуть сягати значення понад 10^{10} біт/с. Такого рівня буде достатньо, аби об'єднати каналами зв'язку всі обчислювальні пристрої Землі в єдину гігантську систему та передавати інформацію з такою миттєвою швидкістю, наче це цілісний пристрій, що пришвидшить темп прогресу людства у кілька разів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Швидкість передачі [Електронний ресурс]: [Веб-сайт] – Електронні дані. — Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=MTzcWdVmRKw>

Рудич Єлизавета Олександрівна — студентка групи 1АКІТ-176, факультет комп'ютерних систем і автоматики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: liza79682@gmail.com

Пакула Антон Артурович — студент групи 1АКІТ-176, факультет комп'ютерних систем і автоматики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: anton.pakula.2000@gmail.com

Васюра Анатолій Степанович — професор кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. e-mail: vasanat@i.ua

Rudych Elizabeth O. — student of group 1AKIT-17b, faculty of computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Pakula Anton A. — student of group 1AKIT-17b, faculty of computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Vasyura Anatoly S. — Professor, academician of Ukrainian Technological Academy, Professor of automation and intelligent information technologies department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vasanat@i.ua.