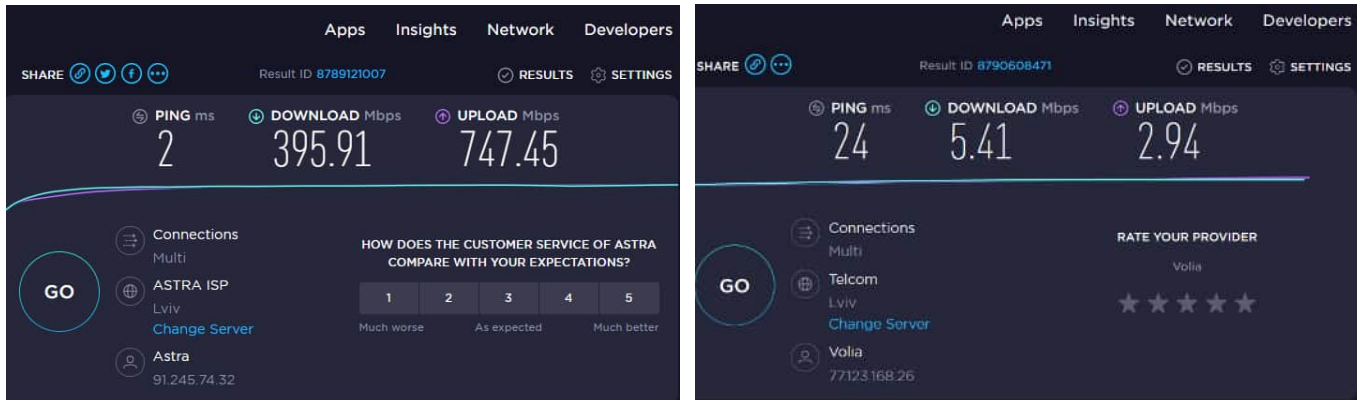


Швидкодія Інтернету: трохи теорії та техніки, а також реалії Львова, України та світу

Хто з нас ніколи не нарікав на повільне завантаження Інтернет-сторінки? Я розчаровувався не раз. А тому, коли одного разу колега з усмішкою протестував переді мною свій Інтернет, я був приємно вражений результатом (див. скріншот зліва). Деяка асиметрія в нетиповий для нас бік прудкішого upload (особливості технології або сусіди в цей час потужно «качали»? – і середня швидкодія понад 500 Мб/с! «Ого!»... Особливо на фоні доволі сумних цифр (див. скріншот справа), побачених в іншого львівського колеги, якого обслуговує «Воля» із декларованою швидкодією 20 Мб/с за майже ті самі гроші.



Технічні параметри 0.5–1.0 Гб/с від «Астри» справді хороші. Це підтверджують і незалежні [дані](#) недавнього дослідження швидкодії Інтернету в великих містах України, проведеного авторитетною американською фірмою Ookla, яка заснувала ресурс [Speedtest.net](#) (див. наступне фото). Правда, не треба думати, що наведені цифри є чимось на зразок абсолютного світового рекорду. Ні, нині в світі досягнуто швидкодію передавання інформації в десятки Гб/с, а зі спеціальними технологіями мультиплексування – до 10 Тб/с, тобто 10000 Гб/с! Причому це стосується найпроблемнішого випадку далеких і наддалеких телекомунікацій, коли ворог №1 швидкодії – «розпливання» сигналів або дисперсія – просто лютує. Щоправда, такі досягнення наразі є швидше наукою, аніж повсякденною практикою. Вони потребують украй серйозних коштів і ще не призначені для масового споживача. А що маємо для локальних комунікацій на відстанях порядку кілометрів або десятків кілометрів? Тут дисперсія порівняно слабка, а тому за наявності сучасної апаратури передавання інформації на високих швидкостях не складає особливих проблем. Як же це забезпечують технічно? І від чого залежить швидкодія? Про це далі.

На початку стисло пояснимо деякі загальні речі. Донедавна інформацію часто передавали по металічних коаксіальних кабелях, а її фізичним носієм були електромагнітні хвилі радіодіапазону. Швидкодія такого методу принципово обмежена, а причиною є порівняно низька несуча частота згаданих хвиль. Це легко збагнути, згадавши, що продуктивність комп'ютера з низькою тактовою частотою теж буде низькою. Природна ідея підвищити несучу частоту електромагнітної хвилі задля вищої пропускну здатності каналу зв'язку з неминучістю приводить нас до найбільш високочастотних хвиль, яких ми ще не побоюємося (як от ультрафіолетових або X-променів) і з якими водночас уміємо «працювати». Це хвилі видимого або інфрачервоного світла, які можна надійно і з низькими втратами енергії передавати на далекі відстані через оптичне волокно. Зазначимо, що кафедра оптоелектроніки та інформаційних технологій свого часу надавала значну увагу проблематиці, пов'язаній із передаванням інформації за допомогою оптоволоконних ліній.

Отже, оптоволоконні лінії нині домінують або принаймні починають домінувати. Проте одного волоконного магістрального кабелю замало для забезпечення найвищої швидкодії Інтернету. Наприклад, часто задачу розведення сигналу від магістралі до кінцевих споживачів (т. зв. «останню милю» лінії передавання інформації) реалізують за допомогою мідних кабелів.

Проте їхня пропускна спроможність на практиці може не надто перевищувати 100 Мб/с. Це ж стосується і низки стандартних роз'ємів і перехідників.

Для подолання цих недоліків потрібні додаткові засоби та технології. По-перше, це оптоволоконне виконання «останньої милі», коли фізичним носієм сигналу Інтернету, який іде від магістральної лінії в квартиру, є також світло, що поширюється в оптоволокні. Проте вартість волоконного кабелю та мережевої апаратури наразі досить висока і їх слід економити. Тут на допомогу приходить інший сучасний метод – технологія розведення інформаційних сигналів під назвою PON («passive optical network», тобто «пасивна оптична мережа»). Іноді її називають ще технологією «волокно в помешкання». Її архітектура базується на деревовидній топології «point-to-multipoint» (буквально «від однієї точки до багатьох точок»). Топологія PON докорінно відмінна від звичної топології мереж point-to-point («від однієї точки до однієї точки»), де кожне гілкування лінії зв'язку потребує установа активного мережевого обладнання. Нарешті, з метою економії дерево мережі PON будують так, аби гілка до абонента відділялася від магістралі якомога ближче до точки розміщення абонента.

Постачальники найшвидшого Інтернету у великих містах України

Дані Speedtest® | II і III квартали 2019 р.



У рамках технології PON одне-єдине оптоволоконно одночасно обслуговує багатьох споживачів (скажімо, від 2 до 64 абонентів у будинку), а пасивні оптичні розгалужувачі (спліттери) ділять смугу пропускання цього волокна поміж споживачами. Іншими словами, розгалужувачі розділяють трафік між абонентами на шляху від провайдера до абонентів і змішують трафік різних абонентів на зворотному шляху. Важливо, що оптичні розгалужувачі «пасивні» – вони не потребують жодного живлення. Адже їхньою роботою не керують зовнішні електричні сигнали, як це буває в традиційних інформаційних лініях. Крім того, розгалужувачі не потребують налаштування і забезпечення спеціальних умов роботи (наприклад, теплих і сухих приміщень), як от світчі.

Як же керують потоками даних до різних абонентів у мережі, якщо оптоволоконно, по якому передають дані, єдине, а розгалужувачі пасивні? Технічно це реалізують, розділяючи в часі пакети даних, призначені для різних абонентів. Такий підхід називають технологією часового мультиплексування. На додаток, приймання та передавання даних здійснюють у різних діапазонах довжин світлових хвиль. Таке частотне розділення приймального та передавального трактів називають мультиплексуванням із розділенням за довжиною хвилі. Скажімо, прямий (вхідний) потік інформації можна передавати на інфрачервоній довжині хвилі 1.49 мкм, а зворотний (вихідний) потік – на 1.31 мкм. Можна ще додати сигнал кабельного телебачення, який передають на довжині хвилі 1.55 мкм.

Отже, основна перевага технології PON – це організація підключення багатьох абонентів до мережі по єдиному оптоволокну. Без такої технології на обслуговування будинку довелось би витратити не одне волокно, а цілий волоконний кабель, що містить, наприклад, 12 волокон.

Нині в Україні використовують переважно два сучасні різновиди PON. Це стандарти GPON («gigabit PON») або GEPON («gigabit Ethernet PON»). Їхні робочі параметри (наприклад, довжини хвилі світла лазерів), а також особливості архітектури та вартість основних технічних компонент дещо різні. Але обидві технології забезпечують типову швидкість до 1–2 Гб/с і, до того ж, значно скорочують протяжність кабельної інфраструктури, а тому й витрати на оптичні кабелі. Нарешті, фото зліва ілюструє прекрасні, як для українських реалій, практичні результати роботи технології PON.

Почувши про ці методи передавання інформації та їхні високі характеристики, читач здивовано запитас: якщо принципових технічних проблем із швидкістю немає, то чому ж тоді більшість компаній у Львові досі «годує» клієнтів кабельним Інтернетом на швидкості, яка типово не перевищує 100 Мб/с? Не знаю, але побоююся, що відповідь тривіальна: через застарілу апаратуру і/або відсутність бажання щось змінювати в умовах нерозвинутого ринку послуг. Наші глибоко архаїчні Інтернет-провайдери та оператори слабко і повільно модернізують обладнання. Це у великих містах Китаю державні (!) провайдери China Unicom, China Telecom і China Mobile вже надають мобільний (!) 5G-Інтернет зі швидкістю ~ 1–2 Гб/с. І навіть 4G-Інтернет, який «майже прийшов» в Україну, загалом здатний на швидкості від 100 Мб/с до 1 Гб/с. То хіба від стаціонарних українських landlines не було би логічно очікувати більшого? Проте в нас досі продають повільний кабельний Інтернет. Продають як сперте повітря – але за чималі гроші. Аби переконатися, що це не перебільшення, досить ознайомитися з уже згаданими [даними](#) досліджень фірми Ookla: середні цифри швидкості фіксованого та мобільного Інтернету в Україні станом на III квартал 2019 року співвідносяться приблизно як 50 Мб/с до 20 Мб/с. І це за умови, що стаціонарний Інтернет має велетенські, нині далеко не вичерпані ресурси, які на багато порядків перевищують можливості мобільного Інтернету!

Або інший приклад: якщо ти відчуваєш брак коштів, доведеться обрати дешевший (проте все-одно недешевий!) тариф кабельного Інтернету із задекларованою швидкістю, яка обмежена, наприклад, абсолютно кумедною як на сьогодні цифрою 20 Мб/с. А якою ця цифра іноді виявляється по факту – див. фото справа. «Досягти» таку низьку швидкість непросто – навіть на застарілому устаткуванні! Тому її штучно понижують апаратно або програмно. Маємо абсурд майже за Дж. Орвелом. Даруйте, але напрошується аналогія: продавець їжі ще й витрачає власні час, ресурси і кошти, аби частково зіпсувати їжу, яку він не може продати дорожче і змушений продавати дешевше! В українських компаніях це, здається, називають маркетинговим прийомом...

Проте залишаймося оптимістами :) Може, технічний розвиток фіксованого («кабельного») Інтернету на сьогодні просто пригальмував або переживає кризу? Може, стаціонарні лінії передавання інформації лише тимчасово поступаються мобільному («ефірному») Інтернету за економічністю та доступністю? Якщо так, то гуртом тимчасово мігруймо на 4G – і залишімо кабельних операторів наодинці з їхніми низькими швидкостями і високими тарифами! Прийде час – і навіть найдрітучіший менеджмент найпасивніших операторів нарешті збагне, що надворі ХХІ століття, вік інформатики. І тоді стаціонарний Інтернет в Україні нарешті покаже свої можливості, які в цю мить здаються нам більше теоретичними, аніж практичними. У будь-якому варіанті розвитку подій бажаю всім швидкого Інтернету!

Автор: проф. О.С. Кушнір