

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДОСТУПУ ДО МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ ТЕХНОЛОГІЧНО-ПРИКЛАДНИЙ АСПЕКТ

В статті проаналізовано стан проникнення послуг мережі Інтернет. Наведено останні дані по кількості користувачів та абонентів в розрізі технологій та операторі телекомунікацій. Найпоширеніші технології мереж доступу проаналізовано з точки зору технологічно та прикладного аспектів. Наведено рекомендації з подальшого розвитку мереж доступу з метою підвищення їх якісних показників.

Ключові слова: Інтернет, мережі доступу, ADSL, MetroEthernet, DOCSIS, VSAT.

Вступ і постановка проблеми

Останні дослідження компанії Factum Group Ukraine за замовленням Інтернет-асоціації України показали, що у першому кварталі 2016 року 62% українців у віці старше 15 років користуються Інтернетом [1]. Кількість українських користувачів всесвітньої павутини в порівнянні з IV кварталом 2015 року зросло на 4% і склало 22,8 млн. осіб. Більше третини (36%) користувачів це особи до 29 років. Стільки ж громадян користуються мережею у віці від 30 до 44 років.

Майже половина мешканців сіл (47%) вже мають доступ до Інтернету, а в містах з населенням більше 100 тис. осіб проникнення за користувачами (відношення кількості користувачів до загальної кількості мешканців) Інтернет досягає 69%, що відповідає середньоєвропейським показникам і є безумовно є позитивним результатом.

Разом з тим за даними Державної служби статистики України [2] кількість абонентів мережі Інтернет складає 6.089,9 тис. осіб, тобто проникнення за абонентами (відношення кількості абонентів до загальної кількості мешканців) в 4,6 менше ніж проникнення за користувачами, що свідчить про те що, в середньому одним абонентським підключенням користуються більше одного домогосподарства, а пропускна здатність ліній доступу до Інтернет розподіляється між більше ніж чотирма користувачами. Як наслідок, за показником швидкості доступу в Інтернет Україна займає тільки 36 місце, де перша п'ятірка країн складається таким чином: Південна Корея (68,5 Мбіт/с), Гонконг (66,0 Мбіт/с), Сінгапур (57,7 Мбіт/с), Ізраїль (57,6 Мбіт/с) та Японія (55,6 Мбіт/с) [3].

Мета статті

Отже цікавим є проведення дослідження причин такого дисбалансу та визначення основних вузьких місць мережі Інтернет для формування пропозицій по перспективних напрямках досліджень з метою підвищення швидкості доступу до мережі Інтернет, як одного з головних показника якості надання послуг мережі Інтернет.

Для досягнення поставленої мети доцільно провести аналіз загального стану надання послуг мережі Інтернет в Україні. Розгляд загального стану надання послуг мережі Інтернет проведемо по двох ключових напрямках: технологічному та прикладному. Під технологічним будемо розуміти технології, прийоми і сценарії побудови мереж для надання послуг Інтернет. Під прикладним, будемо розуміти способи, прийоми і сценарії використання послуг Інтернет кінцевими користувачами.

Основні матеріали дослідження

Розглянемо рейтинг операторів, що надають послуги доступу до мережі Інтернет (Таблиця 1), де вказані відповідні технології фіксованого широкопугового доступу. З Таблиці 1 видно, що в Україні найбільш поширені такі технології доступу до мережі Інтернет як ADSL, MetroEthernet, DOCSIS, Wi-Fi та VSAT. Розглянемо їх з точки зору технологічного та прикладного аспектів.

Технологічний аспект надання послуг мережі Інтернет

ADSL - це технологія широкосмугового доступу, яка забезпечує передачу швидкісного цифрового сигналу звичайною аналоговою телефонною лінією, та дозволяє одночасно користуватися телефоном і Інтернетом. Особливість технології полягає в організації асиметричного (швидкості передачі даних від користувача в мережу і з мережі до користувача неоднакові) дуплексного каналу, в якому швидкість передачі до користувача більше за швидкість передачі в зворотному напрямку.

Таблиця 1

Рейтинг операторів, що надають послуги доступу до мережі Інтернет

Оператор	Кількість абонентів фіксованого ШСД	Частка ринку ШСД, %	Технологія фіксованого ШСД	Протяжність ВОЛЗ	Ємність зовнішніх каналів, Гбіт/с
«Укртелеком»	1 630 000 ¹	26,8%	ADSL2, Wi-Fi	н/д	н/д
«Київстар»	820 000 ²	13,5%	MetroEthernet	> 50 тис.км.	620
«Воля»	551 900 ³	9,1%	DOCSIS 2.0, 3.0	н/д	н/д
«Триолан»	213 000 ³	3,5%	MetroEthernet, Public Wi-Fi	н/д	н/д
«Датагруп»	174 000 ³	2,9%	MetroEthernet, VSAT	н/д	н/д
«Вега»	156 400 ⁴	2,6%	ADSL2	н/д	100
«НПП «Тенет»	119 800 ³	2,0%	MetroEthernet, Public Wi-Fi	н/д	н/д
«Фрегат СП»	110 400 ³	1,8%	MetroEthernet, Public Wi-Fi	н/д	н/д
«Фринет»	90 900 ³	1,5%	MetroEthernet	н/д	н/д
«Ланет»	85 000 ³	1,4%	MetroEthernet	н/д	н/д
.
.
.
ВСЬОГО	6 089 900⁵	100,0%	-	-	-

Примітки:

¹<http://www.ukrtelecom.ua/presscenter/news/pressrelease?id=137727>²http://www.kyivstar.ua/ru/kr-620/about/about/kyivstar_today/³http://ain.ua/2013/08/28/137008?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+ainua+%28AIN.UA%29⁴<http://www.vegatele.com/rus/about/today>⁵<http://www.ukrstat.gov.ua/>

ADSL призначена для високошвидкісного доступу до мережі Інтернет. ADSL відноситься до класу широкосмугових технологій. Вона забезпечує швидкість передачі даних в напрямку абонента до 24 Мбіт/сек., та до 3,5 Мбіт/сек від абонента. Висока швидкість дозволяє комфортно працювати з Web-сайтами, швидко передавати великі файли і документи, працювати з мультимедіа, повноцінно використовувати інтерактивні засоби.

ADSL модеми на сьогоднішній день є багатофункціональним пристроєм і випускаються з вбудованим IP маршрутизатором, Ethernet комутатором на кілька портів і Wi-Fi точкою доступу, що дозволяє абонентам легко та швидко розгортати індивідуальні проводові та безпроводові локальні мережі. Завдяки тому, що у з'єднанні не використовується комутована телефонна мережа загального користування, яка має високий рівень шуму і завад, виникає значна різниця у якості ADSL і звичайної телефонної лінії. Ймовірність помилки на лінії ADSL становить 10^{-8} - 10^{-10} .

Передача даних за технологією ADSL реалізується через звичайну аналогову телефонну лінію за допомогою абонентського пристрою — модему ADSL та мультиплексора доступу (DSLAM - DSL Access Multiplexer), який знаходиться на АТС, до якої підключається телефонна лінія користувача. DSLAM мультиплексує множину абонентських ліній DSL в одну високошвидкісну магістральну мережу, яка підключаються до магістральної IP мережі

або до мережі агрегації. Відзначимо, що ADSL-модеми не можуть з'єднуватися один з одним напряму, на відміну від Dial-Up модемів. Через необхідність встановлення обладнання на кожній АТС затрати на побудову і утримання мережі були помітно вищі, ніж у випадку класичного комутованого доступу, коли всі модеми провайдера встановлювались на одній АТС, однак в порівнянні з вартістю інших способів надання високошвидкісного доступу до мережі Інтернет технологія DSL виявилась дуже дешевою.

В технології ADSL доступна смуга пропускання каналу розподілена між вихідним та вхідним трафіком асиметрично — для більшості користувачів вхідний трафік значно більший, ніж вихідний, тому використання для нього більшої частини смуги пропускання повністю виправдане (за виключенням пірінгових мереж та електронної пошти, де об'єм і швидкість вихідного трафіку є достатньо важливими). Звичайна телефонна лінія використовує для передачі голосу смугу 0,3...3,4 кГц. Щоб не заважати використанню телефонної мережі за її прямим призначенням, в ADSL нижня межа діапазону частот знаходиться на рівні 26 кГц. Такий частотний розподіл дозволяє розмовляти по телефону, не перериваючи обмін даними тією ж лінією і демонструє приклад конвергенції мереж. Для розділення низькочастотного аналогового сигналу та високочастотного цифрового використовується сплітер, який являє собою фільтр низької частоти. Також можливе використання мікрофільтру. В цьому випадку модем підключається до лінії напряму, а всі телефони, факси та ін. аналогові пристрої підключаються до лінії через мікрофільтри. В Таблиці 2 наведені зведені дані по стандартах технології ADSL.

Таблиця 2

Сім'я стандартів ADSL

Стандарт	Назва технології	Швидкість		Рік затвердження
		вхідного потоку, Мбіт/с	вихідного потоку, Мбіт/с	
ANSI T1.413-1998 Issue 2	ADSL	8,0	1,0	1998
ITU G.992.2	ADSL Lite (G.lite)	1,5	0,5	1999
ITU G.992.1	ADSL (G.dmt)	8,0	1,3	1999
ITU G.992.1 Annex A	ADSL over POTS	12,0	1,3	2001
ITU G.992.1 Annex B	ADSL over ISDN	12,0	1,8	2005
ITU G.992.3 Annex L	RE-ADSL2	5,0	0,8	2002
ITU G.992.3	ADSL2	12,0	1,3	2002
ITU G.992.3 Annex J	ADSL2	12,0	3,5	2002
ITU G.992.4	splitterless ADSL2	1,5	0,5	2002
ITU G.992.5	ADSL2+	24,0	1,4	2003
ITU G.992.5 Annex M	ADSL2+M	24,0	3,3	2008

Максимальні показники ефективності використання технології ADSL забезпечуються коли параметри абонентської телефонної лінії відповідають наступним параметрам:

- первинні параметри: опір шлейфу не більше 900 Ом; опір ізоляції не менше 40 МОм; ємність шлейфу не більше 300 нФ; ємнісна асиметрія не більше 10 нФ, або не більше 5 %
- вторинні параметри: загасання сигналу до 20 dB (дуже добра лінія), від 20 dB до 40 dB (добра лінія), від 40 dB до 50 dB (можливі збої), від 50 dB до 60 dB (періодично зникає синхронізація), від 60 dB та вище (обладнання працювати не буде);
- рівень шуму (дБ відносно 1 мВт при опорі навантаження 600 Ом): від -65 dBm до -51 dBm (дуже добра лінія), від -50 dBm до -36 dBm (добра лінія), від -35 dBm до -20 dBm (робота з періодичними збоями), від -19 dBm та вище (робота обладнання неможлива);
- відношення сигнал/завада (SN Margin (Signal-to-Noise Margin) або SNR (Signal-to-Noise Ratio)): до 6 dB (погана лінія, наявні проблеми синхронізації), від 7 dB до 10 dB

(можливі збої), від 11 dB до 20 dB (добра лінія, без проблем з синхронізацією), від 20 dB до 28 dB (дуже добра лінія), від 29 dB (відмінна лінія).

MetroEthernet, в загальному випадку, це мережа Ethernet масштабів міста (Metropolitan Area Network (MAN) - тип мережі, що призначена для обслуговування території великого міста-мегаполіса). Ethernet MAN, або MetroEthernet мережі є міськими мережами (MAN), які засновані на стандартах Ethernet [4]. Вони зазвичай використовується для підключення абонентів до мереж вищого рівня доступу до послуг Інтернет. Корпоративні користувачі можуть також використовувати MetroEthernet для підключення своїх власних офісів один з одним.

Це технологія на рівні доступу використовує технологію Ethernet, яка забезпечує передачу швидкісного цифрового сигналу за допомогою витих пар категорії не нижче за п'яту або ж оптичні волокна. Особливість технології полягає в організації симетричних (швидкості передачі даних від користувача в мережу і з мережі до користувача однакові) дуплексного каналу, в якому швидкість передачі в індивідуальних каналах може досягати 1 Гбіт/с при підключенні по виті парі категорії не нижче 5е, та до 100 Гбіт/с при підключення по оптичним світловодам.

Інтерфейс Ethernet набагато дешевше, ніж інтерфейси SONET/SDH (синхронної цифрової ієрархії) або PDH (плезіохроної цифрової ієрархії) тієї ж пропускної здатності. Ще одна незаперечна перевага мережі доступу на основі Ethernet є те, що вона може бути легко підключена до локальної мережі клієнта, в зв'язку з переважним використанням Ethernet в корпоративних і індивідуальних мережах. Мережа типового постачальника послуг являє собою набір комутаторів і маршрутизаторів, підключених через оптичне волокно. Топологія може бути кільце, зірка та інше. Мережа мати ієрархію: ядро, розподіл (агрегація), а також доступ. Ядро в більшості випадків є існуючими IP/MPLS магістралями, але перспективним є міграція на нові види Ethernet-транспорту із швидкостями у 10Гбіт/с, 40Gbit/c або 100Gbit/c або навіть, до терабітних Ethernet мереж зі швидкістю 400Гбіт/с в майбутньому

Ethernet технологія у мережах MAN може бути використана у чистому вигляді або у змішаному, наприклад: Ethernet через SDH; Ethernet через MPLS; Ethernet через DWDM; Ethernet через PON. Розгортання чистого Ethernet коштує дешевше, але менш надійне і масштабоване і, таким чином, як правило, обмежуються невеликими масштабами або експериментальними кластерами. Розгортання на основі SDH корисні при наявності існуючої інфраструктури SDH, основним недоліком якого є втрата гнучкості в управлінні смугою пропускання за рахунок жорсткої ієрархії, введеної в мережі SDH. Розгортання на основі MPLS є дорогими але дуже надійним і масштабованим і, як правило, використовуються великими постачальниками послуг не тільки для доступу до мережі Інтернет але й для надання послуг VoIP, IPTV, тощо.

Прийоми і методи, що застосовуються при побудові MetroEthernet мереж в сукупності забезпечують високу універсальність, швидкість, надійність, простоту масштабування, мультипротокольную конвергенцію та простоту надання усього спектру телекомунікаційних послуг на базі єдиної мережі.

DOCSIS 2.0, 3.0 - це технологія доступу до мережі Інтернет, яка забезпечує передачу швидкісного цифрового сигналу мережами кабельного телебачення. Основоположний стандарт J.112 визначає методи передачі даних мережами кабельного телебачення (CATV). Базуючись на основі стандартів ITU J.112 і J.83, консорціумом CableLabs, в співпраці з широким колом виробників устаткування, був розроблений єдиний міжнародний стандарт, відомий під назвою Data Over Cable Service Interface Specification (DOCSIS).

Цей стандарт має ту ж особливість як і ADSL, який полягає в організації асиметричного (швидкості передачі даних від користувача в мережу і з мережі до користувача неоднакові) дуплексного каналу, в якому швидкість передачі до користувача більше за швидкість передачі в зворотному напрямку

Цей стандарт передбачає передачу даних абонентові у мережі кабельного телебачення з максимальною швидкістю до 42 Мбіт/с. (при ширині смуги пропускання 6 МГц і

використанні багатопозиційної модуляції 256 QAM) і отримання даних від абонента з швидкістю до 10,24 Мбіт/с. Він був покликаний змінити поширені раніше рішення на основі фірмових протоколів передавання даних і методів модуляції, несумісних один з одним, і має гарантувати сумісність апаратури різних виробників.

Прийняті ІТУ документи містять також три застосування, що враховують специфічні особливості американського, європейського і азіатських ринків послуг CATV і поширені в цих регіонах стандарти (NTSC, PAL, SECAM).

Існує декілька версій специфікації DOCSIS:

- DOCSIS 1.0;
- DOCSIS 1.1;
- DOCSIS 2.0;
- DOCSIS 3.0;
- EURODOCSIS.

EURODOCSIS регламентує прийнятий для Європи розподіл частот прямого і зворотного каналу, де ширина смуги одного телевізійного каналу складає 8 МГц.

DOCSIS має пряму підтримку протоколу IP. Крім того стандарт передбачає наявність спеціальних механізмів, що поліпшують підтримку IP-телефонії, зменшують затримки при передачі мови (наприклад, механізми фрагментації і збірки великих пакетів, організації віртуальних каналів і визначення пріоритетів).

Архітектура DOCSIS включає два основних компоненти: кабельний модем, що розміщується у абонента, та термінальна система кабельних модемів (CMTS), розміщена у провайдера кабельного телебачення.

В Таблиці 3 наведені зведені дані по стандартах технології DOCSIS. А у Таблиці 4 наведені характеристики стандарту DOCSIS 3.0 в залежності від кількості задіяних телевізійних каналів (частотних смуг).

VSAT - це технологія (Very Small Aperture Terminal - мала супутникова земна станція) забезпечує доступ до мережі Інтернет за допомогою геостационарних супутників, які зазвичай використовуються для розповсюдження телевізійних та радіо програм і використовується в супутниковому зв'язку з початку 90-х років.

За міжнародною класифікацією до VSAT належать супутникові станції з антенами менш 2,5 метрів. Як правило, для VSAT застосовується спрощена процедура отримання дозволів на частоти.

VSAT складається з двох основних частин, ODU (OutDoorUnit) - зовнішній блок, тобто антена і приймач, і IDU (InDoorUnit) - внутрішній блок або супутниковий модем.

Блок ODU встановлюється в фокусі антени і забезпечує передачу до концентратора і прийом від нього через супутник модульовані радіосигнали. До складу ODU входять напівпровідниковий підсилювач (SSPB, BUC), понижуючий перетворювач малопотужний підсилювальний блок (LNB) і поляризаційний селектор (OMT). BUC і LNB підключені до окремих портів OMT. Така конфігурація забезпечує прийом сигналу з поляризацією певного типу і передачу сигналу з поляризацією іншого типу, зазвичай ортогонального. Міжблочний кабель має звичайні як для супутникового телебачення роз'єми F-типу. Заводські антени VSAT комплектуються опромінювачем і OMT.

Внутрішній блок (IDU) являє собою компактний настільний прилад, який перетворює супутниковий сигнал у звичайні стандартні інтерфейси для підключення телефонів, комп'ютерних мереж, окремих персональних комп'ютерів, телевізійних приймачів і т.і.

Мережа супутникового зв'язку на базі VSAT включає в себе три основні елементи: центральна земна станція, супутник-ретранслятор і абонентські VSAT термінали.

Центральна земна станція (ЦЗС) в мережі супутникового зв'язку виконує функції центрального вузла і забезпечує управління роботою всієї мережі, перерозподіл її ресурсів, виявлення несправностей, тарифікацію послуг мережі і з'єднання з наземними мережами Інтернет. Зазвичай ЦЗС встановлюється у вузлі мережі, на який припадає найбільший трафік.

Це може бути, наприклад, головний офіс або обчислювальний центр компанії в корпоративних мережах, або ж велике місто в регіональній мережі.

Абонентський VSAT термінал зазвичай включає в себе антенно-фідерний пристрій, зовнішній радіочастотний блок і внутрішній блок (модем). Зовнішній блок являє собою невеликий прийомопередавач. Внутрішній блок забезпечує з'єднання супутникового каналу з термінальним обладнанням користувача (комп'ютер, локальна мережа, телефон, факс, офісна телефонна станція і т. і.).

Таблиця 3

Характеристики різних версій стандарту DOCSIS

Версія	Напрямок від мережі до абонента						Напрямок від абонента до мережі					
	Параметри лінії				Максимальна фізична швидкість передачі для DOCSIS, Мбіт/с	Максимальна фізична швидкість передачі для EuroDOCSIS, Мбіт/с	Параметри лінії				Максимальна фізична швидкість передачі, Мбіт/с	
	Мінімальна кількість TV каналів	Мінімальна кількість TV каналів, які повинно підтримувати кінцеве обладнання	Кількість робочих TV каналів	Максимальна кількість TV каналів, які можна об'єднати			Мінімальна кількість TV каналів	Мінімальна кількість TV каналів, які повинно підтримувати кінцеве обладнання	Кількість робочих TV каналів	Максимальна кількість TV каналів, які можна об'єднати		
1.x	1	1	1	1	42,88	55,62	1	1	1	1	10,24	
2.0	1	1	1	1	42,88	55,62	1	1	1	1	30,72	
3.0	1	4	<i>m</i>	не обмежується	$m \times 42,88$	$m \times 55,62$	1	4	<i>n</i>	не обмежується	$n \times 30,72$	

Таблиця 4

Характеристики DOCSIS 3.0 в залежності від кількості задіяних телевізійних каналів

Конфігурація каналу передачі даних		Напрямок від мережі до абонента		Максимальна фізична швидкість передачі у напрямку від абонента до мережі, Мбіт/с
Кількість каналів від мережі до абонента	Кількість каналів від абонента до мережі	Максимальна фізична швидкість передачі для DOCSIS, Мбіт/с	Максимальна фізична швидкість передачі для EuroDOCSIS, Мбіт/с	
4	4	171,52	222,48	122,88
8	4	343,04	444,96	122,88
16	4	686,08	889,92	122,88
24	8	1029,12	1334,88	245,76
32	8	1372,16	1779,84	245,76

Супутники ретранслятори мережі VSAT будуються на базі геостаціонарних супутників-ретрансляторів. Це дозволяє максимально спростувати конструкцію абонентських терміналів і оснащувати їх простими фіксованими антенами без системи стеження за супутником. Супутник приймає сигнал від земної станції, підсилює його і направляє назад на Землю. Найважливішими характеристиками супутника є потужність бортових передавачів і кількість радіочастотних каналів (стовбурів або транспондерів) на ньому. Для забезпечення роботи через малогабаритні абонентські станції типу VSAT передавачеві потрібно забезпечити вихідну потужність близько 40 Вт. Сучасні VSAT системи працюють як правило в Кудіапазоні частот 11/14 ГГц (одне значення частоти на прийом, інше на передачу), також є

системи які використовують С-діапазон 4/6 ГГц. Перспективним є освоєння Ка-діапазону 18/30 ГГц.

Каналоутворююча апаратура забезпечує формування супутникових радіоканалів і стикування їх з наземними лініями зв'язку. Кожен з постачальників систем супутникового зв'язку застосовує свої оригінальні рішення цієї частини ЦЗС, що часто виключає можливість використовувати для побудови мережі апаратуру і абонентські станції інших фірм. Зазвичай ця підсистема будується за модульним принципом, що дозволяє в міру зростання трафіку і кількості абонентських станцій в мережі легко додавати нові блоки для збільшення її пропускної здатності.

Сучасні технології VSAT забезпечують загальну швидкості в напрямку абонентів до 1 Гбіт/с, а в напрямку мережі до 10 Мбіт/с.

Прикладний аспект надання послуг мережі Інтернет

ADSL. Галузь ефективного застосування технологій ADSL обмежується операторами мереж класичного телефонного зв'язку, які в цьому разі мінімізують капітальні витрати на розгортання мереж доступу до мережі Інтернет за допомогою максимального використання існуючої мідної розподільчої телефонної мережі. Саме тому найбільшим по кількості абонентів з ШСД оператором надання послуг доступу до мережі Інтернет є «Укртелеком». При цьому базовою технологією організації мережі доступу є технологія ADSL2, хоча реально існуючі розподільчі телефонні мережі не дають змоги повною мірою скористатися перевагами цієї технології. Так за даними аналізу параметрів існуючих абонентських ліній, фізичну (лінійну) швидкість >2 Мбіт/с можуть забезпечити тільки у 85% випадках, >4 Мбіт/с – у 60%, >10 Мбіт/с – у 45%, а максимально можлива для технології ADSL2+ (ITU G.992.5 Annex M), що використовується на мережах «Укртелеком», у 24 Мбіт/с майже недосяжна.

Враховуючи технічні характеристики інших технологій доступу, сучасні вимоги користувачів та стан розподільчої телефонної мережі, можна констатувати, що на сьогоднішній день технологія ADSL поступово перестає бути локомотивом розвитку Інтернет в Україні.

Отже без реконструкції існуючої розподільчої мережі «Укртелеком» має всі шанси втратити домінуюче положення на ринку ШСД. Як варіант рішення проблеми можна рекомендувати при реконструкції старих телефонних мереж в якості базового сценарію обрати технології FTTC (Fiber To The Curb - волокно до розподільчої шафи, в якій оптичний сигнал перетворюється і подається у звичайні мідні двопровідні абонентські лінії. Це дозволить за рахунок значного скорочення протяжності абонентських ліній підняти їх характеристики, а отже дасть можливість впровадження технології VDSL2+ (Very-high data rate Digital Subscriber Line - надвисокошвидкісна цифрова абонентська лінія), яка дозволить надавати користувачам симетричний дуплексний доступ до мережі Інтернет зі швидкість 100 Мбіт/с. Варто зазначити, що технологія VDSL2+ сумісна з ADSL, що дозволяє плавний перехід від старої технології до нової.

З точки зору користувача, переваги технології ADSL (відсутність необхідності у нових кабельних підключеннях, можливість одночасно користуватись Інтернетом та вести телефонні розмови, отримання послуг телефонії та Інтернет «з одних рук») поступово нівелюються. Для більшості абонентів, умова підключення до Інтернет за допомогою технології типу ADSL тільки для існуючих абонентів фіксованої телефонії, якщо не є дискримінаційним та обмежуючим фактором, то як мінімум дратує і спонукає до пошуку альтернативних способів підключення до Інтернет.

MetroEthernet. Галузь ефективного застосування технологій MetroEthernet спочатку обмежувалась класичними провайдером доступу до мережі Інтернет, для яких технології IP та Ethernet були «рідними». Сьогодні ж, з появою ефективних методів: а) забезпечення параметрів якості надання послуг (QoS); б) ефективних методів доставки потокового телебачення (протоколи управління мультикаст розсилкою); в) протоколами зв'язуючого дерева (протоколи типу STP, RSTP та MSTP дозволяють організовувати кільцеву топологію,

час переключення на резервний напрямок в якій при правильному проектуванні складає від 30 до 50 мс., що відповідає рівню SDH мереж до 50 мс.); г) досягненнями технології VoIP (voice over IP - голос через IP), IPTV (Internet Protocol Television - цифрове інтерактивне телебачення в мережах передачі даних за протоколом IP) та OTT (over-The-Top Service) - загальний термін для послуг, якими можна користуватися використовуючи мережу Інтернет, які не пропонуються оператором мережі; як правило використовується для надання послуг розповсюдження потокового відео та телебачення) вчорашні провайдери Інтернет стають все більш впливовими гравцями на ринку телефонії, доставки телевізійних програм, та віртуальних корпоративних мереж, перетворюючись на потужних операторів телекомунікаційних послуг.

Максимальні показники ефективності використання технології MetroEthernet забезпечуються коли користувачі знаходяться на відстані до 100 м. від точки присутності оператора, а сама фізична лінія відповідає вимогам категорії 5.

Технологія MetroEthernet також чудово підходить в якості магістральної транспортної мережі при розгортанні фіксованих бездротових технологій типу Wi-Fi у громадських місцях (Public Wi-Fi).

В Україні MetroEthernet мережі будуються за архітектурою FTTB ((Fiber To The Building - волокно до будинку). В підвальних приміщеннях чи на технічних поверхах встановлюються так звані «вузли доступу» від яких до кожного користувача прокладається індивідуальна абонентська лінія типу витої пари категорії 5. Кілька вузлів доступу між собою з'єднуються за допомогою оптичних світловодів та замикаються на так звані вузли «агрегації»

На сьогоднішній день більшість абонентів тепер підключені саме за цією технологією, про що свідчить дані Таблиці 1.

З точки зору користувача технологія MetroEthernet надає весь спектр телекомунікаційних послуг через самий розповсюджений і дешевий інтерфейс у світі; дуже просте розгортання квартирної локальної мережі та безшовна організація підключення до мережі оператора; висока кількість провайдерів у містах створюючи конкуренцію значно опустила вартість абонентської платні; гнучкість послуг (VoIP, IPTV, OTT і т.і.) на базі IP-протоколу не прив'язує користувача до одного конкретного оператора доступу до мережі Інтернет. Проте є і суттєві недоліки, так час, необхідний на організацію підключення абонента до мережі, більше ніж у випадку ADSL (за умов наявності телефонної лінії) та DOCSIS (за умов наявності підключення до кабельного телебачення), що не може не впливати на інтегральні показники якості надання послуг.

З точки зору провайдерів існує кілька характерних проблем: а) організація місцевого живлення вузлів доступу; б) необхідність розгортання домових розподільчих мереж (ДРС); в) захист майна від неправомірних дій третіх осіб.

DOCSIS 2.0, 3.0. Галузь ефективного застосування технологій DOCSIS обмежується операторами мереж кабельного телебачення, які в цьому разі мінімізують капітальні витрати на розгортання мереж доступу до мережі Інтернет за допомогою максимального використання існуючої оптичної та коаксіальної розподільчої кабельної мережі. Саме тому найбільші оператори кабельного телебачення такі як «Воля» застосовують цю технологію і є одними з лідерів по кількості абонентів ШСД. При цьому базовою технологією організації мережі доступу є технологія DOCSIS 2.0 та 3.0. Враховуючи технічні характеристики інших технологій доступу, сучасні вимоги користувачів, необхідність підтримки характеристик оптикокоаксіальної розподільчої мережі на рівні вищому за достатній для простого кабельного телебачення (особливо в зворотному напрямку, тобто від абонента до мережі) та, з рештою, неминучим переходом користувачів до інтерактивного телебачення на базі протоколів IPTV можна констатувати, що на сьогоднішній день технологія DOCSIS 2.0, 3.0, як і ADSL, поступово перестає бути локомотивом розвитку Інтернет в Україні переходячи в категорію нішових (спеціалізованих а не універсальних), а сама концепція кабельного телебачення буде все менш і менш приваблива для користувачів.

Як варіант рішення проблеми можна рекомендувати при реконструкції старих мереж кабельного телебачення в якості базового сценарію обирати технології ФТТВ, в якій оптичний сигнал перетворюється і подається у звичайну внутрішньобудинкову коаксіальну розподільчу мережу. Це дозволить з одного боку за рахунок значного скорочення протяжності коаксіального сегменту підняти їх характеристики, а отже дасть можливість впровадження більш продуктивних способів багатопозиційної модуляції, що підвищить пропускну здатність, а з іншого боку за рахунок зменшення щільності абонентів на кожному сегменті кожен окремий користувач отримає більшу швидкість.

З точки зору користувача, переваги технології DOCSIS (відсутність необхідності у нових кабельних підключеннях, можливість одночасно користуватись Інтернетом та переглядати телевізійні канали, отримання послуг кабельного телебачення та Інтернет «з одних рук») поступово нівелюються. Для більшості абонентів, умова підключення до Інтернет за допомогою технології типу DOCSIS тільки для існуючих абонентів кабельного телебачення, якщо не є дискримінаційним та обмежуючим фактором, то як мінімум дратує і спонукає до пошуку альтернативних способів підключення до Інтернет. Мабуть саме тому деякі оператору кабельного телебачення послугу телебачення надають через коаксіальні кабелі, а послугу доступу до мережі Інтернет за технологією MetroEthernet.

VSAT. Галузь ефективного застосування технологій VSAT обмежується важко, чи майже недоступними місцями доступу до мережі Інтернет, де організація доступу за допомогою інших технологій неможлива. Враховуючи з одного боку щільність населення і рівень розвитку територій, а з іншого боку вартість організації VSAT мереж доступу і несумісність обладнання різних виробників в Україні ця технологія мало перспективна, а кількість операторів обмежена.

В Україні найбільшим оператором супутникового Інтернет є «Датагруп», який надає доступ до мережі Інтернет зі швидкостями в напрямку абонента до 20 Мбіт/с, а в напрямку мережі до 5 Мбіт/с. Варто зазначити, що частка абонентів супутникового Інтернету в загальній кількості абонентів наведених в Таблиці 1 дуже незначна.

Сучасні абонентські VSAT станції мають один і більше портів Ethernet з вбудованим IP-маршрутизатором та Ethernet комутатором. Деякі моделі, за допомогою розширення можуть оснащуватися 1-4 телефонними портами.

За даними останніми даними у світі понад мільйон VSAT, хоча з них тільки в США понад 500.000.

Активними користувачами VSAT є морські судна, де використовуються стабілізовані антени, які дозволяють відслідковувати супутник, незважаючи на зміну курсу судна. В даний час практично всі пасажирські круїзні судна мають на борту установку морського VSAT. Як правило основною проблемою для морських користувачів є правильний вибір оператора VSAT, що має необмежену зону покриття по всьому світу. А також автоматичний перехід з одного супутника на інший під час плавання.

Типова вартість VSAT корпоративного класу для кінцевого клієнта близько 2500-3000 доларів США. Для масового доступу до послуг супутникового Інтернету пропонуються комплекти VSAT, зазвичай з обмеженою мережевий функціональністю.

Розгортання VSAT і включення в мережу займає від 1-2 годин для простих типових установок до 4-6 і більше для складних (з пошуком видимості на супутник, установкою нестандартних опор і т.і.). Якщо потрібна спеціальна підготовка місця під опору антени (буріння гранту, бетонування, зварювальні роботи і т.і.), то час установки може істотно збільшуватися.

Основне використання VSAT - організація широкопasmового доступу в Інтернет, телефонний зв'язок, передача даних для корпоративних мереж, відео-конференції, дистанційне навчання, резервування наземних каналів зв'язку переважно поза великих міст, там де немає надійних і високошвидкісних наземних каналів зв'язку.

Перспективи технології VSAT можуть з'явитися при проведенні загальнонаціональних програм інформатизації країни типу «Шкільний Інтернет», «Інтерен в селі» і т.і. При цьому

можна спрогнозувати, що реалізація таких проектів буде економічно і технологічно вигідною при сумісному (гібридному) використанні проводових та супутникових технологій.

Досвід показує, що більшу частину країни, особливо ту, що відрізняється складним ландшафтом, доцільно підключати до мережі саме через супутник. Так зараз підходять в Європі - ніхто не інвестує мільйони в кабель, тим більше, що в Україні таких інвестиційних можливостей поки що просто немає.

Висновки

1. На сьогодні, проникнення за абонентами в 4,6 менше ніж проникнення за користувачами, що свідчить про те що, в середньому одним абонентським підключенням користуються більше одного домогосподарства, а пропускна здатність ліній доступу до Інтернет розподіляється між більше ніж чотирма користувачами. Як наслідок, за показником швидкості доступу в Інтернет Україна займає тільки 36 місце.

2. В Україні найбільш поширені такі технології доступу до мережі Інтернет як ADSL, MetroEthernet, DOCSIS, Wi-Fi та VSAT.

3. Більшість абонентів підключені за технологією MetroEthernet. Прийоми і методи, що застосовуються при побудові MetroEthernet мереж в сукупності забезпечують високу універсальність, швидкість, надійність, простоту масштабування, мультипротокольную конвергенцію та простоту надання усього спектру телекомунікаційних послуг на базі єдиної мережі.

4. Кожен з постачальників систем супутникового зв'язку застосовує свої оригінальні рішення, що виключає можливість використовувати для побудови мережі апаратуру і абонентські станції різних фірм, що висуває вимогу до створення єдиного міжнародного стандарту, аби надати нового поштовху до розвитку супутникових мереж доступу.

5. Враховуючи технічні характеристики інших технологій доступу, сучасні вимоги користувачів та стан розподільчої телефонної мережі, можна констатувати, що на сьогоднішній день технологія ADSL поступово перестає бути локомотивом розвитку Інтернет в Україні. При реконструкції старих телефонних мереж в якості базового сценарію необхідно обирати технології FTTC. Це дозволить за рахунок значного скорочення протяжності абонентських ліній підняти їх характеристики, а отже дасть можливість впровадження технології VDSL2+, яка дозволить надавати користувачам симетричний дуплексний доступ до мережі Інтернет зі швидкістю 100 Мбіт/с. Варто зазначити, що технологія VDSL2+ сумісна з ADSL, що дозволяє плавний перехід від старої технології до нової.

6. Як варіант рішення проблеми впровадження технології DOCSIS можна рекомендувати при реконструкції старих мереж кабельного телебачення в якості базового сценарію обирати технології FTTB. Це дозволить за рахунок значного скорочення протяжності коаксіального сегменту підняти їх характеристики, а отже дасть можливість впровадження більш продуктивних способів багатопозиційної модуляції, що підвищить пропускну здатність, а за рахунок зменшення щільності абонентів на кожному сегменті кожен окремий користувач отримає більшу швидкість.

Список використаної літератури

1. Уровень проникновения Интернета в Украине [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://hronika.info/tehnologii/131866-uroven-proniknoveniya-interneta-v-ukraine.html> (07.09.2017).
2. Державна служба статистики України: Абоненти зв'язку в 2015 році [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (07.09.2017).

3. Nedashkivskiy O.L. Estimation of quality of Internet Accesses services in Ukraine / O.L. Nedashkivskiy // Системи управління, навігації та зв'язку.-2017, випуск 1(41) – С. 118-121.

4. Carrier Ethernet Services - CE-Services [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.mef.net/carrier-ethernet/carrier-ethernet-services> (07.09.2017).

5. Корпоративний центр ПАТ Укртелеком У 2015 році Укртелеком продемонстрував зростання за більшістю показників [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.ukrtelecom.ua/presscenter/news/pressrelease?id=137727> (07.09.2017).

6. Киевстар сегодня _ Национальный оператор мобильной связи [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://www.kyivstar.ua/ru/kr-620/about/about/kyivstar_today/ (07.09.2017).

7. Рейтинг украинских провайдеров кабельного Интернета [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://ain.ua/2013/08/28/137008?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+ainua+%28AIN.UA%29 (29.08.2017).

8. Vega сегодня _ Vega - Домашний безлимитный Интернет. Доступ в Интернет для дома и передача данных. Скоростной Интернет [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.vegatele.com/rus/about/today> (07.09.2017).

Надійшла 11.06.2017 р.

Рецензент: к.т.н., доц. Довбешко С.В.