

УДК 621.391

Недашківський О. Л., к.т.н. (Держ. університет телекомунікацій. +380 67 506 20 00. al_1@ua.fm)

ДОСЛІДЖЕННЯ МІСЦЯ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ PLC В СТРУКТУРІ ІСНУЮЧИХ І ПЕРСПЕКТИВНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ “ОСТАННЬОЇ МИЛІ”

Недашківський О. Л. Дослідження місця мереж на основі PLC в структурі існуючих і перспективних рішень для “останньої милі”. Викладені результати дослідження місця мереж на основі PLC в структурі існуючих і перспективних рішень для “останньої милі”, що є вихідною точкою для таких подальших досліджень проблем впровадження PLC як: технологія PLC як сегмент ринку рішень проблем “останньої милі”; нормативно-правова база і міжнародні стандарти щодо регулювання застосування PLC; впровадження PLC рішень і проблеми електромагнітної сумісності; досвід впровадження PLC в Світі та інші. Наведені результати порівняльного аналізу основних технологій широкопосмугового доступу для вирішення завдання “останньої милі” як на зовнішніх ділянках, так і всередині будівель. Проаналізовані сильні та слабкі місця технології PLC. Відзначені перспективи та напрямки розвитку цієї технології.

Ключові слова: остання миля, технологія PLC, широкопосмугова мережа доступу

Недашковский А. Л. Исследование места сетей на основе PLC в структуре существующих и перспективных решений для “последней мили”. Изложены результаты исследования места сетей на основе PLC в структуре существующих и перспективных решений для “последней мили”, которые являются исходной точкой для таких дальнейших исследований проблем внедрения PLC как: технология PLC как сегмент рынка решений проблем “последней мили”; нормативно-правовая база и международные стандарты относительно регулирования применения PLC; внедрение PLC решений и проблемы электромагнитной совместимости; опыт внедрения PLC в Мире и другие. Приведены результаты сравнительного анализа основных технологий широкополосного доступа для решения проблемы “последней мили” как на внешних участках, так и внутри зданий. Проанализированы сильные и слабые места технологии PLC. Отмеченные перспективы и направления развития данной технологии.

Ключевые слова: последняя миля, технология PLC, широкополосная сеть доступа

Nedashkivskiy O. L. Research of place of PLC-basis networks in the structure of existent and perspective solution for the “last mile”. The results of research of the place of PLC-basis networks in the structure of existent and perspective solutions for “last mile” are expounded in this article. This is an initial point for such further researches of problems of introduction of PLC as: PLC-technology as market segment of solution of problems of “last mile”; a normatively-legal base and international standards according to relation to adjusting of application of PLC; the introduction of PLC-solution and problem of electromagnetic compatibility; the experience of introduction of PLC in World and so on. The results of comparative analysis of basic broadband access technologies of “last mile” both on external areas and into building are presented. The strong and weak points of PLC technology are analysed. The prospects and directions of development of this technology are marked.

Keywords: last mile, PLC technology, broadband access

Вступ. Постановка задачі. В галузі сучасних телекомунікацій проблема “останньої милі” залишається однією з найактуальніших. Очевидно, що від вживаних рішень для побудови мереж доступу багато в чому залежить успіх бізнесу телекомунікаційних операторів, а також ефективне функціонування відомчих і корпоративних мереж зв'язку.

Волоконно-оптичні лінії зв'язку забезпечують передачу даних з великою швидкістю, але до масового користувача вони доки не доходять, знаходячи широке застосування, як правило, в корпоративному секторі.

На масовому ринку абонентського доступу сьогодні найбільш затребуваною вважається технологія xDSL, яка забезпечує користувачам доступ до мережі Інтернет (Інтранет) і інших інфокомунікаційних послуг по існуючих телефонних лініях. Певну долю в цьому сегменті займають також такі технології як широкопосмуговий безпроводний і супутниковий доступ, доступ по мережах кабельного телебачення, пакетна передача даних в мережах стільникового зв'язку 2.5G/3G (GPRS/EDGE/UMTS, CDM CDMA 2000 1X/ EV-DO), 4G.

Такі чинники, як широка поширеність електричних мереж 0,2÷0,4 кВ, відсутність необхідності дорогого будівництва кабельної каналізації, пробивки стін і прокладення кабелів зв'язку і ін. стимулюють дослідження [1] силових мереж як альтернативного середовища передачі даних і розвиток ще однієї технології широкопосмугового доступу – по електромережах. Ця технологія дістала назву PLC – PowerLine Communications [2...6].

В кінці 20 століття активно проводилися роботи із створення рішень PLC на основі електричних мереж 0,2÷0,4 кВ. Було розроблено обладнання PLC першого і другого поколінь. Досягнута гранична швидкість передачі даних не перевищувала 10-14 Мбіт/с. Реальна ж швидкість передачі даних в тестових мережах PLC із застосуванням цього обладнання відрізнялася на порядок і складала 1-2 Мбіт/с. Окрім цього, абонентське обладнання PLC мало порівняно високу вартість, для електроліній, “ущільнених” PLC, був характерний високий рівень електромагнітних випромінювань.

Тому до недавнього часу технологія PLC застосовувалася для комерційного надання телекомунікаційних послуг в обмеженому масштабі, будучи неконкурентоздатною по відношенню до інших технологій, і передусім xDSL. Проте останні досягнення мікроелектроніки, що дозволили створити системи PLC третього та четвертого покоління, які забезпечують швидкість передачі даних до 500 Мбіт/с [7, 8] при використанні стандартних електроліній, відкривають нові можливості для реалізації широкосмугового доступу. Це дає підстави вважати, що “списувати” PLC як технологію для вирішення проблеми останньої милі, поки передчасно.

У цій статті викладені результати визначення місця мереж на основі PLC в структурі існуючих і перспективних рішень для “останньої милі”, що є вихідною точкою для дослідження по наступним актуальним проблемам впровадження PLC:

- технологія PowerLine Communications як сегмент світового телекомунікаційного ринку рішень проблем “останньої милі”;
- нормативно-правова база і міжнародні стандарти, що визначають застосування технології PLC;
- впровадження PLC-рішень і проблема електромагнітної сумісності;
- пропозиції провідних виробників обладнання для побудови мереж на основі PLC;
- досвід впровадження PLC в зарубіжних країнах, а також аспекти комерційної реалізації рішень PLC в Україні.

Оскільки дослідження сфокусоване на застосуванні PLC в мережах абонентського доступу, як середовище передачі розглядаються тільки електролінії напругою нижче 400 В.

Дослідження місця мереж на основі PLC. Ідеї використати для передачі інформації вже готову електричну інфраструктуру, що охоплює величезні території, на яких мешкає основна частина населення Землі, народилися в двадцятих роках ХХ сторіччя. У той час в декількох країнах світу почалися дослідження, пов'язані з передачею інформації по лініях електропередач. Ці роботи дозволили створити ряд технологій, що дозволяють передавати телеметричну і іншу низькошвидкісну інформацію по так званих технологічних каналах зв'язку. Донині такі системи успішно експлуатуються в енергетиці і на залізничному транспорті.

Відмітимо, що в Україні вже декілька десятків років підприємства енергетичного комплексу займаються питаннями передачі технологічної інформації по силових електричних мережах середньої (6÷35 кВ) і високої (35÷150 кВ) напруги.

До 80-х років минулого століття підприємствами енергетичного комплексу для організації відомчих технологічних каналів зв'язку і управління в основному застосовувалося електромеханічне обладнання з використанням тональних частот в діапазоні до декількох кГц.

Пізніше були розроблені і впроваджені в технологічний процес енергетичного комплексу електронні системи передачі інформації по силових електричних мережах (аналогові і цифрові), що дозволяють досягати при передачі даних частоти в діапазоні до декількох сотень кілогерц.

Проте ці системи призначені в основному для організації відомчих каналів диспетчерського і технологічного управління по лініях електропередачі, в принципі задовольняючи потреби енергетиків, не могла отримати широкого поширення як обладнання передачі даних в мережах зв'язку загального користування (в основному через низькі швидкості передачі).

Проте, ідея використати електричні мережі для надання послуг зв'язку, в силу своєї привабливості, не канула в небуття, а активно розроблялася провідними виробниками телекомунікаційного і енергетичного обладнання.

Крім того, інтерес до цієї технології обумовлений ще рядом обставин:

– тенденцією до збільшення потреб в засобах телекомунікацій для систем управління і моніторингу в промисловості, транспорті, організації бізнесу і інших областях діяльності, які стають усе більш інтелектуальними і розподіленими;

– значним поширенням нових видів інформаційного обміну, які також потребують розвиненої інфраструктури зв'язку (засоби домашньої автоматики, корпоративні мережі, мережі малих і домашніх офісів, розподілені системи охоронної, пожежної і інших видів сигналізації).

Розвиток мікроелектроніки і локальних мереж дав поштовх іншому напрямку – технології високошвидкісної передачі інформації по мережах електроживлення 0,2÷0,4 кВ, яка дістала назву PowerLine Communications (PLC). Існують і інші варіанти назви – PowerLine Telecommunications (PLT), Broadband over Power Line (BPL). Ця технологія припускає передачу абонентові широкосмугового сигналу (швидкість до 500 Мбіт/с) по існуючих електричних мережах напругою 220÷380 В.

Перші експерименти проводилися ще в 1997 році, коли Nor.Web провела випробування в Манчестері і Мілані. Проте позитивних результатів досягти не вдалося. Потім компанія Bewag запатентувала телекомунікаційну розробку, а фірма Veba досягла збільшення швидкості передачі даних по електромережі. Перші промислові зразки були підготовлені ізраїльською компанією Main.net, яка власне і запропонувала термін PLC.

В період 2001-2013 р.р. в 50 країнах світу було розгорнуто більше 200 дослідних зон, де успішно пройшли випробування різні системи широкосмугового доступу на основі технології PLC. Проте до масового комерційного запуску проектів на основі PLC справа не дійшла. Широке поширення систем на основі кабельних мереж, технологій xDSL і безпроводового доступу привело до різкого зростання конкуренції в цьому сегменті.

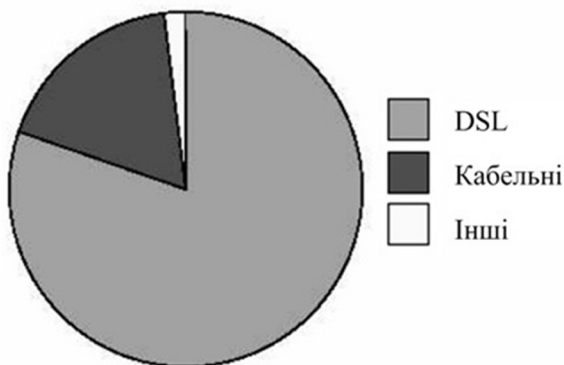


Рис. 1. Розподіл технологій в сегменті широкосмугового абонентського доступу

На Рис.1 представлена діаграма, що ілюструє розподіл технологій в сегменті широкосмугового абонентського доступу в країнах ЄС (грудень 2013 р.).

Прогноз проникнення широкосмугового доступу на 2003-2008 р.р. представлений на Рис. 2. Очікувалося, що в Європі і США проникнення широкосмугового доступу в 2008р. перевищить 50%.

Місце технології PLC на ринку абонентського широкосмугового доступу багато в чому зумовлюється її конкурентоспроможністю по відношенню до існуючих альтернативних технологій.

Порівняльний аналіз основних технологій широкосмугового доступу для вирішення завдання “останньої милі” представлений в Табл. 1. Порівняння проведене за такими параметрами як швидкість передачі даних і істотні обмеження.

Порівняльний аналіз основних технологій широкосмугового доступу для вирішення завдання “останнього дюйма” (усередині будівель) представлений в Табл. 2.

Порівняння технологій PLC, ADSL і проводових технологій (оптика/коаксіальний кабель) приведені в Табл. 3.

Висновки. Місце технології PLC на ринку абонентського широкосмугового доступу багато в чому зумовлюється її конкурентоспроможністю по відношенню до існуючих альтернативних технологій. Такі чинники, як широка поширеність електричних мереж

0,2÷0,4 кВ, відсутність необхідності дорогого будівництва кабельної каналізації, пробивки стін і прокладення кабелів зв'язку та інше стимулюють дослідження силових мереж як альтернативного середовища передачі даних і розвиток технологій широкосмугового доступу по електромережах. Гальмуючим фактором на сьогодні є сильна конкуренція з боку інших технологій доступу.

Поява четвертого покоління елементної бази PLC, яке при використанні стандартних ліній електромережі забезпечує швидкість доступу до 500 Мбіт/с, дасть новий імпульс створенню мереж широкосмугового абонентського доступу на основі ліній електропередач і, тим самим, до загострення конкуренції в цьому сегменті.

Нині технологія PLC (BPL) активно застосовується в якості основи для технологічного зв'язку міжнародними енергокомпаніями та у сегментах малих офісів та домашньому сегменті.

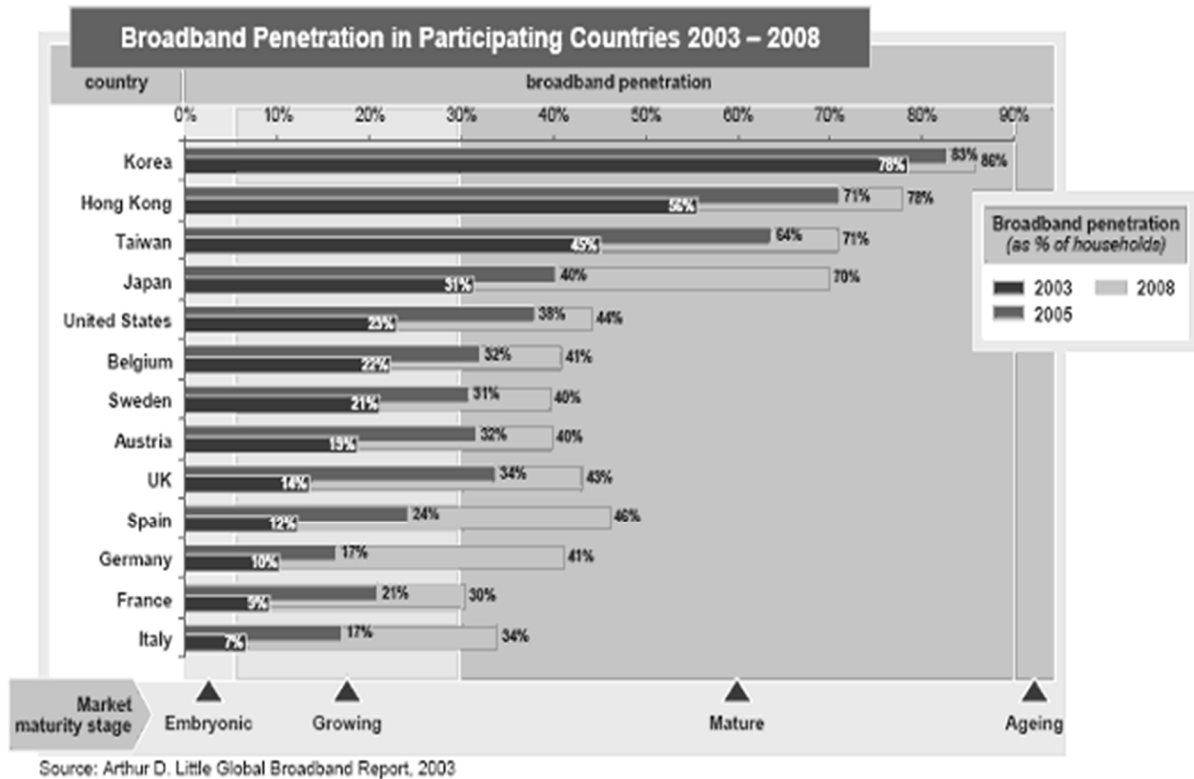


Рис. 2. Прогноз проникнення широкосмугового доступу на 2003-2008 р.р.

Технології широкосмугового доступу для завдання “останньої милі”		Табл. 1
Технологія	Швидкість передачі даних	Властивості/обмеження
ADSL	Вниз: до 24 Мбіт/с. Вверх: до 3,3 Мбіт/с.	Дальність до 5 км.
3,5 ГГц радіодоступ	До 10 Мбіт/с.	Максимальна зона обслуговування: 20 км.
Кабельні модеми	Вниз: до 10 Мбіт/с. Вверх: до 2 Мбіт/с.	Спільне використання та розподілення між активними користувачами.
PLC або BPL	500 Мбіт/с магістральному сегменті. 100 Мбіт/с сегменті користувача.	Спільне використання та розподілення між активними користувачами. Дальність, у випадку без застосування повторювачів: - в магістральному сегменті: 500 м; - в сегменті користувача: 300 м (Powerplug стандарт).
Супутник	Вниз: до 2 Мбіт/с. Вверх: до 1 Мбіт/с.	Дуплексний зв'язок можливий із додатковим застосуванням ТМЗК.

Технології широкосмугового доступу для завдання “останнього дюйма”

Табл. 2

	Стандартний Ethernet	HomePNA	Бездротовий: IEEE 802.11	Бездротовий: HomeRF	Бездротовий: Bluetooth	PLC (BPL/PLT)
Технологічна основа	Використовує пару категорії 5	Використовує існуючу телефонну розводу та FDM	Використовує радіодоступ між користувачем і точкою доступу	Використовує радіодоступ на частоті 4,2 ГГц	Використовує радіодоступ на частоті 4,2 ГГц	Використовує існуючу електричну розводу
Специфікації та Організації стандартизації	IEEE 802.3 IEEE 802.5	Home Phoneline Networking Association HomePNA 1.0 HomePNA 2.0 IEEE and WTU	IEEE 802.11 HR IEEE 802.11	HomeRF Working Group SWAP-протокол	Bluetooth Special Interest Group (SIG)	Приватні
Швидкості	Від 10 Мбіт/с до 100 Мбіт/с	HPNA 1.0: до 1 Мбіт/с HPNA 2.0: до 10 Мбіт/с	802.11 HR: до 11 Мбіт/с 802.11n до 450 Мбіт/с	10 Мбіт/с	1 Мбіт/с	Від 1 Мбіт/с до 200 Мбіт/с
Дальність	До 500	До 500 між вузлами	Від 100 до 300	До 100	До 35	До 700
Застосування	PP, ПД, ДК, ДА, РД	PP, ПД, ДК, ДА, РД	PP, ПД, ДК, ДА, РД	PP, ПД, HS, ДК, РД	ПД, РД	RS, ПД, ДК, ДА, РД
Сумісність з апаратним програмним забезпеченням та сервісами високошвидкісного доступу в Інтернет	Повна мережева сумісність	Повна мережева сумісність	Повна мережева сумісність	Повна мережева сумісність	Сумісна на рівні Bluetooth-чипів	Повна мережева сумісність
Гнучкість	Розширення вимагає додаткових кабельних з'єднань та мережевих пристроїв.	Адаптери вимагають підключення до інших пристроїв.	Адаптери вимагають підключення до інших пристроїв та у випадку великої віддаленості від точки доступу.	Адаптери вимагають підключення до інших пристроїв	Тільки нові пристрої з Bluetooth-чипом	Адаптери вимагають підключення до інших пристроїв
Надійність	Висока	Висока	Від високої до середньої	Від високої до середньої	Від високої до середньої	Середня
Вартість	Висока	Низька	Мінлива	Середня	Середня	Низька
Безпека	Висока	Висока	Висока	Висока	Висока	Висока

Примітки. Використовуються скорочення:

PP – розподілення ресурсів (resource sharing);

ПД – передача даних (communications);

ДК – домашній контроль (home controls);

ДА – домашня автоматика (home scheduling);

РД – розваги та дозвілля (entertainment & information).

Технології PLC, ADSL і проводових технологій (оптика/коаксіальний кабель)			Табл. 3
	Стандартний Ethernet	HomePN	PLC (BPL/PLT)
Інфраструктура	Оптика+коаксіал і мідні пари ¹ (нові сегменти)	Використовує існуючу телефонну розводу та FDM	Використовує існуючу електричну розводу
Розподілювані ресурси	Так (В середньому 1000 користувачів ²)	Ні (окрема відділена лінія для кожного користувача)	Так (приблизно 200-250 користувачів)
Сервіси	«Три в одному»: телебачення, телефонія, широкопasmовий доступ	Широкопasmовий доступ	«Три в одному»: телебачення (IPTV), телефонія (VoIP), широкопasmовий доступ. Телеконтроль і телеуправління (Smart Home, Smart Grid)
Швидкість передачі	Вниз: до 10 Мбіт/с, Вверх: до 45 Мбіт/с	Від 4 до 24 Мбіт/с (ADSL) Як правило асиметрична.	100 Мбіт/с (вниз і вверх) Нове покоління: 500 мбіт/с Симетрична.
Капітальні витрати на користувача ³	Високі	Від середніх до низьких	Від середніх до низьких

Примітки:

- ¹ В неінтегрованих мережах додатково потрібні мідні проводи для голосових сервісів.
² Дуже сильно залежить від дизайну конкретної мережі.
³ Деталізація вимагає наступних досліджень.

Література

1. Створення телекомунікаційних систем з кодовим поділом каналів на основі мережі електроживлення / [А. І. Семенко, Н. І. Бокла, А. О. Макаренко, А. А. Шокотько] // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2010. – №4(16). – С. 89-92.
2. IEEE Standard for Broadband over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications // IEEE 1901. – 2010.
3. Press release announcing approval of IEEE Std 1901-2010 [Електронний ресурс] // – Режим доступу: <http://grouper.ieee.org/groups/1901/> (30.03.2014).
4. Broadband over Power Lines (BPL) [Електронний ресурс] // – Режим доступу: <http://ntrg.cs.tcd.ie/undergrad/4ba2.05/group13/index.html#21> (30/03/2014).
5. G3-PLC Overview [Електронний ресурс] // – Режим доступу: <http://www.g3-plc.com/content/g3-plc-overview> (30/03/2014).
6. ITU-T newslog - New GLOBal standard for fully networked home [Електронний ресурс] // – Режим доступу: <http://www.itu.int/ITU-T/newslog/New+Global+Standard+For+Fully+Networked+Home.aspx> (30.03.2014).
7. Gigabit Home Networking – The Future of Home Networks, Today [Електронний ресурс] // – Режим доступу: http://www.homegridforum.org/content/pages.php?pg=about_overview (30.03.2014).
8. HomePlug technology applications [Електронний ресурс] // – Режим доступу: http://www.homeplug.org/tech/homeplug_tech_apps/ (30/03/2014).