

**ДЕРЖАВНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**

О.Л. Недашківський, Б.Ю. Жураковський, С.І. Тарбасєв

**ТЕХНОЛОГІЯ PLC
ТА ЇЇ ПЕРСПЕКТИВИ НА РИНКУ
ШИРОКОСМУГОВОГО АБОНЕНТСЬКОГО
ДОСТУПУ**

Навчальний посібник

Для студентів, що навчаються за спеціальністю
050903- «Телекомунікації»

Київ – 2014

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ТА
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**

О.Л. Недашківський, Б.Ю. Жураковський, С.І. Тарбасв

**ТЕХНОЛОГІЯ PLC
ТА ЇЇ ПЕРСПЕКТИВИ НА РИНКУ
ШИРОКОСМУГОВОГО АБОНЕНТСЬКОГО
ДОСТУПУ**

Навчальний посібник

Для студентів, що навчаються за спеціальністю
050903- «Телекомунікації»

Київ – 2014

УДК 621.39

ББЛ 32.973.202

Б81

Рецензенти: доктор технічних наук, професор Л.Н. Беркман

доктор технічних наук, професор А.І. Семенко

Рекомендовано Вченою радою факультету Інформаційних технологій Навчально-наукового інституту телекомунікацій та інформатизації в якості навчального посібника.

Навчальний посібник призначений для самостійної роботи студентів вищих навчальних закладів під час поглибленого вивчення дисциплін «Технології та протоколи телекомунікаційних мереж» (ТтПТМ), «Проектування інфокомунікаційних мереж» (ПІМ).

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ	5
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ POWERLINE COMMUNICATIONS ЯК СЕГМЕНТУ СВІТОВОГО ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОГО РИНКУ ПОДОЛАННЯ ПРОБЛЕМИ «ОСТАННЬОЇ МИЛІ»	10
1.1 Визначення місця мереж на основі PLC в структурі існуючих і перспективних рішень для «останньої милі»	10
1.2 Класифікація технологій для передачі інформації по електромережах і сфері їх застосування.....	16
1.3 Огляд технологій широкосмугового абонентського доступу на основі PLC 20	
1.4 Структура і функціональний склад мережі на основі PLC.....	22
1.5 Діапазони частот, що використовуються для реалізації технології PLC	27
Висновки.....	29
Контрольні питання.....	30
2 ОГЛЯД НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЇ БАЗИ І МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ PLC 31	
2.1 Огляд нормативно-правової бази, що визначає системні вимоги до побудови мереж на основі технології PLC	31
2.2 Основні організації, що беруть участь у формуванні технічної політики в області PLC.....	34
2.3 Основні промислові та міжнародні стандарти і проекти з проблеми PLC .	39
2.3.1 Промислові стандарти.....	39
2.3.1.1 HomePlug v.1.0.....	39
2.3.1.2 HomePlug v.AV.	41
2.3.2 Міжнародні стандарти	43
2.3.2.1 Проект OPERA.....	44
Висновки.....	47
Контрольні питання.....	48
3 ВПРОВАДЖЕННЯ PLC-РІШЕНЬ І ПРОБЛЕМА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ.....	49
Контрольні питання.....	54
4 ОГЛЯД ПРОПОЗИЦІЙ ПРОВІДНИХ ВИРОБНИКІВ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ PLC.....	55
4.1 Виробники ІМС для PLC-рішень	55
4.2 Огляд пропозицій провідних виробників обладнання для систем PLC (установка усередині приміщень In-Door)	62
4.3 Виробники обладнання для комплексних рішень на базі PLC-технологій (для доступу на «останній милі» і рішень In-Door)	71
4.4 Комбіновані рішення із застосуванням PLC-технології	85

4.5 Висновки по розділу 4	86
Контрольні питання.....	87
5 АНАЛІЗ РЕАЛІЗАЦІЇ ДІЮЧИХ ПРОЕКТІВ І ПЕРСПЕКТИВНИХ ПЛАНІВ РОЗГОРТАННЯ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ PLC В ЗАРУБІЖНИХ КРАЇНАХ.....	88
5.1 Загальний огляд впровадження технології PLC в світі.....	88
5.2 Впровадження PLC в європейських країнах	89
5.3 Впровадження PLC в США та Канаді.....	91
5.4 Впровадження PLC в Кореї і Китаї	98
Контрольні питання.....	98
6 ОЦІНКА ПЕРСПЕКТИВ І МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКОШВИДКІСНИХ PLC-РІШЕНЬ ДЛЯ НАДАННЯ ПОСЛУГ ЗВ'ЯЗКУ В УКРАЇНІ.	99
6.1 Нормативно-правова база України для застосування технології PLC як рішення для мереж абонентського доступу операторського класу	99
6.2 Особливості застосування високошвидкісних рішень PLC у вітчизняних електричних мережах	107
6.3 Стан і перспективи впровадження технології PLC в Україні та СНД	109
6.3.1 Тестові випробування, дослідження.....	109
6.3.2 Комерційні проекти.....	110
6.3.3 Виробники (постачальники) обладнання PLC	111
6.3.4 Оцінка комерційних перспектив PLC в Україні	112
Контрольні питання.....	113
ВИСНОВОК.....	114
ЛІТЕРАТУРА	116
МІСЦЕ ДЛЯ НОТАТОК	118

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ADSL-Asymmetric Digital Subscriber Line
AMR-Automatic Meter Reading
BSS-Business Support Systems
BPL – Broadband over Power Line
CAGR-Compound Annual Growth Rate
CaTV-Cable TV
CAPEX-Capital Expenditure
CD-Committee Draft Document in CISPR
CDV-Committee Draft for Vote in CISPR
CENELEC-European Committee for Electrotechnical Standardization
CISPR-International Special Committee on Radio Interference
CLEC-Competitive Local Exchange Carrier
CoCom-Communications Committee
CPE-Customer Premise Equipment
DSM-Demand Side Management
ECTA-European Competitive Telecommunications Association
EDF-Electricité de France
EDP-Electricidade de Portugal
EEF -Entreprises Électriques Fribourgeoises
EMC-Electromagnetic Compatibility
EMI-Electromagnetic Immunity
EnBW-Energie Baden-Württemberg
ETSI-European Telecommunications Standards Institute
EU-European Union
EU15-The 15 European Union Countries until May 2004

EU25-The 25 European Union Countries since May 2004

FTTH-Fibre to the Home

GIS-Geographic Information Systems

HDTV-High Definition TV

HFC-Hybrid Fibre Coaxial

HV-High Voltage

IE-Intermediate Equipment

ILEC-Incumbent Local Exchange Carrier

IP-Internet Protocol

ISDN-Integrated Services Digital Network

ISP-Internet Service Provider

ITU-International Telecommunications Union

LAN-Local Access Network

LLU-Local Loop Unbundling

LMDS-Local Multipoint Distribution System

LV-Low Voltage

MoU-Memorandum of Understanding

MPLS-Multiprotocol Label Switching

MV-Medium Voltage

NMS-Network Management Systems

NPRM-Notice of Proposed Rulemaking

NTIA-The National Telecommunications and Information

OFDM-Orthogonal Frequency Division Multiplex

OPEX-Operating Expenditure

OSS-Operational Support System

PAS-Public Available Specifications

PC-Personal Computer

PLC-PowerLine Communications

PSTN-Public Switched Telephony Network

PT-Portugal Telecom

PUA-PLC Utilities Alliance

RJ-11-Registered Jack -11

RJ-45-Registered Jack -45

SME-Small and Medium Enterprise

SOHO-Small Office Home Office

StDH-Services to the Digital Home

StU-Services to the Utility

TCF-Technical Construction File

TE-Transformer Equipment

UK-United Kingdom

US-United States of America

USB-Universal Serial Bus

VAS-Value Added Service

VDSL-Very High Speed Digital Subscriber Line

VoD-Video on Demand

VoIP-Voice over IP

WLL-Wireless Local Loop

xDSL-Refers collectively to all types of digital subscriber lines: Asymmetric and Symmetric DSL (ADSL and SDSL), High-data-rate DSL (HDSL) and Very high DSL (VDSL).

БК-Внутрішній контроллер

КД-Концентратор абонентського доступу

ЕМС-Електромагнітна сумісність

ІМС-Інтегральна мікросхема

ВСТУП

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 іншим інфокомунікаційним послугам по існуючим телефонним лініям. Певну долю в цьому сегменті займають також такі технології як широкосмуговий безпроводний радіодоступ 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 силових мереж як альтернативного середовища передачі даних і розвиток ще однієї технології широкосмугового доступу – по електромережах. Ця технологія дістала назву PLC – PowerLine Communications [1, 2, 5, 6, 7].

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 [3, 4] 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 цьому навчальному посібнику наведені результати 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 СНД.

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

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ POWERLINE COMMUNICATIONS ЯК СЕГМЕНТУ СВІТОВОГО ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОГО РИНКУ ПОДОЛАННЯ ПРОБЛЕМИ «ОСТАННЬОЇ МИЛІ»

1.1 Визначення місця мереж на основі PLC в структурі існуючих і перспективних рішень для «останньої милі»

Ідеї використати для передачі інформації вже готову електричну інфраструктуру, що охоплює величезні території, на яких мешкає основна частина населення Землі, народилися в двадцятих роках XX 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 СНД вже декілька десятків років підприємства енергетичного комплексу займаються питаннями передачі технологічної інформації по силових електричних мережах середньої ($6\div 35$ кВ) і високої ($35\div 150$ 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 кГц.

Проте, ця Обладнання, призначена 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 20 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 2001-2005 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.

На рис.1.1 представлена діаграма, що ілюструє розподіл технологій в сегменті широкосмугового абонентського доступу в країнах ЄС (грудень 2013 р.).

Розподіл технологій широкосмугового
абонентського доступу у ЄС

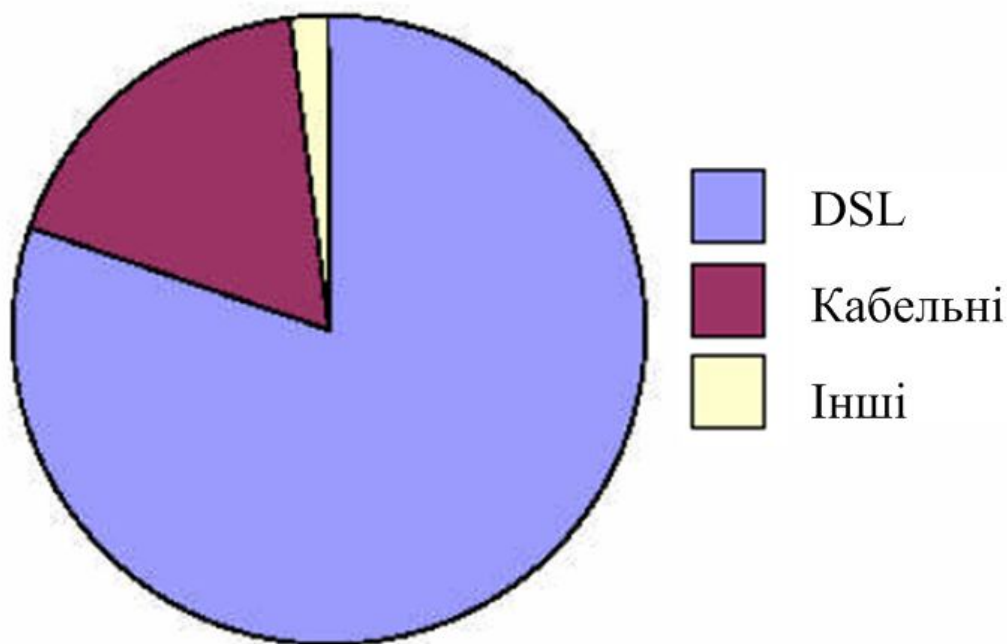


Рис.1.1 Розподіл технологій в сегменті широкосмугового абонентського доступу
у країнах ЄС

Прогноз проникнення широкосмугового доступу на 2003-2008 р.р. представлений на рис.1.2. Очікувалося, що в Європі і США проникнення широкосмугового доступу в 2008р. перевищить 50%.

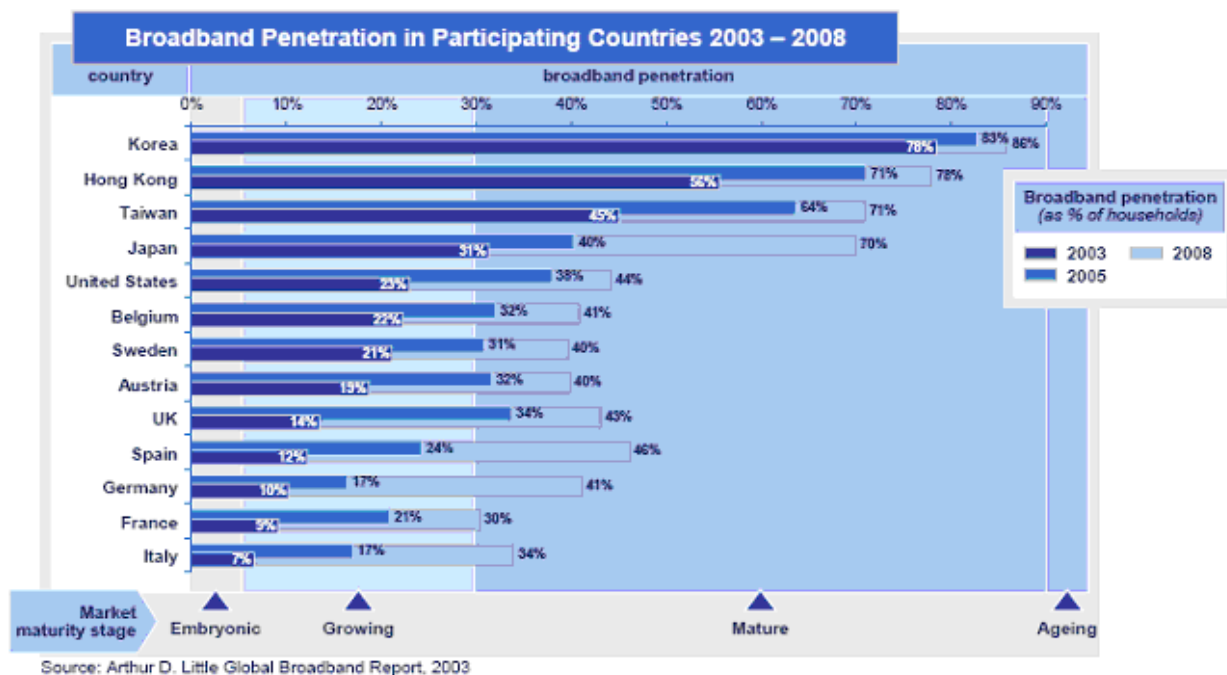


Рис.1.2 Прогноз проникнення широкосмугового доступу на 2003-2008 р.р.

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 таблиці 1.1. 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 таблиці 1.2.

Порівняльний аналіз основних технологій широкосмугового доступу для
вирішення завдання «останньої милі»

Таблиця 1.1

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 в магістральному сегменті. 100 Мбіт/с в 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 (Homeplug стандарт).
Супутник	Вниз: до 2 Мбіт/с. Вверх: до 1 Мбіт/с.	Дуплексний зв'язок можливий із додатковим застосуванням ТМЗК.

Порівняння технології PLC, ADSL і провідних технологій (оптика/коаксіальний кабель) приведене в таблиці 1.3.

Ймовірно, поява третього покоління елементної бази PLC (див. розділ 4), яке при використанні стандартних ліній електромережі забезпечує швидкість доступу до 200 Мбіт/с, дасть новий імпульс створенню мереж широкосмугового абонентського доступу на основі ліній електропередач і, тим самим, до загострення конкуренції в цьому сегменті.

Порівняльний аналіз основних технологій широкосмугового доступу для
вирішення завдання «останнього дюйма»

Таблиця 1.2

	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 із 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 і 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	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)

Порівняння технологій PLC, ADSL і провідних технологій (оптика/коаксіальний кабель)

Таблиця 1.3

	Стандартний Ethernet	HomePNA	PLC (BPL/PLT)
Інфраструктура	Оптика+Коаксіал і мідні пари ¹ (нові сегменти)	Використовує існуючу телефонну розводу та FDM	Використовує існуючу електричну розводу
Розподілені 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

1.2 Класифікація технологій для передачі інформації по електромережах і сфері їх застосування

В існуючій класифікації систем розподілу електроенергії прийнято виділяти три типи мереж: магістральні-110 кВ і більше, високовольні-4÷50 кВ, і низьковольні-менше 400 В. Нагадаємо, що від трансформаторних підстанцій лінії з напругою 200÷400 В доводяться до кінцевого споживача.

Очевидно, що для організації абонентського доступу використовуються низьковольні електромережі (до 400 В).

Нині існує декілька стандартних підходів до високошвидкісної передачі інформації по лініях електроживлення. Відмінності між ними полягають, передусім, в орієнтації на конкретний клас додатків, а також в методах і засобах забезпечення надійної інформаційної взаємодії.

Найважливіші сфери застосування засобів зв'язку на основі електричних мереж показані на рис.1.3. Кожен клас додатків характеризується специфічними вимогами до швидкості і дальності передачі, методу доступу і інших показників, що визначають якість передачі.

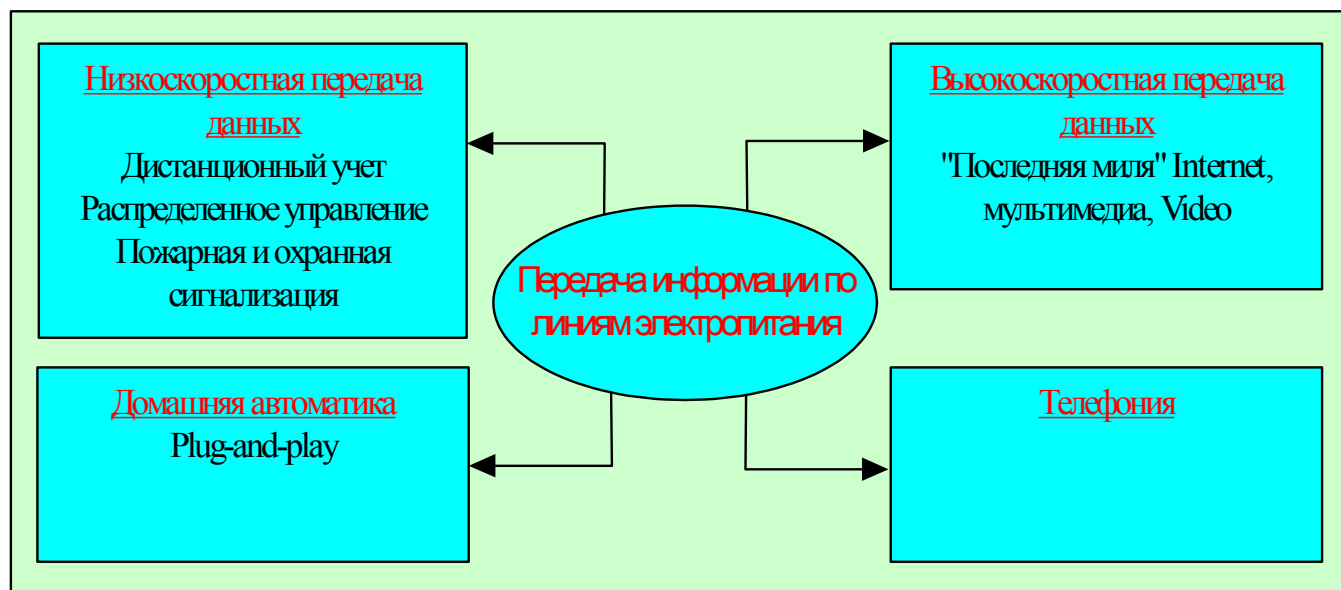


Рис. 1.3 Сфери застосування засобів зв'язку на основі електричних мереж

До низькошвидкісних розподілених систем управління і обліку відносяться системи автоматичного управління в цехах і на виробничих територіях, системи життєзабезпечення будівель (ліфти, кондиціонери, вентиляція), складські системи, засоби обліку енергоспоживання, системи охоронної і пожежної сигналізації в дачних селищах, гаражних кооперативах і так далі.

Інший клас додатків складають засоби домашньої автоматики, що дозволяють комплексно управляти побутовими приладами аж до автоматичного погодженого включення кавоварок і тостерів, а також виведення на телеекран зображення з вхідної відеокамери при появі неочікуваних гостей. Сюди ж можна віднести локальні мережі для домашніх і малих офісів, розгорнуті в межах невеликої будівлі або окремої квартири.

Інший варіант класифікації ділить телекомунікаційні системи на базі електромереж на два класи: широкосмугові і вузькосмугові (рис.1.4). У основу цієї класифікації покладений характер доступних послуг (додатків) на базі систем PLC (BPL), а саме, що вимагають смуги більше 2 МГц і що не вимагають такої смуги. Перший з вказаних класів систем PLC (BPL), у свою чергу, ділиться на два підкласи:

- системи, що вирішують безпосередньо задачу доступу (Access BPL);
- системи, що забезпечують зв'язок усередині приміщень (In House BPL, In-Door).

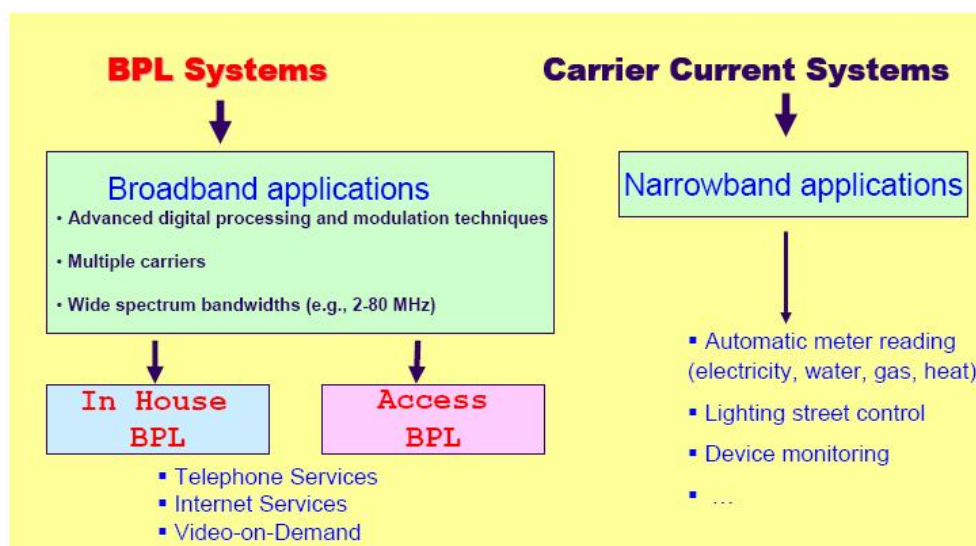


Рис.1.4 Класифікація телекомунікаційних систем на базі електромереж

Існуючі технології передачі даних по електричних мережах можна класифікувати за типом використовуваних ліній електропередач, швидкості передачі даних і, відповідно, по сфері застосування (рис.1.5).

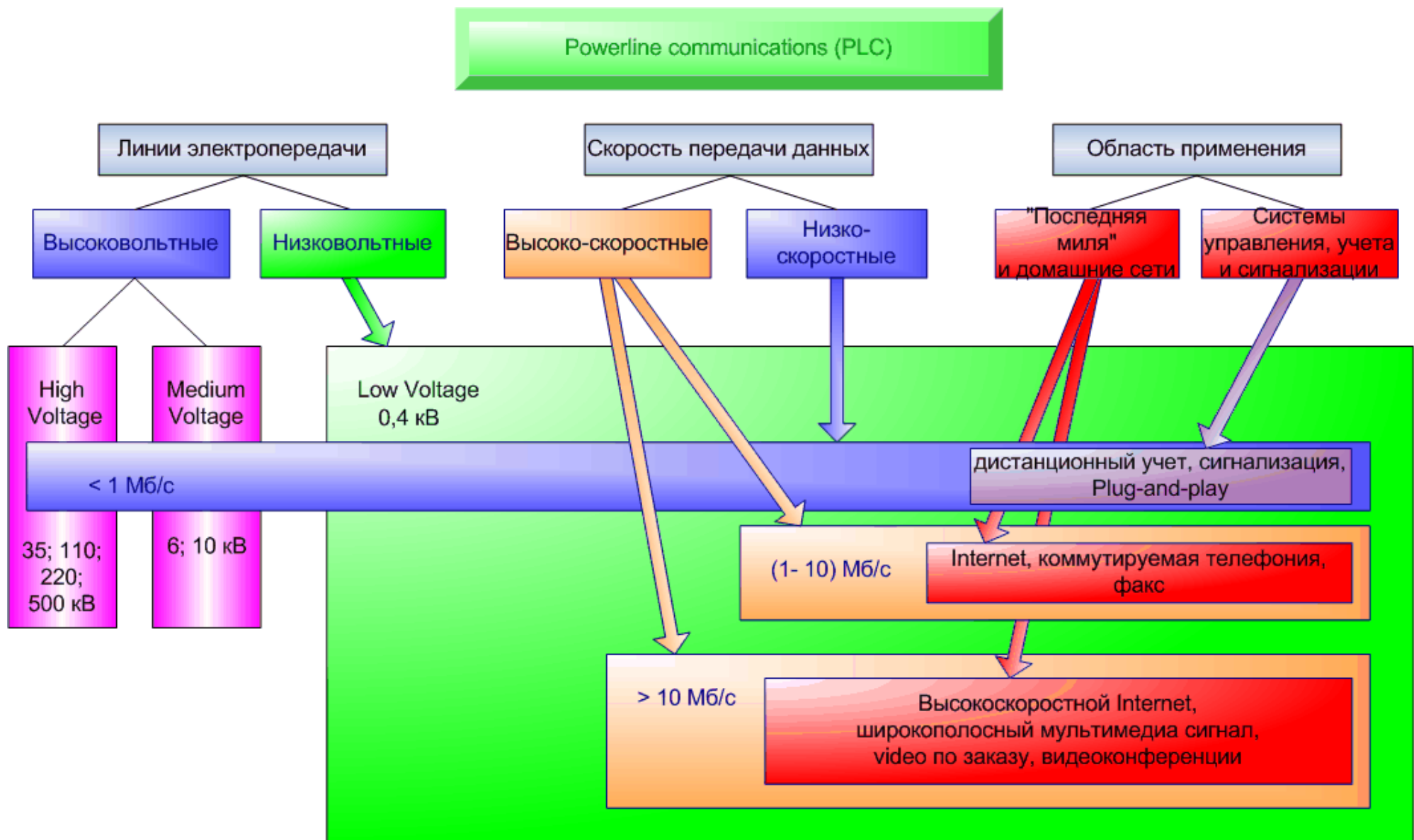


Рис. 1.5 Класифікація технологій Powerline communications (PLC)

1.3 Огляд технологій широкосмугового абонентського доступу на основі PLC

Сучасні PLC системи, орієнтовані на рішення задачі широкосмугового абонентського доступу, в основному використовують дві технології. У першій застосовується сигнал з так званих розширенням спектру (spread spectrum-SS), що істотно підвищує завадостійку передачі. При використанні SS-модуляції потужність сигналу розподіляється в широкій смузі частот, і сигнал стає непомітним на тлі перешкод. На приймаючій стороні значима інформація виділяється з шумоподобного сигналу з використанням унікальної для цього сигналу псевдовипадкової кодової послідовності. За допомогою різних кодів можна здійснювати передачу відразу декількох повідомлень в одній широкій смузі частот. Описаний принцип лежить в основі методу множинного доступу з кодовим розділенням каналів (CDMA). Відмітимо, що окрім завадостійкої SS-модуляція забезпечує високий рівень захисту інформації. Як базова використовується QPSK-модуляція.

Друга технологія ґрунтується на ортогональному частотному ущільненні з одночасною передачею сигналів на декількох несучих (OFDM-Orthogonal Frequency Division Multiplex). Цей метод також гарантує високу достовірність передачі і стійкість до спотворень сигналу.

Подальшим розвитком другого варіанту стала технологія, запропонована американською фірмою Intellon (www.intellon.com). Тут застосований модифікований OFDM-метод, в якому початковий потік даних розбивається на пакети і кожен з них передається в діапазоні частот $4,3 \div 20,9$ МГц з використанням відносної фазової модуляції власних піднесучих (DBPSK або DQPSK-Differential Quadrature Phase Shift Keying, диференціальна квадратурна

фазова модуляція із зсувом). Максимальна інформаційна швидкість передачі досягає десятків Мбіт/с.

Варіанти модуляції для систем PLC (PLT) приведені на рис.1.6.

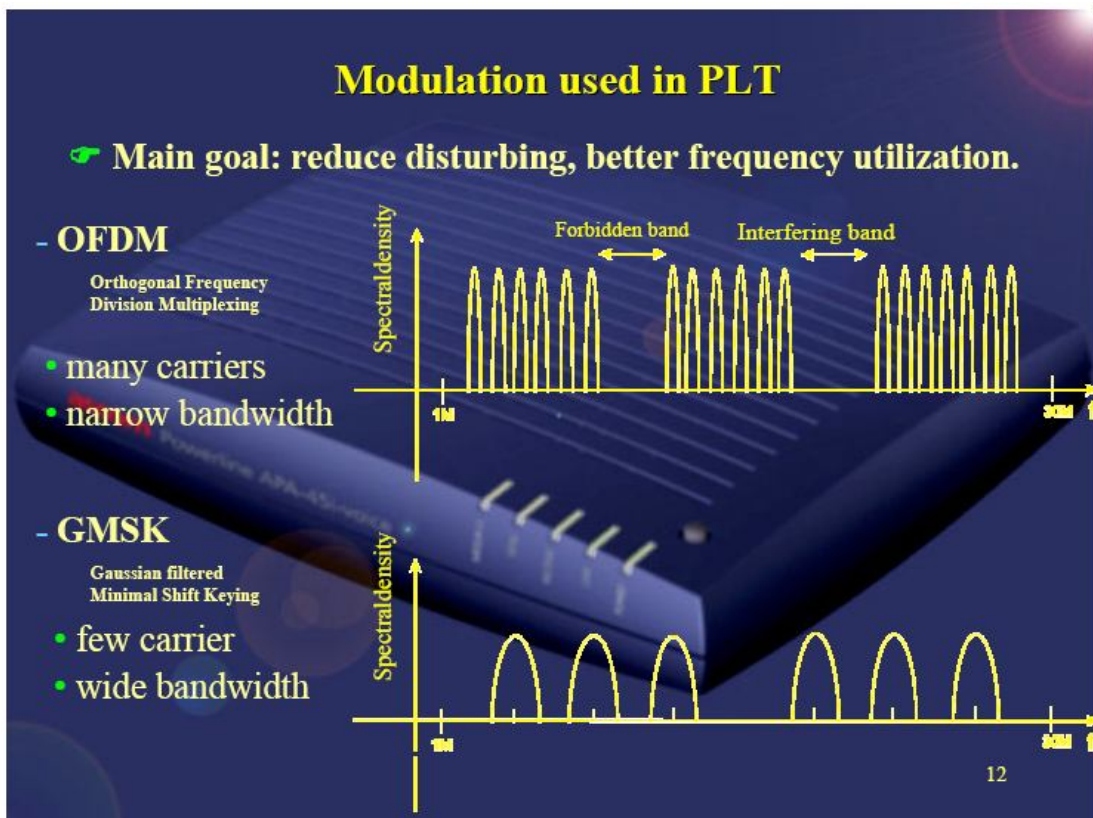


Рис.1.6 Варіанти модуляції для систем PLC

Як приклад на рис.1.7 представлений частотний план, реалізований в апаратурі компанії ASCOM.

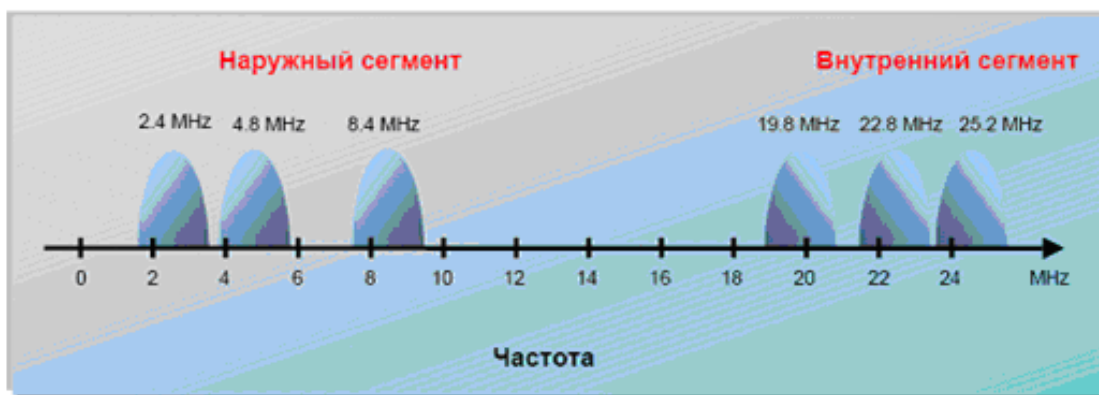


Рис.1.7 Частотний план, реалізований в апаратурі компанії ASCOM

Основні засоби підвищення надійності передачі на каналном рівні такі:

- розбиття пакетів даних на кадри невеликої довжини;
- використання корегуючих кодів для виявлення і виправлення помилок;
- застосування низькорівневих протоколів надійної передачі на основі підтверджень прийому коротких кадрів;
- використання ефективних методів управління доступом до середовища передачі даних.

Короткі пакети дозволяють збільшити не лише вірогідність достовірної передачі порції даних, але і ефективність адаптації передавальної сторони до характеристик мережі, що швидко міняються. При використанні широкосмугової модуляції це виражається в оптимальному перерозподілі потужності сигналу в смузі частот з урахуванням фактичного спектру перешкод.

Деякі фірми розробили оптимізовані протоколи доступу до середовища, що враховують особливості «електромережевих» застосувань і зашумленість ліній електроживлення. Оскільки значна частина таких застосувань (автоматичний облік, охоронна сигналізація, домашня автоматика) припускає наявність в мережі одного активного вузла, для забезпечення доступу доцільно використати методи опитування або передачі маркера. Це знімає проблеми розпізнавання несучих в зашумлених мережах і необхідність виявлення колізій. В цілях підвищення надійності самого управління доступом використовується принцип «триразового рукостискання» при передачі маркера.

1.4 Структура і функціональний склад мережі на основі PLC

У загальному випадку структура PLC-системи складається з обладнання, що забезпечує перехід від тракту системи зв'язку до електромережі (як до середовища передачі), так званих, зовнішнього обладнання доступу,

повторювачів, що забезпечує передачу інформації по електромережі на більшу відстань, і безпосередньо PLC-модему, що підключається до розетки електромережі. PLC-модем може забезпечувати підключення до каналу зв'язку як одного пристрою, так і декількох. У останньому випадку він виконує і функцію розподільника так званих HUB.

Зовнішнє обладнання доступу (зовнішній контроллер PLC), розміщене на локальній трансформаторній підстанції, підключається до IP магістралі і/або до телефонної мережі через існуючу телекомунікаційну інфраструктуру (через мережі Інтернет-провайдерів і/або операторів зв'язку). На виході зовнішній контроллер PLC підключається до електричної мережі, що поставляє електроенергію споживачам в обслуговуваних будівлях.

Дане обладнання є шлюзом між мережами загального користування (Інтернет, ТфЗК та ін.) і мережею абонентського доступу по електричних мережах (PLC-мережею) та управляє смугою пропускання між внутрішніми контроллерами, встановленими в приміщеннях будівлі.

Існує декілька варіантів підключення зовнішнього обладнання доступу PLC-мережі, розміщеного на локальній трансформаторній підстанції, до мереж IP і ТфЗК. Залежно від відстані і умов на трансформаторній підстанції для підключення можуть використовуватися радіорелейні лінії зв'язку, системи ШСД і кабельні лінії зв'язку (або на основі волоконно-оптичного кабелю або мідного кабелю).

Загальна топологія мережі доступу на основі технології PLC представлена на рис.1.8. Тут представлені три основні підсистеми: блок сервіс-провайдерів, транспортна інфраструктура на основі розподільної електромережі і безпосередньо мережа доступу. Остання окрім розподільника включає повторювачі (PLC Repeater) і безпосередньо PLC-модеми.

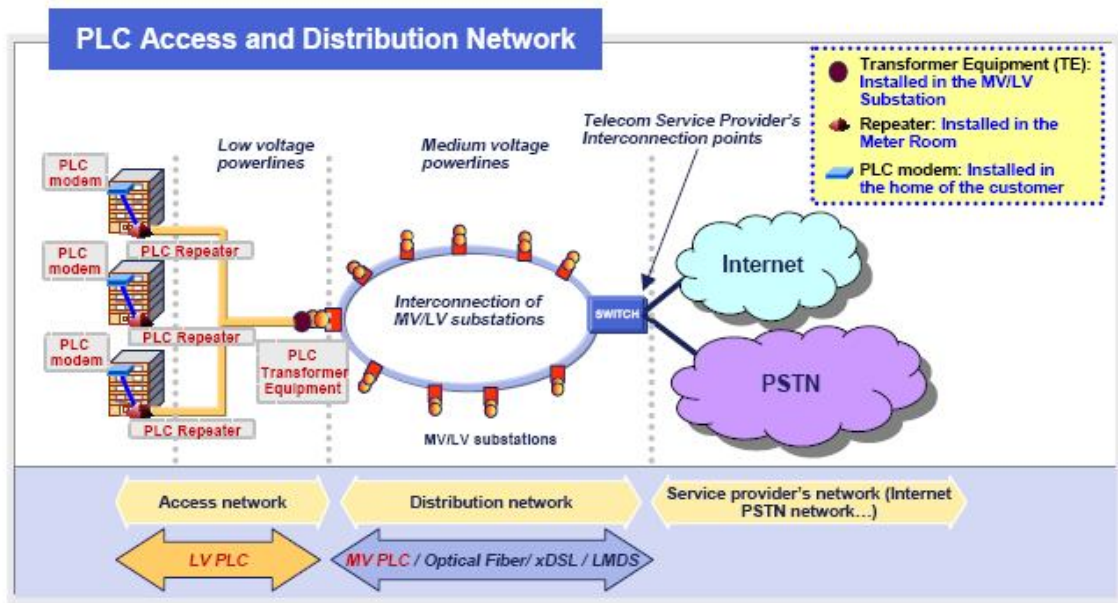


Рис. 1.8 Загальна топологія мережі доступу на основі технології PLC

Безпосередньо топологія мережі електроживлення (низьковольтного, до 400 В (LV), і середньовольтного 4÷10 кВ (MV)) в якості середовища доступу представлена на рис 1.9.

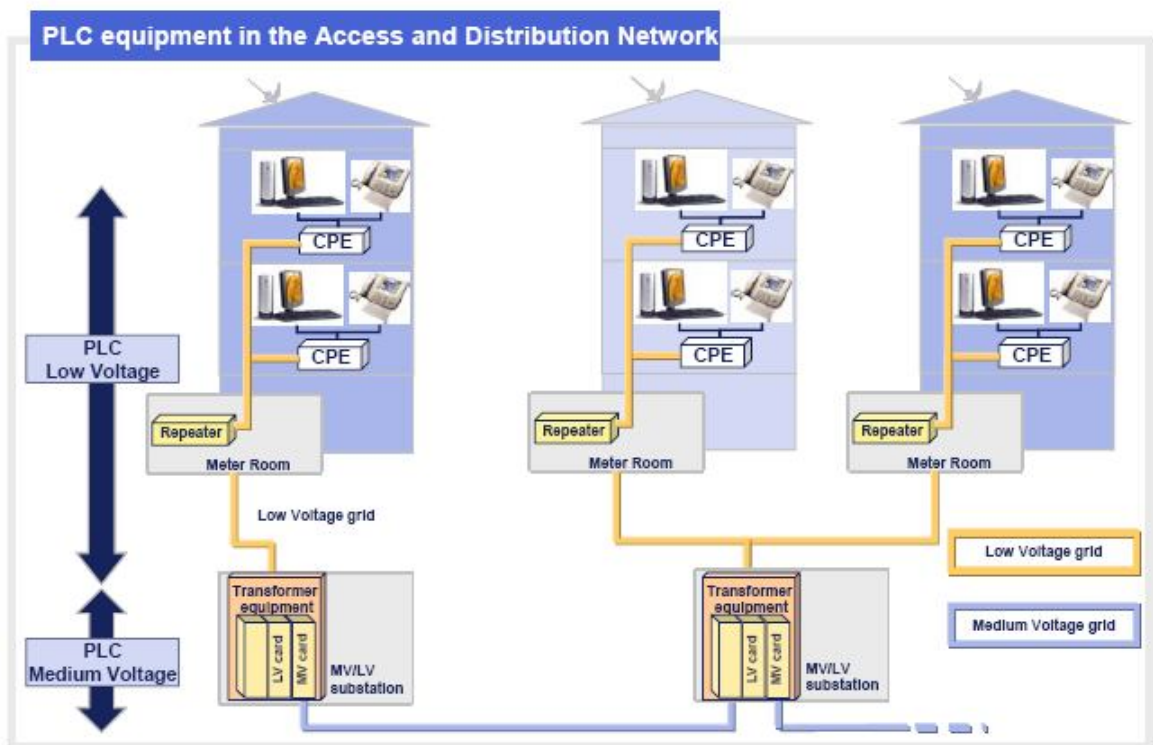


Рис. 1.9 Топологія мережі електроживлення, що використовується як середовище доступу

Варіант організації мережі доступу на основі PLC представлений на рис.1.10.

POWER LINE COMMUNICATION (PLC) AS A BROADBAND ACCESS TECHNOLOGY

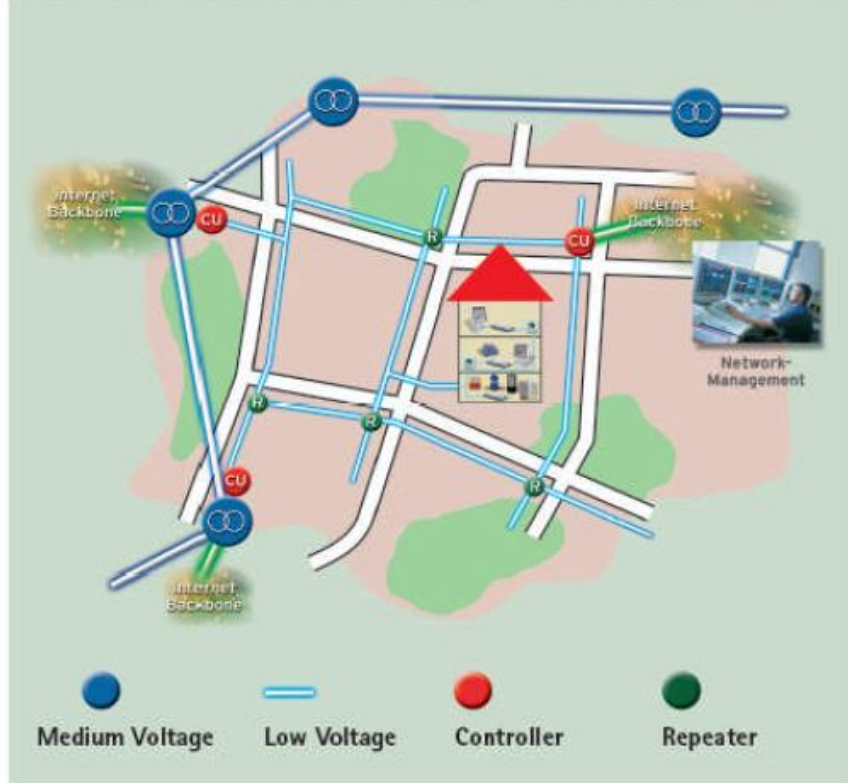


Рис. 1.10 Варіант організації мережі доступу на основі PLC

Основні елементи мережі доступу представлені на рис.1.11. Інформація від сервіс-провайдера поступає на PLC-шлюз. Концентратор абонентського доступу (КД) генерує потік даних в мережу електроживлення. Контроллер доступу (зовнішній) формує режим роботи внутрішніх контролерів (БК), встановлених у абонентів і керуючий розподілом інформації за функціональною ознакою.

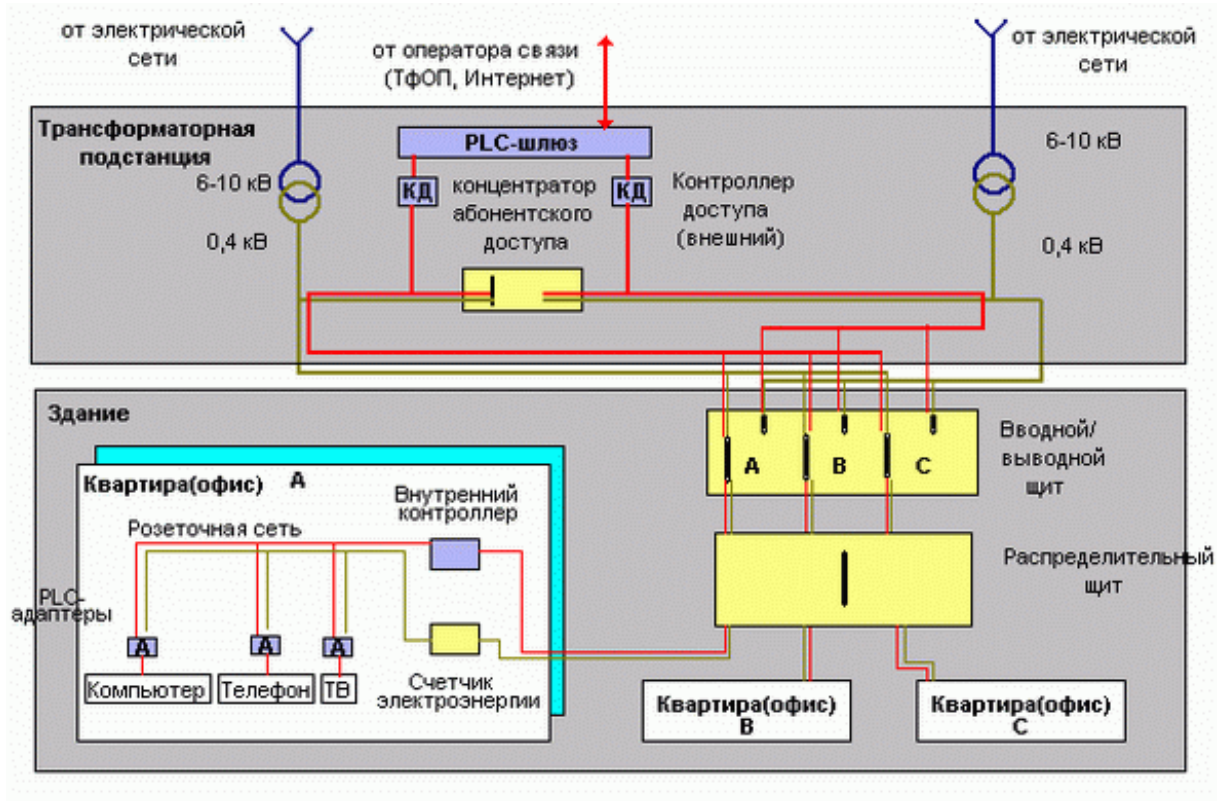


Рис. 1.11 Основні елементи мережі доступу на основі PLC

Типова функціональна схема і основні компоненти внутрішнього контроллера представлені на рис.1.12.

Технологія PLC реалізує принцип множинного доступу «точка-багато точок». Локальна трансформаторна підстанція поставляє певному числу будівель електроенергію і, одночасно, забезпечує підключеним користувачам послуги передачі даних, телефонії та ін.

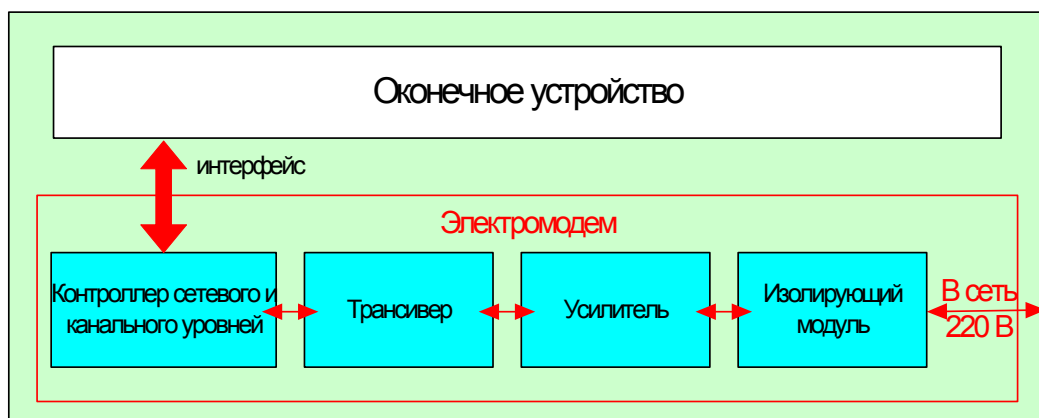


Рис. 1.12 Функціональна схема PLC-модему (комутаційного вузла)

Ядром PLC-модему є контроллер мережевого, канального і фізичного рівнів. Як правило, ці компоненти реалізуються на базі універсальних або спеціалізованих мікропроцесорів і випускаються рядом фірм у вигляді наборів мікросхем.

Ізольований (сполучний) модуль в загальному випадку здійснює дві функції: ізолює обладнання комунікаційного вузла від напруги живлення і виділяє інформаційний сигнал, що проходить по електромережі.

Деякі фірми виготовляють спеціальні мікросхеми підсилювачів потужності, що дозволяють передавати сигнал на великі відстані. На основі цих компонентів може бути побудований так званий «електромодем» із стандартним або замовленим інтерфейсом користувача.

Внутрішні контроллери організовують абонентську мережу доступу усередині приміщень будівлі шляхом об'єднання абонентських пристроїв (адаптерів), які включаються безпосередньо в розетки мережі електроживлення. Адаптери мають набір стандартних інтерфейсів типу USB, RS232 і так далі для підключення терміналів (комп'ютерів, телефонних і факсимільних апаратів, відеообладнання і так далі).

Використання режиму гнучкого управління смугою пропускання гарантує оптимальне використання пропускнуєї спроможності і отримання користувачем достатньої швидкості передачі даних навіть в період максимального завантаження. Безумовний пріоритет при розподілі пропускнуєї спроможності відданий для передачі голосових повідомлень.

1.5 Діапазони частот, що використовуються для реалізації технології PLC

Для передачі інформації по електромережах використовуються різні діапазони частот. Так європейський стандарт CENELEC EN 50.065 для передачі

низькошвидкісної інформації, в основному, телеметрії, рекомендує діапазон 3-148,5 кГц, розбитий на 5 ділянок: від 3-9 кГц аж до 140-148,5 кГц. (рис.1.13). У першому випадку швидкість передачі не перевищує 60 біт/с, в останньому – 9,6 Кбіт/с. Відповідний північноамериканський стандарт CEBus (FCC 15) використовує діапазон 100-400 кГц.

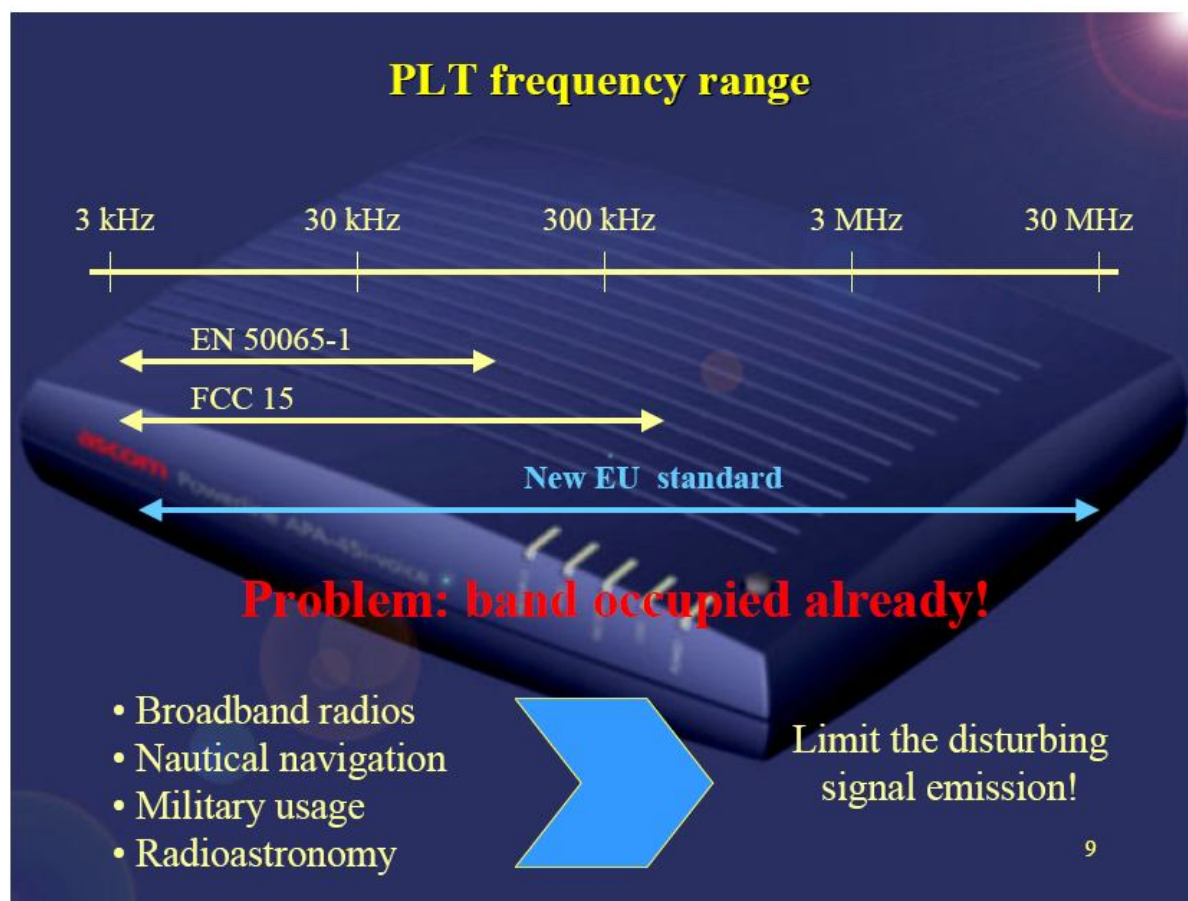
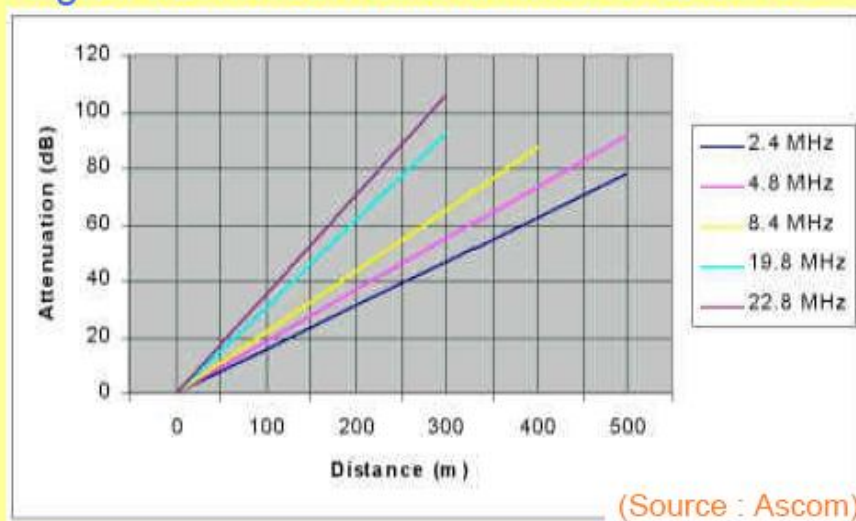


Рис. 1.13 Діапазони частот для передачі інформації по електромережам

Для реалізації мережі широкосмугового абонентського доступу на основі PLC оптимальним вважається діапазон частот 1,6-30 МГц. Ймовірно, на більш високих частотах в мідному/алюмінієвому кабелі збільшується загасання, а на нижчих частотах знижується максимальна швидкість передачі інформації. Істотно, що для класичного PLC нині використовується діапазон 10-30 МГц. Приведена на рис.1.14 діаграма ілюструє залежність послаблення сигналу від несучої частоти.

Signal attenuation as a function of distance



Average distance

Access BPL : between 200 and 300 m

In House BPL : less than 100m (different interference sources)

Рис. 1.14 Залежність послаблення сигналу від несучої частоти

Источник – Ascom

Висновки

Нині технологія PLC (BPL) активно застосовується в якості основи для технологічного зв'язку міжнародними енергокомпаніями, які використовують для цього частотний діапазон 3-400 кГц.

Для реалізації широкосмугового доступу на основі технології PLC (BPL) розроблені методи, що в основному, базуються на ортогональному частотному ущільненні (OFDM). Загальна структура мережі зв'язку на основі PLC включає контролер доступу (КД), внутрішній контролер (PLC-модем) і повторювач сигналу, використовуваний для обміну інформацією на великих відстанях.

Контрольні питання

1. Основні сучасні перспективні рішення проблеми «останньої милі»?
2. Порівняйте існуючі технології «останньої милі»?
3. Класифікація технологій для передачі інформації по електромережах?
4. Основні сфери застосування технологій для передачі інформації по електромережах?
5. Переваги PLC-технологій?
6. Слабкі сторони PLC-технологій?
7. Основні класи мереж на базі PLC-технологій?
8. Діапазони частот, що використовуються для реалізації технології PLC?
9. Структура мереж на основі PLC?
10. Функціональний склад мереж на основі PLC?
11. Методи модуляції, , що використовуються для реалізації технології PLC?
12. Функціональна схема PLC-модему?

2 ОГЛЯД НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЇ БАЗИ І МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТИВ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ PLC

2.1 Огляд нормативно-правової бази, що визначає системні вимоги до побудови мереж на основі технології PLC

У США за питання нормативно-правового регулювання в сегменті PLC-рішень відповідає Федеральна комісія зв'язку – Federal Communications Commission (FCC) [1]. Нагадаємо, що за океаном для варіанту широкосмугового доступу по електромережах більше споживана аббревіатура BPL (Broadband over Power Line).

14 жовтня 2004 р. FCC прийняла зміни до частини 15 [2] своїх Правил. Це було зроблено з метою сприяння розвитку систем BPL і зокрема, рішення проблем ліцензування телекомунікаційних послуг, що надаються по мережах електроживлення.

У документі «ЕТ 04-37» під назвою «Поправка до частини 15 відносно нових вимог і директив про виміри для систем широкосмугового доступу по лініях електропередач», встановлюються основні правила просування BPL-індустрії, що розвивається.

FCC зробила цей важливий крок з тим «щоб збільшити доступність широкосмугових послуг, оскільки фактично електролінії досягають кожного будинку». FCC також підтвердила важливі вигоди для електроенергетичних компаній, з тим, щоб вони могли динамічно управляти енергосистемою, одночасно збільшуючи надійність мережі за допомогою дистанційного діагностування відмов електросистеми.

Загальна концепція, прийнята FCC, полягає в наступному:

- прийняті нові операційні вимоги для BPL-доступу, з метою підвищення якості зв'язку і вирішення проблеми електромагнітної сумісності;
- прийняті нові адміністративні вимоги, що вирішують проблеми доступу BPL, доповнені директиви по нормуванню і атестації систем BPL на предмет оцінки допустимого випромінюваного спектру і його потужності.

Прийняті FCC зміни в правилах передачі широкосмугової інформації через лінії електроживлення вступили в дію в червні 2005 року. З того часу енергокомпанії змогли продавати послуги широкосмугового доступу по лініям електроживлення.

Основний сенс прийнятого рішення зводиться до наступного: технологія BPL відноситься до класу тих, що не ліцензуються, перевищення допустимих норм по випромінюванню в широкому спектрі маловірогідне, переважне використання апробованих тиражованих рішень, підтримка рішення FCC такими контролюючими органами як FERC і NTIA, FCC припускає відсутність контролю як створюваної BPL-інфраструктури, так і пропоновані абонентам послуги.

Оскільки федеральний уряд в цілому схвалив принципову схему розгортання BPL-систем, законодавство окремих штатів також йде за правилами федерального уряду. Існує певна затримка, оскільки багато телекомунікаційних компаній виступали проти BPL, вказуючи, що якщо органи місцевого самоврядування мали намір пропонувати BPL-послуги, то їх положення, при якому вони звільнені від сплати податку, дає їм несправедливу перевагу. Загальна тенденція в окремих штатах припускає розвиток і впровадження технології BPL. Великі штати, такі як Каліфорнія і Техас вітають розгортання BPL і вже скоректували своє законодавство.

Нижче перераховані основні документи, підготовлені FCC в якості нормативно-правової бази BPL (Частина 15, секція 15.6xx): Sub-part G – Access Broadband Over Power Line (Access BPL) [2]):

- Section 15.601 Scope.
- Section 15.603 Definitions.
- Section 15.605 Cross reference.
- Section 15.607 Equipment Authorization of Access BPL equipment
- Section 15.609 Marketing of Access BPL equipment
- Section 15.611 General technical requirements.
- Section 15.613 Measurement Procedures.
- Section 15.615 General administrative requirements.

Відповідно до Директиви ЄС (Telecommunications Framework Directive 2002/21/CE), затвердженої у лютому 2002 р. лінії електроживлення розглядаються в якості середовища доступу. Відповідно до цієї Директиви рішення по розгортанню ЄС мереж на основі PLC повинні прийматися на національному рівні (Authorization Directive-Directive 2002/20/EC of the European Parliament and of the Council of 7 March 2002) [3].

На першому етапі ЄС реалізувало ряд проектів, в яких в тому або іншому ступені досліджувалася проблема PLC (Таблиця 2.1).

Для країн ЄС не потрібно особливі законодавчі акти, що дозволяють розгортання PLC-систем. Більше того, ця технологія, на думку європейських законодавців, повинна посилити конкуренцію на ринку мереж доступу. Істотно, що, на думку європейського регулятора, проблеми електромагнітної сумісності (ЕМС) не повинні стримувати розгортання PLC-систем.

Єврокомісія прислухалася до думки сторін, зацікавлених в розвитку PLC, і випустила 12.04.2005 р. Рекомендації, в цілому підтримуючи нову технологію. Крім того, вона рекомендувала національним регуляторам ясніше позначити правила, оскільки розвиток нового виду широкосмугового доступу повинен збільшити конкуренцію на ринку доступу до глобальних мереж, а значить піде на користь кінцевому користувачеві [4].

Таблиця 2.1

Acronym	Title	EC Contribu	End Date
PALAS	Powerline as an Alternative Local AcceSs	900.140	12/31/2001
6POWER	IPv6, QoS & Power Line Integration	2.133.974	6/30/2004
INSONET	In-Home and SOHO Networking through the mains network	1.472.830	10/31/2002
INHOME	An innovative and low cost controller for Home Cinema environments	225.990	11/30/2002
ADOC	Advanced ASIC Cores for OFDM Communications	2.910.314	2/29/2004
MADBRIC	MIXED ANALOGUE-DIGITAL BROADBAND ACCESS INTEGRATED CIRCUIT	810.000	5/31/2001
PATMOS 2002	Twelfth International Workshop on Power and Timing Modeling, Optimization and Simulation	10.000	2/28/2003
Total		8.463.248	

Також Єврокомісія звернулася до урядів держав Євросоюзу з пропозицією ліквідовувати усі необґрунтовані перешкоди на рівні регулюючих законів, щоб забезпечити PLC максимально можливі умови для швидкого розвитку.

Основні дискусії проходять в комітеті з телекомунікацій (Communications Committee – CoCom).

2.2 Основні організації, що беруть участь у формуванні технічної політики в області PLC

Для забезпечення сумісності виробів різних виробників (у рамках одного класу додатків) робляться зусилля із стандартизації технологій передачі інформації по лініях електропередачі.

Питання розвитку і стандартизації PLC технологій знаходяться у полі зору Міжнародної організації по стандартизації ISO (International Organization for

Standardization) [5], Міжнародного союзу електрозв'язку ITU (International Telecommunication Union [6], Міжнародної електротехнічної комісії IEC/CEI (International Electrotechnical Commission) [7], і Європейського комітету із стандартизації CEN (European Committee for Standardization) [8].

За питання стандартизації технології BPL в США відповідає IEEE, а конкретно його комітет IEEE P1901 [9], який координує роботу трьох підкомітетів:

- IEEE BPL — Технологічний (Standardization of Broadband Over Power Line Technologies);
- IEEE P1675 — Обладнання (Standard for Broadband over Power Line Hardware);
- IEEE P1775 — Вимоги до EMC, засоби тестування і методи контролю (PLC equipment, electromagnetic compatibility requirements, and testing and measurement methods).

У 2005 р. в комітеті IEEE P1901 був підготовлений проект стандарту: «IEEE P1901 Draft Standard for Broadband over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications» [9]). Цей стандарт повинен визначити принципи взаємодії обладнання на фізичному і інформаційному рівнях при організації широкосмугового доступу (швидкість більше 100 Мбіт/с) як для останньої милі (до 1500 м), так і при організації мереж усередині приміщень (до 100 м між пристроями). Крім того, передбачається стандартизація архітектури BPL рішень.

Роботи за стандартом IEEE P1675 («Стандарт широкосмугової передачі за допомогою обладнання ліній електропостачання») почалися в липні 2004 р., їх завершення намічалось на середину 2006 р.

Проблемою стандартизації рішень PLC на європейському континенті займаються ETSI (його технічний комітет – Technical Committee Power-Line Telecommunications (TC PLT)) і Європейський комітет з Електротехнічної

стандартизації CENELEC – (European Committee for Electrotechnical Standardization).

Основні документи, підготовлені CENELEC:

- TC 205 «Home and Building Electronic Systems (HBES)», а також SC 205 «ains communicating systems»
- TC 210 «EMC» real mirror of CISPR.

CENELEC націлена на створення специфікацій PLC для фізичного рівня (PHY Level) і підрівня доступу до середовища передачі (Media Access Level), визначаючи діапазони частот для функціонування обладнання. У 2002 р. CENELEC прийняла відповідний стандарт EM55022.

Основні директиви ЄС, в яких регламентується використання PLC:

- 73/23/CEE «Low Voltage Directive» (LVD);
- 89/336/CEE «Electromagnetic Compatibility Directive» (EMCD)

Слід зазначити, що нині немає недоліку в міжнародних громадських і некомерційних організаціях, що розробляють промислові стандарти і регулюючі документи на PLC-обладнання і що сприяють швидкому розвитку ринку PLC.

Серед таких організацій виділимо консорціум HomePlug Powerline Alliance [10], PLCforum (Power Line Communications Forum) [11], PUA (PLC Utilities Alliance – www.pua-plc.com) і Асоціацію UPA (Universal Powerline Association – www.upaplc.com).

Американська Асоціація телекомунікаційних і інформаційних технологій-UTC (United Telecom Council, www.utc.org) ініціювала створення об'єднання UPLC (United Power Line Council, www.uplc.utc.org), яке об'єднує компанії, що створюють обладнання для передачі інформації по мережах електроживлення.

На північноамериканському континенті відмітимо і таку Асоціацію як BPLIA (Broadband over Power Lines Industry Association, www.bplia.org, раніше PLCA (Power Line Communications Association)).

У Японії також існує громадська організація, що об'єднує компанії, зацікавлені в розвитку технології PLC – PLC-J (High Speed Power Line Communication Promoters' Alliance of Japan, www.plc-j.org/en/index.htm).

Одна з останніх організацій, що з'явилися, – Consumer Electronics Powerline Communication Alliance (CEPCA, www.cepca.org) була утворена в 2005 р. такими компаніями як AnalogDevices, Phillips, Mitsubishi і ряд інших. Основне завдання організації, на думку її засновників, – гармонізація існуючих PLC-рішень і створення світового стандарту на цю технологію. На рис.2.1 представлені виробники обладнання, і використовувані ними стандарти. На рис.2.2 представлені стандарти по PLC-технології і виробники, що використовують їх.

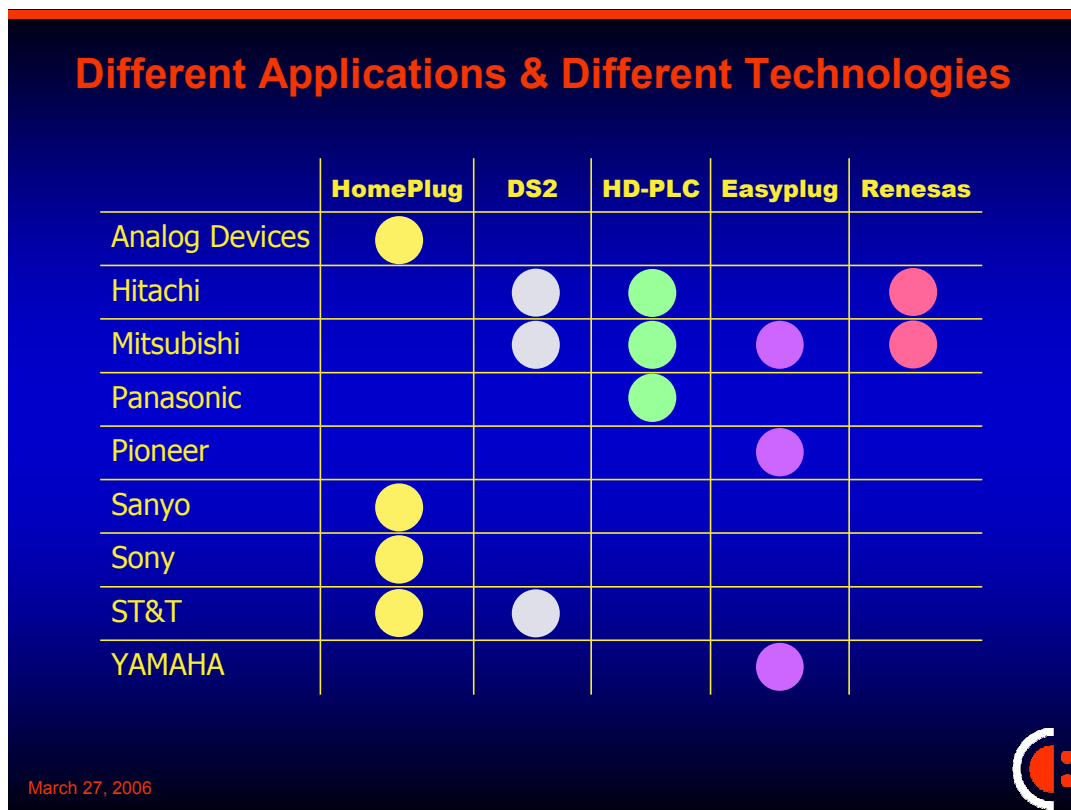


Рис. 2.1 Виробники обладнання і використовувані ними стандарт

CEPCA Standards Participation

	IEEE P1901	ETSI PLT	PLC-J
Hitachi			✓
Mitsubishi	✓	✓	✓
Panasonic	✓	✓	✓
Pioneer	✓		
Sony	✓	✓	✓
Yamaha	✓		

March 27, 2006



Рис. 2.2 Стандарти по PLC-технології і виробники, що використовують їх

Розглянемо детальніше основні організації, орієнтовані на підтримку PLC-рішень.

PLCforum [11] – некомерційна організація, створена в 2000 році в Швейцарії. Нині об'єднує більше 50 членів (провідні компанії в енергетичній, телекомунікаційній і напівпровідниковій галузях промисловості, університети і наукові центри, у тому числі і з СНД) з 25 країн Європи, Північної і Південної Америки, Азії і Австралії. Метою створення Асоціацій типу PLCforum є об'єднання організацій, що просувають PLC-технології в життя, і представлення їх інтересів в міжнародних регулюючих організаціях.

HomePlug Powerline Alliance [10] – некомерційна асоціація, створена в 2000 році в США, до складу якої входить більше 70 організацій. Ця асоціація зосередилася на розробці специфікації PLC для організації домашніх мереж. У травні 2001 року вона випустила першу специфікацію (HomePlug v.1.0 Specification) для організації PLC домашніх мереж. Останніми роками ряд великих компаній виявили цікавість до діяльності HomePlug Powerline Alliance –

до альянсу приєдналися Intel Corporation, Linksys, підрозділ Cisco Systems, Motorola, Samsung, Sharp Laboratories of America і Sony.

Ще більше діяльність альянсу посилилася, коли в серпні 2005 р. корпорація Intel стала його членом і оголосила про фінансування робіт як по стандартизації PLC-рішень, так і по створенню наборів відповідних мікросхем.

2.3 Основні промислові та міжнародні стандарти і проекти з проблеми PLC

2.3.1 Промислові стандарти

2.3.1.1 HomePlug v.1.0.

Як ми вже відмічали, HomePlug Powerline Appliance завершив роботу над першим промисловим стандартом The HomePlug v.1.0. у 2001 р. Творці стандарту спиралися на рішення компанії Intellon: технологію PowerPacket і набір мікросхем INT5130, застосування якого дозволяє розгорнути мережу PLC у рамках одного офісу або навіть багатоквартирного будинку.

Основою технології PowerPacket став модифікований OFDM-метод, в якому початковий потік даних розбивається на пакети і кожен з них передається в діапазоні частот 4,3-20,9 МГц з використанням відносної фазової модуляції (DBPSK або DQPSK) на власних піднесучих. Максимальна інформаційна швидкість передачі – 14 Мбіт/с. Що ж до швидкості у самому середовищі, то у разі застосування DQPSK-модуляції (Differential Quadrature Phase Shift Keying) і усіх 84 піднесучих вона досягає 20 Мбіт/с. Але середня швидкість передачі не перевищує 8 Мбіт/с.

Висока (на той момент) ефективність роботи обладнання стандарту HomePlug v.1.0 (швидкість передачі даних – до 14 Мбіт/с) в складній заводській обстановці забезпечується за рахунок гнучкого перерозподілу потужності

випромінюваного сигналу в робочій смузі. З цією метою в пристроях реалізовані три процедури:

- адаптація до реальної завадової обстановки за рахунок виключення окремих уражених перешкодами робочих частот;
- оперативна зміна методу модуляції на піднесучих (DBPSK або DQPSK);
- зниження швидкості передачі даних для підвищення завадостійкої (за рахунок вибору параметрів згортального коду – $1/2$ або $3/4$).

Необхідно відмітити, що адаптація до завадової обстановки здійснюється без втрати даних. Наприклад, якщо одна з 84 робочих частот «уражена» перешкодою, вона просто відключається. Проте передаваний на ураженій частоті пакет даних не втрачається, а автоматично відновлюється при подальшій обробці інформації в приймачі. Досягається це за рахунок перемежовування і каскадного кодування, ґрунтованого на поєднанні блокового коду Рида-Соломона і згортального коду з декодуванням по алгоритму Вітербі. Такий принцип кодування дозволяє виправляти не лише поодинокі помилки, але і пакети помилок, забезпечуючи тим самим практично 100% гарантію цілісності передаваних даних. Крім того, завадостійке кодування являється і способом технічного закриття, що забезпечує відносну безпеку передаваної інформації в загальному середовищі передачі.

Для придушення вузькосмугових перешкод існує процедура аналізу перешкодової обстановки і адаптивного режектування «уражених» ділянок спектру, завдяки чому технологію HomePlug можна використати в самих різних умовах експлуатації, у тому числі і тоді, коли в якій-небудь місцевості заборонено використання окремих частот.

При використанні попереднього методу система може не встигнути адаптуватися до умов, що швидко змінилися, в результаті частина бітів буде зруйнована і втрачена. Для вирішення цієї проблеми використовується двоступінчате (каскадне) завадостійке кодування бітових потоків перед тим, як вони будуть промодульовані і поступлять в канал передачі даних. Суть

завадостійкого кодування полягає в додаванні в початковий інформаційний потік по певних алгоритмах надмірних («захисних») бітів, які використовуються декодером на приймальному кінці для виявлення і виправлення помилок.

Ще одним проблемним моментом є те, що мережа побутового електроживлення служить загальним середовищем передачі даних, тобто водночас часу передачу можуть здійснювати відразу декілька пристроїв. У такій ситуації для вирішення конфліктів зіткнення трафіку потрібний регулюючий механізм – протокол доступу до середовища. В якості такого протоколу був вибраний відомий Ethernet, який в технології Powerline був допрацьований шляхом додавання додаткових полів пріоритезації. Така модифікація викликана необхідністю гарантованої смуги пропускання для передачі голосу і відео через IP, коли величина затримки є критичним параметром.

Пакети, що містять голос або відео, в цьому випадку позначаються як “timing critical”, тобто мають найвищий пріоритет при обробці і доступі до середовища передачі.

Перші вироби, створені на основі v.1.0, з'явилися у кінці 2001 р. Серед них – комплекти для об'єднання в домашню мережу комп'ютерів, Web-планшетів і MP3-програвачів.

2.3.1.2 HomePlug v.AV.

У серпні 2005 р. рада директорів альянсу схвалила нову специфікацію HomePlug AV, яка розроблялася в якості стандарту на обладнання PLC наступного покоління, орієнтовану на широкосмуговий доступ, тобто на передачу високоякісного відео (сигналів телебачення високої (HDTV) і стандартної (SDTV) чіткості) і послуг VoIP. Специфікація HomePlug AV визначає граничну швидкість передачі даних по мережі PLC до 200 Мбіт/с, при цьому «інформаційна» швидкість складає близько 100 Мбіт/с.

Передбачається, що Обладнання, підтримувальна HomePlug AV, повинна найкардинальнішим чином змінити стан справ на ринку широкосмугового доступу. Нова технологія включає підтримку QoS і 128-бітове AES- шифрування, а також може використовуватися спільно з інфраструктурою, побудованою на телефонних лініях і коаксіальному кабелі. У новому стандарті передбачена адаптація швидкості в каналі залежно від постійно контролюваного співвідношення сигнал/шум.

Перші пристрої, що відповідають стандарту HomePlug AV з'явилися на початку 2006 р. Представники альянсу сподіваються, що до кінця року список обладнання, що підтримує новий стандарт, буде великим.

Функціональна схема обладнання, побудованої відповідно до стандарту HomePlug v.AV, приведена на рис.2.3.

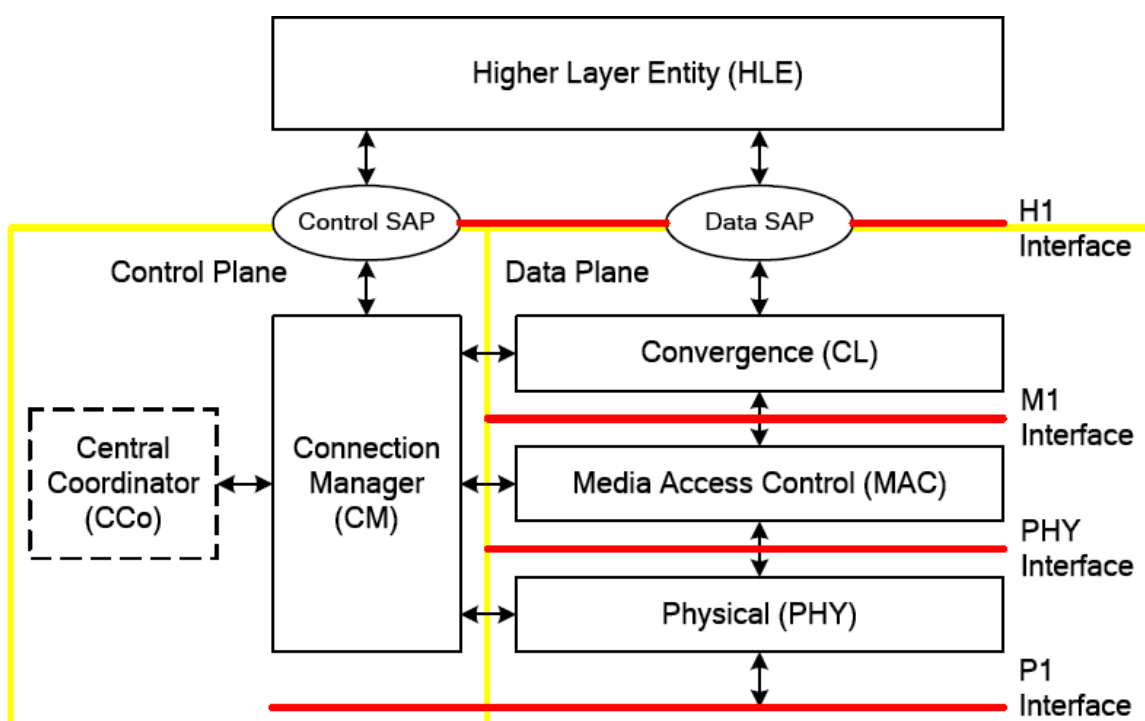


Рис. 2.3 Функціональна схема обладнання, побудованої у відповідності із стандартом HomePlug v.AV

На фізичному рівні (The Physical Layer – PHY) стандарт передбачає роботу в частотному діапазоні 2-28 МГц при граничній швидкості 200 Мбіт/с на канал.

При цьому середня швидкість буде близько 100-150 Мбіт/с. Використовується модифікований варіант OFDM-модуляції (917 піднесучих) і кодування типу ТСС (Turbo Convolutional Code). Представники альянсу стверджують, що передбачена зворотна сумісність з версією HomePlug v.1.0.

Структурна схема приймача-передавача для реалізації HomePlug v.AV приведена на рис.2.4.

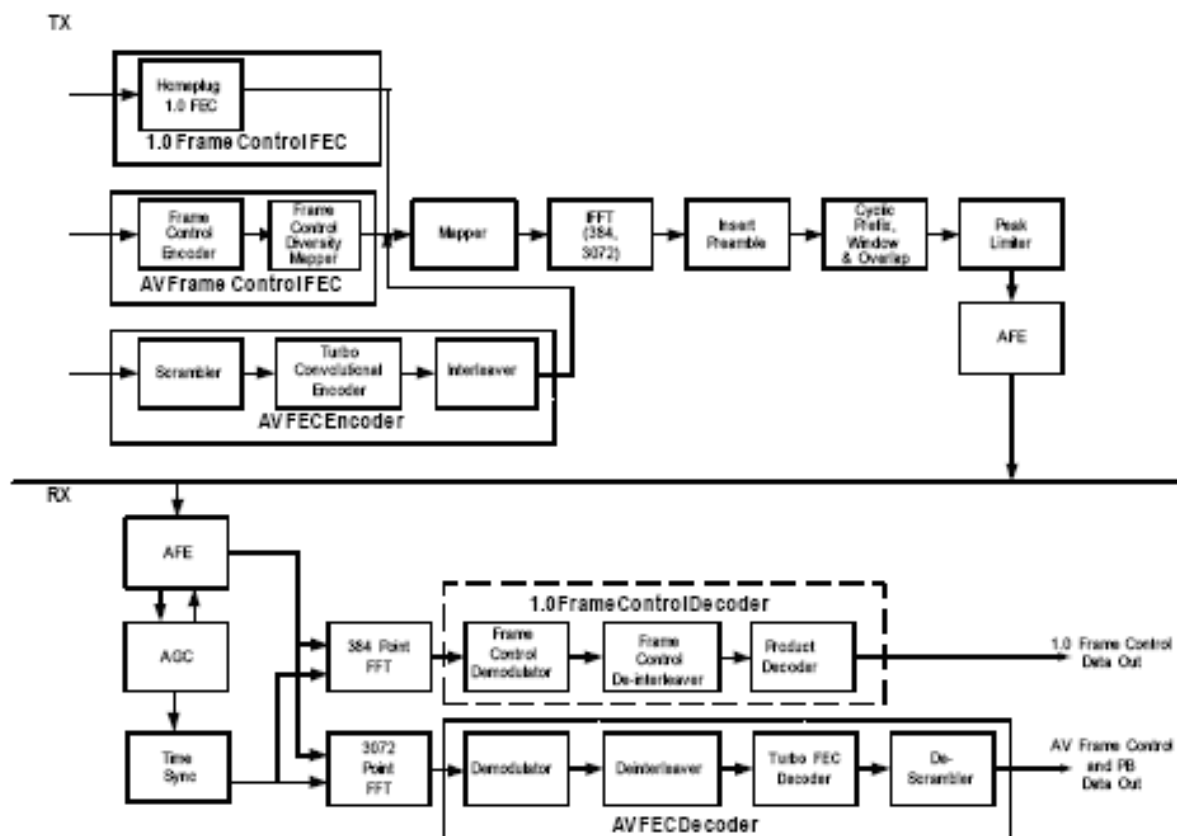


Рис.2.4 Структурна схема приймача-передавача для реалізації HomePlug v.AV

2.3.2 Міжнародні стандарти

На жаль, досі не існує універсальних міжнародних стандартів для PLC-технології, а регулювання її застосування є завданням органів контролю конкретної країни, наприклад, в межах положень і директив комісії ЄС або ITU/ISO. У певному значенні, PLC системи підкоряються тим же правовим стандартам, що і кабельне обладнання зв'язку.

Вироби, розроблені по цих технологіях, між собою не взаємодіють і тому представники HomePlug Powerline Alliance, Consumer Electronics Association (США), ETSI PLT, PLC forum, CENELEC і окремі компанії, зокрема YiTRAN Communication (Ізраїль), проводять консультації по виробленню єдиного стандарту для організації мережі по лініях електропередачі.

2.3.2.1 Проект OPERA.

Для заповнення «вакууму» в Європі створена власна версія стандарту для PLC систем. Її ініціаторами виступили комітет ETSI-TC PLT і PLCforum. Проект дістав умовну назву OPERA (Open PLC European Research Alliance) [12]. Основну мету проекту його організатори сформулювали таким чином: «Широкопasmовий доступ за низькою ціною для усіх». Конкретні цілі проекту OPERA – стандартизація PLC-систем, поліпшення їх характеристик, а також розвиток різних усередині стандартних сервісів.

Проект OPERA стартував в січні 2004 р. і був розрахований на чотири роки. Бюджет проекту 20 млн. €. Для проведення робіт у рамках проекту OPERA створений так званих OPERA Consortium. Цілі і завдання проекту приведені на рис.2.5.

Відкритий європейський альянс OPERA займається дослідженнями і розробками в області інтегрованих мереж PLC нового покоління. Він налічує 37 учасників і частково фінансується Європейським Союзом. OPERA планував до кінця 2 кв. 2006 р випустити специфікацію PowerLine Communications, яка в якості відкритого стандарту повинна сприяти вирішенню питань сумісності обладнання PLC для організації широкопasmового доступу. Швейцарська компанія Ascom, іспанська компанія DS2 (розробник наборів мікросхем) і Schneider Electric PowerLine Communications випускають обладнання з підтримкою стандарту OPERA в II кварталі 2006 р.

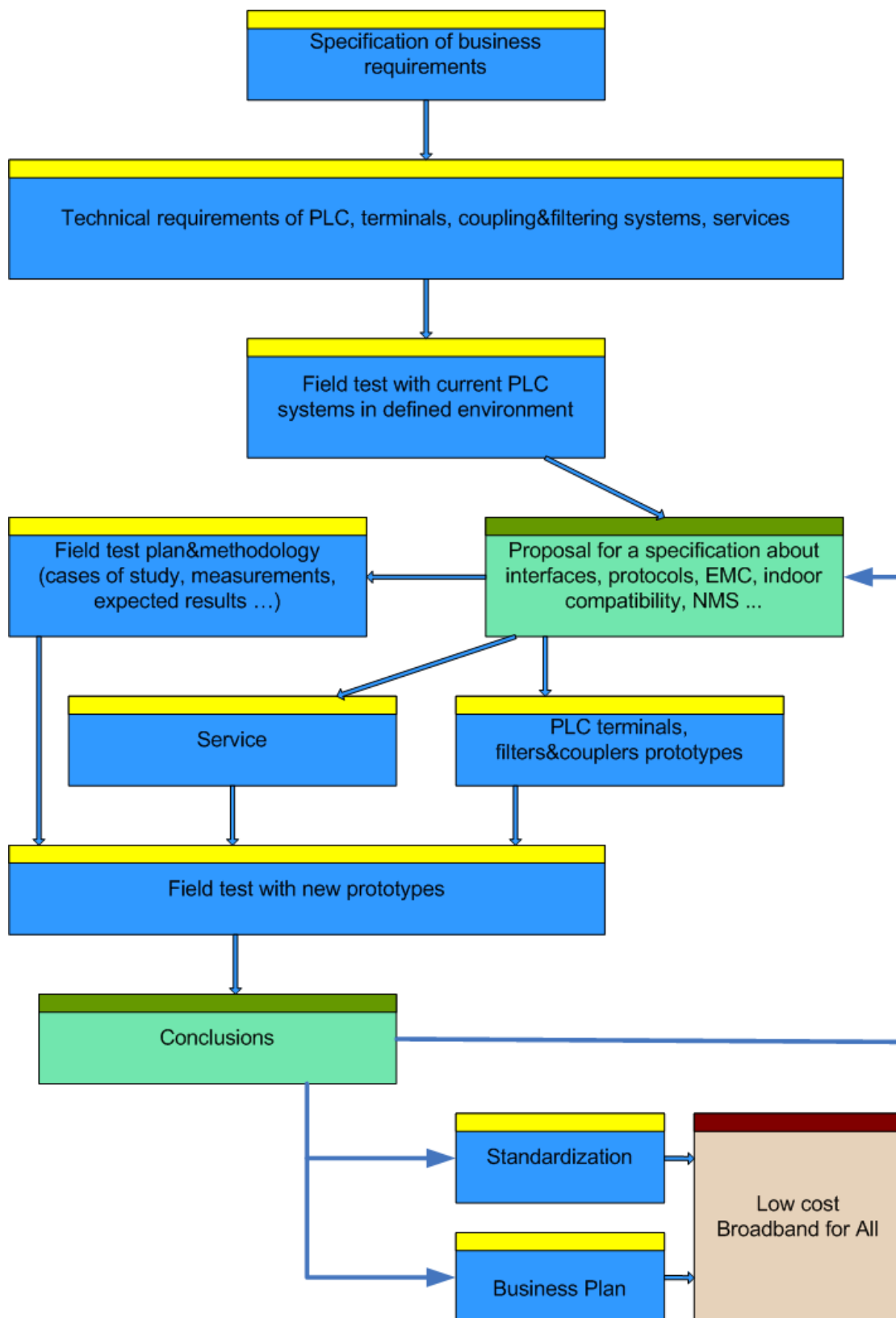


Рис. 2.5 Цілі і задачі проекту OPERA

На першому етапі основне завдання проекту OPERA полягало у визначенні базової технології для розвитку безпосередньо широкосмугового доступу (більше 200 Мбіт/с). Польові випробування почалися літом 2005 р. і проходили в Італії,

Іспанії, Австрії і Португалії. Перша редакція робочих специфікацій OPERA опублікована в січні 2006 р.

Відповідно до пропозиції робочої групи OPERA мережа PLC складається з трьох функціональних компонентів:

- Основне (приймач-передавач) обладнання, що забезпечує передачу інформації з широкосмугової транспортної інфраструктури в мережу електроживлення (Head End Equipment – HE);
- Повторювачі, які дозволяють розширити зону дії мережі на основі ліній електроживлення;
- Обладнання абонентського долстupu (Customer Premises Equipment – CPE).

Топологія мережі доступу на основі мережі електроживлення за проектом OPERA приведена на рис. 2.6.

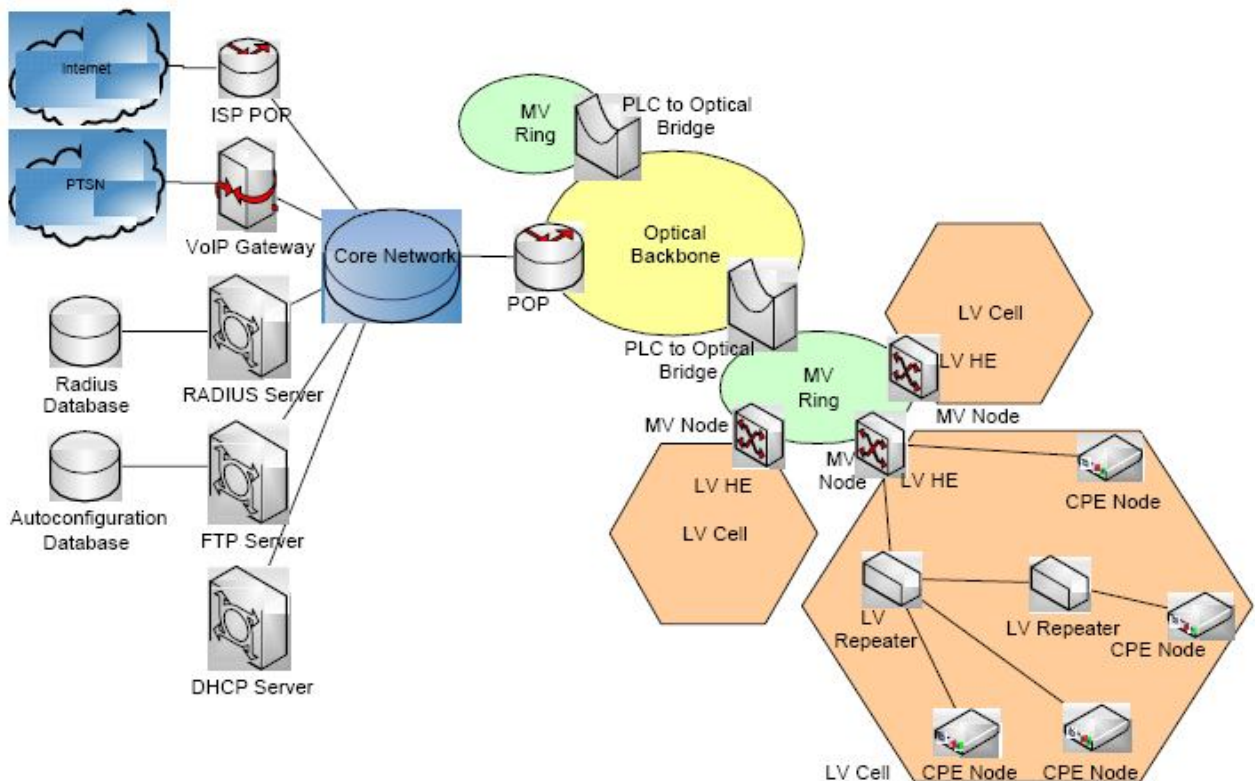


Рис. 2.6 Топологія мережі доступу на основі мережі електроживлення за проектом OPERA

У березні 2006 р. Асоціація UPA оголосила про випуск першої версії стандарту «Digital Home Standard» (DHS). Цей стандарт дозволить створити обладнання для передачі потокового відео високого розділення і тому подібних додатків усередині приміщення без прокладення додаткових комунікацій. У основу нового стандарту покладені рішення проекту OPERA. Остаточна версія стандарту DHS повинна була з'явитися у кінці 2006 р.

Висновки

Нормативно-правова база для технології PLC (BPL) знаходиться у стадії становлення. Подвійна природа цієї технології, породила на першому етапі ряд проблем. На сьогодні можна констатувати, що в цілому світова практика доброзичливо і з розумінням оцінює можливості і перспективи PLC. Тут варто виділити США, де FCC максимально спростила роботу PLC-операторів, в основному, енергетичних компаній. У ЄС дискусії і розробка стандартів по PLC близькі до завершення. Тому підтвердженням служить початок робіт за проектом OPERA.

Світова телекомунікаційна спільнота доки не прийшла до єдності в питанні о стандартизації PLC-технології. Варто виділити дві основні групи, які підтримують HomePlug Powerline Alliance або PLCforum. З метою об'єднання зусиль і розробки єдиного стандарту на організацію широкосмугового доступу по електромережах створена асоціація CERCA.

Нині розроблено два варіанти PLC-стандарту для широкосмугового доступу: HP v.AV і стандарт, запропонований іспанською компанією DS2 і підтриманий PLC-форумом і ETSI-PLT.

Контрольні питання

1. Що таке системні вимоги?
2. Загальна концепція, прийнята FCC?
3. Які проекти ЄС з проблематики PLC ви знаєте?
4. В чому полягає проблема електромагнітної сумісності?
5. Основні організації, що беруть участь у формуванні технічної політики в області PLC?
6. Склад, цілі, задачі та результати роботи CENELEC?
7. Склад, цілі, задачі та результати роботи HomePlug Powerline Alliance?
8. Склад, цілі, задачі та результати роботи PLC-J?
9. Склад, цілі, задачі та результати роботи CERPAC?
10. Склад, цілі, задачі та результати роботи PLCforum?
11. Основні промислові та міжнародні стандарти і проекти з проблеми PLC?
12. Стандарт HomePlug v.1.0?
13. Стандарт HomePlug v.AV?
14. Проект OPERA?
15. Топологія BPL-мереж за концепцією HomePlug?
16. Топологія BPL-мереж за концепцією OPERA?

3 ВПРОВАДЖЕННЯ PLC-РІШЕНЬ І ПРОБЛЕМА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ

Одна з основних перешкод на шляху впровадження PLC-технології це необхідність виконання жорстких вимог до допустимого рівня випромінюваних сигналів. PLC-обладнання, сполучене з мережами електроживлення, окрім передачі корисного сигналу є джерелом радіоперешкод для різних радіослужб, працюючих в діапазоні 1-30 МГц. Ризик інтерференції радіохвиль від функціонування PLC/BPL очевидний і це дуже серйозна проблема.

Наявність BPL-системи припускає накладення сигналів даних на канали несучих частот, що охоплюють дуже широкий діапазон довжин хвиль. Ці несучі частоти перекриваються з множиною інших радіосигналів-з сигналами міжнародного короткохвильового радіомовлення і стандартного часу, з професійним радіозв'язком, з нижніми частотами TV-діапазону, а в майбутньому з сигналами пристроїв стеження за дітьми. Хоча BPL-сигнали реалізують передачу інформації, їх транспортуватимуть дроти, які, до певної міри поведуться як антени.

Очевидно, лінії електропередачі покликані переносити електроенергію і оптимізовані по ККД і електробезпеці, але не в плані мінімального випромінювання енергії широкопasmового сигналу.

На сьогодні не існує єдиних норм і міжнародних стандартів на допустимий рівень потужності сигналів, що передаються по лініях електроживлення. Тому основні промислово розвинені країни розробили національні норми для PLC-обладнання по електромагнітній сумісності (EMC).

Помітимо, що норма – це не стандарт, а усього лише обмежувальна крива, погоджена з частотним планом, прийнятим в тій або іншій країні. Найбільш жорсткі норми встановлені в США, де максимально допустимий рівень

напруженості поля складає 70 дБмкВ/м і не адаптований до розподілу природних перешкод, що виникають в каналах зв'язку. На відміну від США, в європейських країнах вимоги до максимально допустимого рівня випромінювання залежать від діапазону частот.

Для окремого випадку – мереж зв'язку, що використовують лінії електроживлення і частотним діапазоном 3-150 кГц, в Європі діє стандарт CENELEC, що встановлює вимоги по EMC і завадозахищеності (табл. 3.1).

Вимоги стандарту CENELEC в смузі частот 3-148,5 кГц

Таблиця 3.1

Діапазон	Піддіапазон, кГц	Максимальний рівень передачі, дБмкВ	Призначення
-	3-9	Не нормується	Для енергетичних компаній
A	9-95	134-122	Загального користування
B	95-125	116	Загального користування
C	125-140	116	Загального користування (CSMA протокол)
D	140-148.5	116	Загального користування

У США відповідно до стандарту FCC №15, PLC-системи для внутрішніх застосувань називаються «Carrier Current Systems» (Системи струму несучої частоти) і працюють як ненавмисні передавачі. У діапазоні від 535 кГц до 1705 кГц (для АМ) рівень обмежений 60 дБмкВ (квазіпіковий датчик, пропускна спроможність – 9 кГц, CISPR – штучна мережа магістралі). У цьому документі визначені допустимі потужності випромінювання, у тому числі і для частот вище 30 МГц.

Відмітимо, що стандарт IEEE P1675, прийнятий за основу 20.07.05, не згадує про проблему EMC як такий. У своїй офіційній заяві IEEE не бачить особливих перешкод для реалізації BPL. Передбачається, що «...комбінація комп'ютера, маршрутизатора і блоку сполучення зніме сигнал з підведеного до підстанції

оптоволоконного кабелю і накладе його на електричний струм. Сигнал поширюватиметься по розподільних високовольтних лініях, і підтримуватиметься повторювачами, розташованими через кожні 0,8-1,6 км. Повторювач і маршрутизатор, розташовані поблизу житлового будинку або офісу, витягнуть сигнал з ліній електроживлення безпосередньо перед трансформатором, а потім введуть його в низьковольтну проводку по іншу сторону трансформатора. У результаті сигнал опиниться у внутрішній проводці будівлі і за наявності модему буде доступний з будь-якої розетки».

В той же час, затвердивши 14.10.2004 р. правила, що дістали назву «Access BPL», FCC зажадала, щоб уникнути проблем сервіс-провайдери, розгортаючи системи BPL, погоджували використання частотного спектру з асоціаціями радіоаматорів і радіомовними компаніями. В деяких випадках подібне узгодження призводить до необхідності зменшити потужність передаваного сигналу, а іноді робить розгортання BPL-систем просто неможливим.

Німеччина стала однією з перших країн, де весною 2001 р. (через два роки після їх розробки і запеклих суперечок) були схвалені норми (NB30) допустимого рівня випромінювання для усіх видів проводових технологій (включаючи CATV, xDSL і PLC), які використовують діапазон частот від 9 кГц до 3 ГГц (таблиця 3.2).

Вимоги норми NB30 на допустимий рівень напруженості поля для діапазону частот від 9 кГц до 3 ГГц

Таблиця 3.2

Діапазон частот, МГц	Напруженість поля, дБмкВ/м
від 0,009 до 1	$40-20 \log_{10}(f/\text{МГц})$
від 1 до 30	$40-8,8 \log_{10}(f/\text{МГц})$
від 30 до 1000	27
від 1000 до 3000	40

Хоча норми NB30 на 30 дБ нижчі, ніж FCC N15 в США, проте і їх вимоги не дозволяли на першому етапі створювати мережі PLC тієї протяжності, яка достатня для організації доступу в Інтернет. Це зумовило необхідність застосування проміжних ретрансляторів, без установки яких реалізувати доступ в Інтернет практично неможливо.

Услід за Німеччиною і у ряді інших країн Європи були прийняті аналогічні вимоги до допустимого рівня випромінювання. Так, у Великобританії з серпня 2001 р. діють норми MPT1570, за своїми вимогами практично співпадаючі з NB30, але охоплюючи вужчий діапазон частот: від 9 кГц до 1,6 ГГц. У Ірландії і Норвегії теж встановлені рівні допустимого випромінювання, причому на 20 дБ вище, ніж по NB30.

На рис.3.1 представлені залежності рівня перешкоди від частоти, що нормуються в різних країнах.

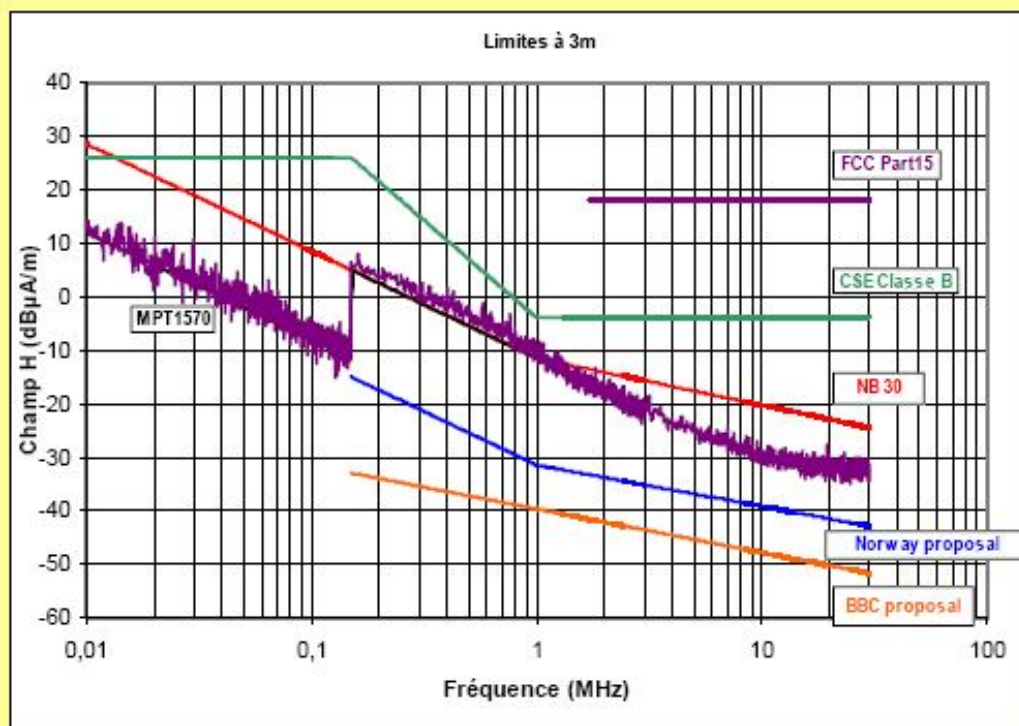


Рис.3.1 Нормовані в різних країнах граничні залежності рівня перешкоди від частоти

У ЄС для усіх провідних телекомунікаційних мереж (xDSL, Ethernet, CATV і PLC) в 2001 р. прийнятий документ, так званих «Mandate 313». Його підготувала спільна робоча група JWG ETSI/CENELEC (Standardization mandate addressed to CEN, CENELEC and ETSI concerning electromagnetic compatibility (EMC) on EMC harmonized standards for telecommunications networks, Mandate M/313, 7 August 2001). Mandate 313 не обумовлює конкретних норм, але намічає шляхи формування відповідних параметрів. У січні 2004 р. з'явився документ ETSI, відомий як «Vardakas letter». Основні його положення зводяться до наступного:

“...Після консультацій з державами-членами ЄС і розгляду результатів експериментів, здійснених на сьогодні, Комісія ЄС вважає (дотримується думки), що обережне і кероване (контрольоване) розгортання інфраструктури ліній зв'язку на основі ліній електропередач із складанням ретельних звітів про перешкоди повинне отримувати підтримку.

З тим, щоб досягти цієї мети, Комісія має намір випустити рекомендацію по широкосмугових лініях зв'язку на базі ліній електропередач.

Ця рекомендація має бути ґрунтована на надійному технічному стандарті, що відбиває поточний стан технологій телекомунікаційних мереж, і зокрема, мережі зв'язку по лініях електропередач».

Без сумніву, виробники проводять польові випробування обладнання на електромагнітну сумісність, але в широкому доступі ця інформація не з'являється. Тому, варто відмітити дослідження, проведені в США оператором Comtek Communications в PLC-мережі м.Манасас, реалізованої на базі обладнання компанії Main.Net (див. р. 5.3).

Контрольні питання

1. В чому суть проблеми електромагнітної сумісності?
2. Основні стандарти, норми, рекомендації та документи, що стосуються PLC-технологій?
3. Вимоги стандарту CENELEC в смузі частот 3-148,5 кГц?
4. Способи та підходи до вирішення проблеми електромагнітної сумісності?
5. Чи вирішена повністю проблема електромагнітної сумісності для PLS-технологій?

4 ОГЛЯД ПРОПОЗИЦІЙ ПРОВІДНИХ ВИРОБНИКІВ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ PLC

Як ми вже відмічали, більшість виробників компонентів, обладнання і систем для реалізації технології PLC, об'єднана в ряд Асоціацій. Група виробників орієнтується на стандарт HPPA v.AV, який об'єднав основні досягнення в області PLC-розробок. Огляд ситуації на ринку і представлений там продукції ми розглядатимемо крізь призму “v.AV”, оскільки саме такий клас обладнання має сьогодні потенціал для реальної конкуренції з xDSL, кабельним і радіодоступом.

Розробки в області PLC ведуть понад 60 компаній. Усіх виробників в цьому сегменті можна підрозділити на три групи: виробники інтегральних мікросхем (IMC) або наборів IMC, виробники рішень споживчого класу для установки усередині приміщень (In-Door), і виробники, які спеціалізуються як на комплексних рішеннях на базі PLC-технологій (для транспорту на останній милі) так і на рішеннях In- Door.

Більше 80% учасників цього ринку пропонують рішення споживчого класу для установки усередині. Найбільш зацікавлені виробники спеціалізуються як на продуктах PLC для транспорту на останній милі, так і на рішеннях In-door. Як ми відмічали, основні виробники об'єднані в дві міжнародні організації – PLCForum и HomePlug Alliance.

4.1 Виробники IMC для PLC-рішень

Провідними компаніями у виробництві IMC (чипів) для PLC-технологій являються: Conexant, Design of Systems on Silicon (DS2), Intellon Corporation (США) і ряд інших.

Компанія Arkados Inc. (США, www.arkados.com) спеціалізується на випуску компонентів для різних сегментів телекомунікаційного ринку, на основі яких OEM і ODM виробники реалізують закінчені рішення. Для PLC-систем Arkados підготувала ІМС типу «AI-1100», яка відповідає вимогам HomePlug v1.0.1 (рівні PHY і MAC). Вона реалізована на процесорі ARM926EJ-S і підтримує широкий набір інтерфейсів, у тому числі Ethernet.

Cogency Semiconductor Inc. (Канада, www.cogency.com) робить набори ІМС для створення локальної мережі на основі PLC. Лінійка Piranha (HomePlug v.1.0 Networking Chipset) дозволяє реалізувати пристрої для зв'язку ПК і інших пристроїв по інтерфейсах USB/Ethernet через будинкову мережу електроживлення. Частотний діапазон – 4,5-21 МГц (84 несучі), швидкість-до 14 Мбіт/с.

Design of Systems on Silicon Corporation дозволяє реалізувати закінчене рішення для завдання широкосмугового доступу на базі PLC. Одна з перших представила ІМС третього покоління, швидкість обміну, що забезпечує, до 200 Мбіт/с. Доки продукти DS2 не підтримують стандарт HP v.AV.

Основні продукти DS2:

- DSS9010: Optimal Solution for High-Speed Home Media Applications
- DSS9011: Low-Cost Solution for Audio Networking
- DSS9001: Advanced Home Networking and Entry Level Infrastructure
- DSS9002: Access Infrastructure Equipment IC
- DSS9003: Optical Gateways for Advanced Access Distribution
- DSS7700: Integrated Analog Front End
- Product Selection Table : Integrated Circuits (Interfaces)

Реалізація PLC-системи на основі продуктів DS2 представлена на рис.4.1.

На рис.4.2 представлені основні характеристики ІМС другого покоління (DSS4200), які випускається компанією DS2 більше за три роки.

Компанія Enikia Inc. (США, www.enikia.com) внесла великий внесок у розвиток PLC на першому етапі, коли спільно з компанією Intellon Corporation в 2000 р. вона організувала альянс HomePlug. Основний виріб – ІМС типу EN-1000. Проте нині нових пристроїв, підтримувальних HP v.AV, в портфелі компанії немає.

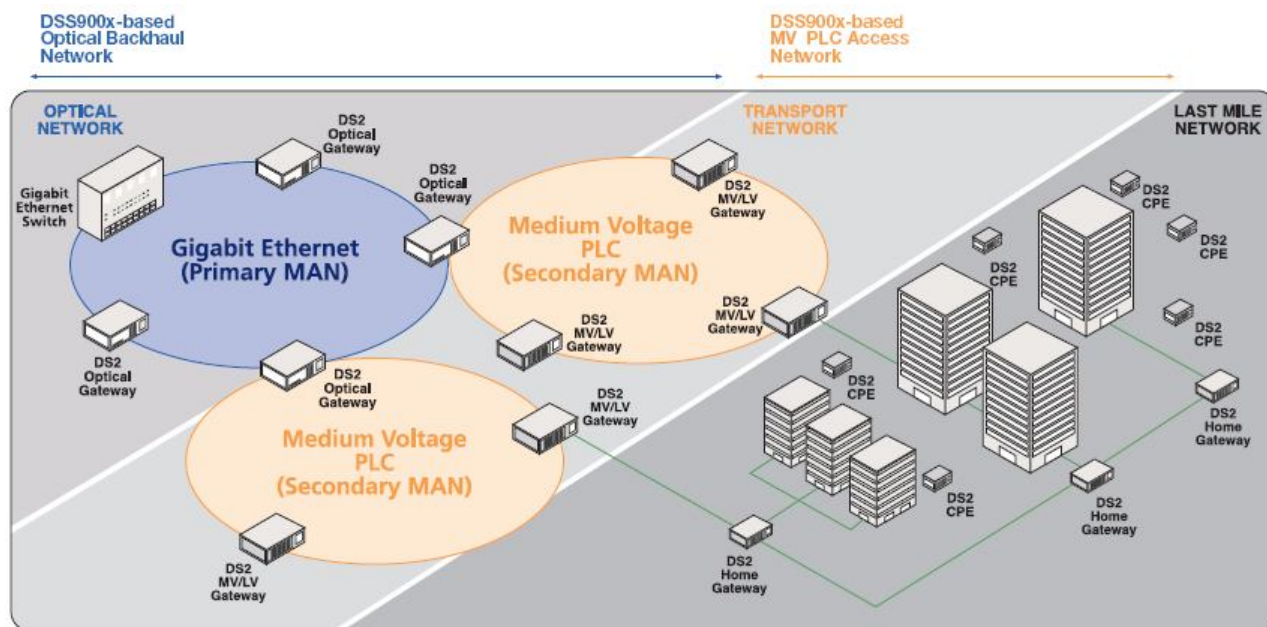


Рис. 4.1 Реалізація PLC-системи на основі продуктів DS2

Manufacturers, developers

DS2 DSS4200 type IC

- 45 Mbps data rate (27 Mbps downstream, 18 Mbps upstream)
- Full duplex, point-multipoint, packet oriented communication
- Two operating spectrum ranges fully programmable between 1 and 38 MHz
- 1280 carrier OFDM modulation
- Modulation efficiency 7,25 bps/Hz
- Programmable spectrum power mask
- Continuous channel SNR monitoring, adaptive bit rate adjustment
- SNMP, DHCP
- Encrypted communication
- Up to 254 users in one cell

13

Рис. 4.2 Основні характеристики ІМС другого покоління DSS4200

Як ми вже згадували, компанія Intellon Corporation (США, www.intellon.com) була одним із співзасновників альянсу HomePlug. Для специфікації HomePlug 1.0 Intellon підготувала наступні ІМС: INT51X1, INT5200, INT5500CS. У вересні 2002 р. компанія представила перший у світі сертифікований модуль HomePlug 1.0 пристрою RD51X1-AP для організації точки доступу в Internet за технологією PLC. У листопаді 2005 р. компанія оголосила про випуск 3-х мільйонного виробу для мереж PLC.

Для широкосмугового доступу (HomePlug AV specification) Intellon підготувала набір ІМС INT6000. У серпні 2005 р. було оголошено, що інвестиційний підрозділ Motorola Ventures почав інвестувати роботи компанії Intellon по розвитку набору ІМС INT6000. Перші поставки були заплановані на II квартал 2006 р.

Якщо говорити про попередні розробки компанії Intellon, варто згадати Intellon SSC (CEBus), яка створювалася цією компанією для передачі даних по лініях електроживлення відповідно до стандарту домашньої мережі CEBus. Стандарт CEBus (EIA-600) визначає вимоги, які роблять можливою взаємодію побутових приладів і пристроїв домашньої автоматики на основі різних фізичних середовищ передачі: ліній електропередачі, радіо- і інфрачервоних каналів, коаксіального кабелю та ін. Модель CEBus включає протоколи прикладного, мережевого, каналного і фізичного рівнів еталонної моделі OSI.

Функції прикладного рівня виконує мова додатків CAL (Common Application Language), описана в документі EIA,-721. Вона визначає уніфікований синтаксис для опису функціонування різних пристроїв і набір типових команд. CAL є об'єктноорієнтованою мовою, що дозволяє задавати прикладні контексти взаємодії, зокрема звукове управління телевізором, музичним центром, відеомагнітофоном і CD-плейєром. Кожен контекст далі розбивається на об'єкти, управління, що є такими параметрами, як гучність, яскравість і так далі.

Протокол мережевого рівня формує пакети даних, що містять усю необхідну інформацію про адреси джерела і приймача. Стандартом CEBus передбачена однорангова модель взаємодії, при якій будь-який вузол має вільний доступ до мережі. Для відвертання колізій на канальному рівні задіяний механізм CSMA/CDCR.

На фізичному рівні Intellon CEBus Powerline Carrier Protocol використовує технологію SS-модуляції, передбачаючи передачу кожного біта даних в смузі частот 100-400 кГц. Компанія Intellon пропонує сімейство продуктів Power Line Evaluation Kit, що реалізують технологію Intellon CEBus: від комплекту мікросхем до системного рішення і засобів проектування мережі.

Подальші розробки компанії Intellon реалізують технологію PowerPacket, що використовує метод ефективної модуляції спектру, який дає можливість передавати дані по лініях електропередачі на дуже високих швидкостях. Швидкість передачі даних може досягати 100 Мбіт/с. PowerPacket є системою з характеристиками, які дозволяють їй адаптуватися до середовища з сильним багатопроменевим відбиттям, сильною вузькосмуговою інтерференцією, імпульсивним перешкодам без вирівнювання.

Компанія SPiDCOM Technologies (Франція, www.spidcom.com) один з провідних розробників елементної бази для рішень PLC/BPL. Остання розробка компанії – ІМС типу SPC200 забезпечує швидкість передачі близько 220 Мбіт/с. Її серійний запуск у виробництво почався у березні 2005 р. Варіант SPC200, сумісний із стандартом HomePlug v.AV, поступив в продаж в II кварталі 2006 р. ІМС використовує діапазон 2-30 МГц, розділений на 7 робочих смуг.

Ізраїльська компанія Yitran Communications Ltd (www.yitran.com) активно співпрацює з HomePlug Powerline альянсом. В результаті проведених досліджень у березні 2006 р. рішення Yitran було вибране в якості базової технології при підготовці стандарту HomePlug AV (розділ «Команди і управління»).

Компанія підготувала дві ІМС: ІТМ1 і ІТС1. Структурна схема організації зв'язку на базі ІМС ІТМ1/ІТС1 приведена на рис.4.3.

Фірма Yitran Communications розробила і запатентувала технологію диференціальної кодової маніпуляції (DCSK), що дозволяє створювати недорогі мережеві компоненти з високими технічними характеристиками. Деталі DCSK не відомі; повідомляється лише, що в її основі лежать незалежні від фізичного середовища передачі методи адаптивної SS-модуляції в смузі частот 4-20 МГц з турбокомпенсацією і стискуванням коду.

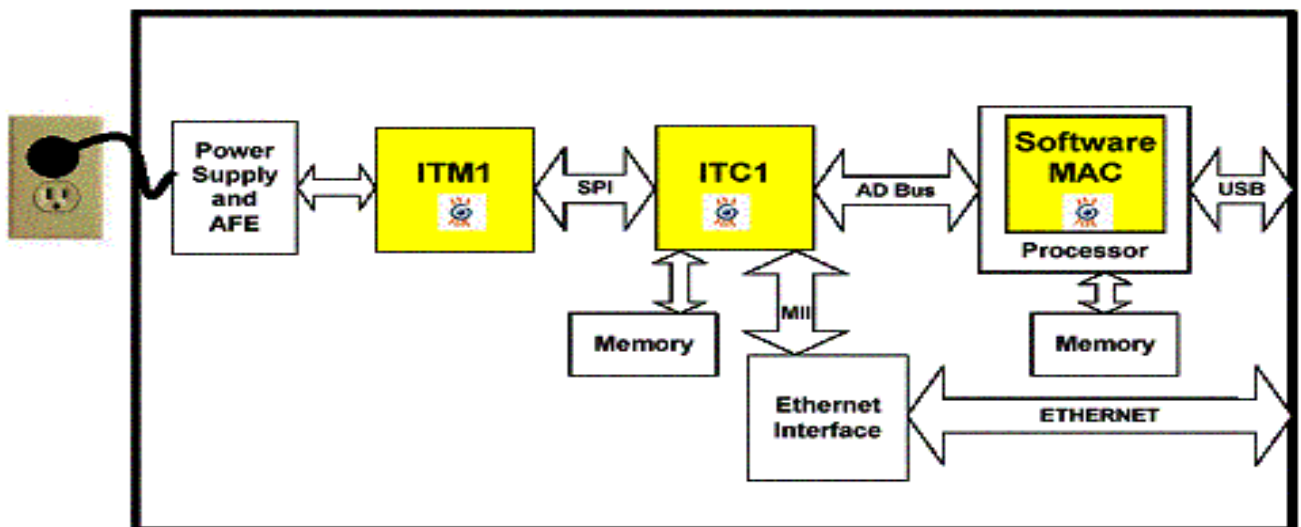


Рис. 4.3. Структурна схема організації зв'язку на базі ІМС ІТМ1/ІТС1

Апаратні компоненти (трансивери), створені на основі DCSK, забезпечують значно більш високі швидкість передачі, завадостійкість і захист інформації, чим існуючі CEBus-трансивери, при помітно меншій вартості пристроїв. Анонсовані декілька виробів, зокрема ІТМ1 (швидкість передачі даних – до 2,5 Мбіт/с) і ІТМ10 (швидкість передачі даних – до 12 Мбіт/с).

Компанія Yitran Communication користується підтримкою компаній Microsoft Corp. і General Electric (GE). Yitran – один з лідерів в області розробок специфічних інтегральних схем для додатків (ASIC) націлена зайняти лідируючу позицію на PLC ринку. Yitran пропонує широкий вибір рішень для домашніх мереж, домашнього доступу і для домашньої автоматизації. Yitran поставляє найбільш сучасні, недорогі і надійні високошвидкісні мережеві компоненти, які можна використати вже сьогодні для широкосмугових і мультимедійних мереж по лініях електропередачі.

Компанія Xeline (www.xeline.com, Ю.Корея) розробляє як ІМС, так і обладнання для PLC-рішень. Компанія пропонує ІМС типу XPLC40A, яка забезпечує швидкість доступу до 200 Мбіт/с.

Інший виріб Xeline – ІМС типу XPLC21 забезпечує швидкість доступу до 24 Мбіт/с. На його основі можуть бути реалізовані передавач, повторювач і безпосередньо PLC-модем. Ця ІМС реалізована на базі процесора ARM9. Використовуваний частотний діапазон-2-23 МГц. Структурна схема XPLC21 приведена на рис.4.4.

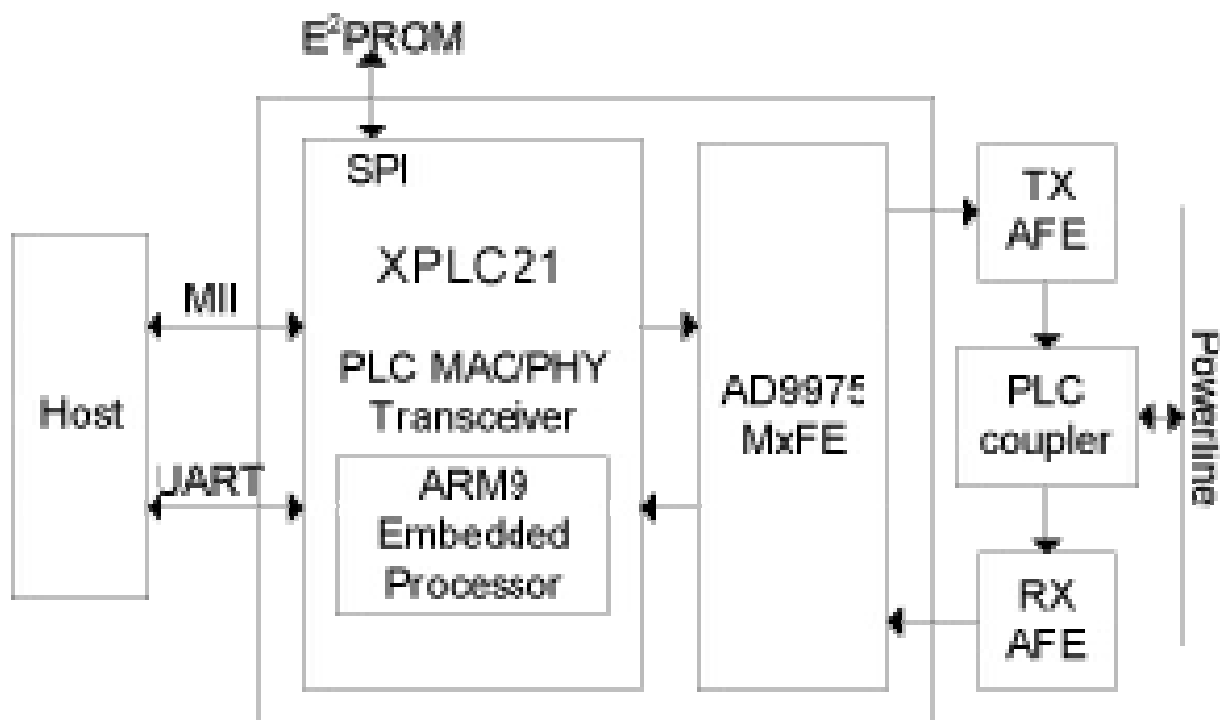


Рис. 4.4 Структурна схема ІМС типу XPLC21

На основі ІМС типу XPLC21 Xeline реалізувала універсальний PLC-пристрій доступу типу XPAS-20XX (см.р.4.2).

4.2 Огляд пропозицій провідних виробників обладнання для систем PLC (установка усередині приміщень In-Door)

Компанія IOGEAR (www.iogear.com, США) робить обладнання для створення мереж PLC, варіант In-Door. Приведені нижче продукти сертифіковані HomePlug v.1.0



Powerline Networking Kit

Model # GHPB32W4 Powerline Networking Kit, и Homeplug Wall Mount Bridge



Powerline Ethernet Bridge, Wall Mount, 1-Port

Model # GHPB31



Homeplug Wallmount USB Adapter

Model # GHPU21

Компанія Amigo Technology (www.amigo.com.tw, Тайвань) випускає лінійку продуктів для створення офісної локальної мережі, рішення In door (Таблиця 4.1).

Лінійка PLC-продуктів компанії Amigo Technology

Таблиця 4.1

USB / Ethernet Powerline Adapter	
AMH-IA12U-	USB Powerline Adapter US Ver.
AMH-IE12U-	USB Powerline Adapter EU Ver.
AMH-IA13E.	Ethernet Powerline Adapter US Ver
AMH-IE13E.	Ethernet Powerline Adapter EU Ver
AHE-221W-	Twin-Port Powerline Ethernet Adapter
AHE-225W-	Micro Powerline Ethernet Adapter
AHU-226W	Micro Powerline USB Adapter
AHE-229W-	Ethernet Powerline Turbo Adapter

Adaptive Networks (www.adaptivenetworks.com, США) – компанія спеціалізується у випуску обладнання для передачі низькошвидкісної інформації (смуга до 450 кГц) на далекі відстані по силових електромережах. Усе

обладнання відповідає європейському стандарту CENELEC і ґрунтується на запатентованій технології.

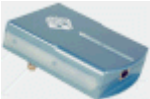
Германська компанія devolo AG (www.devolo.com) випускає лінійку PLC-продуктів dLAN, які відносяться до класу In-Door і дозволяють створити локальну мережу усередині приміщення на основі технології PLC. Обладнання підтримує стандарт HomePlug v.1.0 turbo (швидкість до 85 Мбіт/с), реалізована на базі ІМС Intellon Corporation і включає: “dLAN Highspeed” (адаптор Ethernet), “dLAN duo” (adapter USB/Ethernet) і ряд інших виробів. Виріб dLAN Highspeed представлений на рис.4.5.



Рис. 4.5 Зображення адаптора Ethernet «dLAN Highspeed»

У березні 2006 р. компанія devolo AG оголосила, що вона підготувала до випуску нову продуктову лінійку dLAN 200, яка забезпечує швидкість передачі інформації до 200 Мбіт/с (HomePlug v.AV) і реалізована на базі нових ІМС компанії Intellon Corporation.

Компанія GigaFast (www.gigafast.com, США) робить обладнання для створення мереж PLC, варіант In-Door. Приведені нижче продукти сертифіковані HomePlug v.1.0.

				
14Mbps HomePlug USB Adapter Wall Mount	14Mbps HomePlug Ethernet Bridge	4-Port 14Mbps HomePlug Ethernet Bridge	3-Port 14Mbps HomePlug Router	14Mbps HomePlug

Компанія Archnet (www.archnetco.com, Китай) спеціалізується у виготовленні PLC-рішень, призначених для передачі низькошвидкісної (до 1,2 Кбіт/с) і високошвидкісної (до 14 Мбіт/с) інформації. Перелік основного обладнання, що виробляється Archnet, приведений в таблиці 4.2.

Відома компанія ZyXEL (<http://us.zyxel.com>) пропонує PLC/Ethernet адаптер типу PL-100. Він відповідає стандарту HomePlug 1.0 turbo (до 85 Мбіт/с) і дозволяє створити домашню мережу.

Компанія Linksys (www.linksys.com, США) робить обладнання для створення мереж PLC, варіант In-Door. Приведені нижче продукти сертифіковані HomePlug v.1.0. Міст типу PLEBR10 «Instant PowerLine Etherfast 10/100 Bridge» призначений для інтеграція мережі на основі Ethernet і PLC-мережі (рис.4.6). Другий пристрій є USB Adapter типу PLUSB10 і має ті ж параметри.



Рис.4.6. Міст типа PLEBR10

Таблиця 4.2

PLC Modem Series	
ATL90 series , PLC101 (3) series and PLC121 series embedded PLC Modem, insert like a «component» and work as a «ready-to-go» unit. It is a bi-directional half-duplex power line communication module, very easy to use, based on the latest FSK, Direct Sequence Spread Spectrum and Digital Signal Processing Technologies.	
1. ATL90115-1	Single phase power line carrier , RS232-power line interface, +12VDC supply, 300bps...
2. ATL90115-3:	3-phase power line carrier, RS232-power line interface, +12VDC supply, 300bps, ...
3. PLC101s-12:	Single phase power line carrier, RS232-power line interface, ±12VDC supply, ...
4. PLC103s-12:	3-phase power line carrier, RS232-power line interface, ±12VDC supply , 600/1200bps (selectable) ,...
5. PLC101s-5:	Single phase power line carrier, RS232-power line interface, ±5VDC supply, 600bps, ...
6. PLC121s-12:	Single phase power line carrier, RS485-power line interface, ±12VDC supply , 600/1200bps (selectable) , ...
Broad band PLC Modem series, Broad Band Power Line Carrier Technology for Power Line LAN and Internet application:	
1. ATL60140E: Board Band PLC Technology, 14Mbps, Ethernet interface, 110/220V, 50/60Hz mains, ...	
2. ATL60140U: Board Band PLC Technology, 14Mbps, USB interface, 110/220V, 50/60Hz mains, ...	
3. ATL60142E: Board Band PLC Technology, 14Mbps, Wall Plug Ethernet interface, 110/220V, 50/60Hz mains, ...	
4. ATL60142U: Board Band PLC Technology, 14Mbps, Wall Plug USB interface, 110/220V, 50/60Hz mains, ...	
5. ATL60149: Board Band PLC Switch, 5 coupling ports, 14Mbps, 110/220V, 50/60Hz mains, ...	
6. GTL60101: Broad Band Monitoring Units for IP Camera, 10Mbps, 110/220V, 50/60Hz mains, ...	
7. GTL60102: Broad Band Monitoring Units for IP Camera, 10Mbps, +12V dc, 50/60Hz mains, ...	

Аналогічні пристрої випускає і компанія ELCON (www.elcon-system.de, Німеччина). Вони пропонуються під торговою маркою «Goldpfeil P-LAN» і виконують функції USB і Ethernet адаптерів. Основні параметри пристроїв

ELCON приведені в таблиці 4.3. Зовнішній вигляд адаптера USB представлений на рис.4.7.

Основні параметри пристроїв ELCON

Таблиця 4.3

Інтерфейс	USB, version 1.1 or 10Base-T (IEEE802.3)	
Максимальна швидкість	14 Mbps	
Напруга мережі	230 V/50 Hz or 110 V/60 Hz (depends on country)	
Спосіб монтажу	USB-Connector:	Housing with an integrated AC adapter H x W x D: 90 x 65 x 77 mm
	Ethernet connector:	Wall/table-top housing H x W x D: 47 x 155 x 179 mm
ПЗ	Driver and security software for Windows 98SE/ME/2000/XP	
Зовнішні умови	Transport/storage:	-25° to +55°C



Рис. 4.7 Зовнішній вигляд адаптера P-LAN USB

У березні 2006 р. компанія ELCON анонсувала випуск моделі ELCONnect P-200, яка реалізована на базі ІМС компанії DS2, підтримує інтерфейс Ethernet і забезпечує швидкість обміну до 200 Мбіт/с.

Компанія Xeline (Корея, www.xeline.com) окрім ІМС, розглянутих в р.4.1, пропонує систему XPAS-200B PLC Internet Access System на базі цих ІМС. До складу системи входять контроллер-передавач (MM-20B PLC Master Unit), повторювач (RU-200B PLC Repeater Unit) і кінцеве обладнання – PLC-модем/Ethernet-адаптер (SU-200B PLC Slave Unit). Крім того, компанія поставляє

формував сигнал (електромережа/канал зв'язку) CU-100A PLC Coupler, і блок управління PLC-системою EU-200B PLC EMS Unit (Element Management System). Один контролер MM-202B PLC Master Unit дозволяє обслуговувати до 128 PLC-модемів SU-200B. У мережі допускається одночасна спільна робота до 16384 контролерів-передавачів.

Один з лідерів в сегменті обладнання локальних мереж, компанія NETGEAR (США, www.netgear.com) також виявила цікавість до сегменту PLC-адаптерів і випустила Ethernet міст типу XE102 (рис.4.8), сертифікований по HomePlug v.1.0. Другий пристрій, також Ethernet міст, - XE104 відповідає HomePlug v.1.0.turbo (до 85 Мбіт/с).



Рис. 4.8 PLC-Ethernet міст типу XE102

У лютому 2006 р. NETGEAR уклала угоду з компанією DS2 про початок спільних робіт і постачання ІМС третього покоління, які дозволять освоїти виробництво PLC-пристроїв, що підтримують швидкість до 200 Мбіт/с. Початок постачань нової продукції намічений на третій квартал 2006 р.

Компанія LEA (Франція, www.leacom.fr) робить PLC-обладнання, варіант ADSL-модем типу ELEKTRA PLG001-01, що має вбудований PLC-порт для подальшої організації Ethernet/USB інтерфейсів. Інший пристрій – NetPlug PLN001-01-PLC-модем з інтерфейсом Ethernet. У 2005 р. було випущено пристрій PLN001-03-PLC-модем з інтерфейсами Ethernet і USB. Для індивідуальних

абонентів компанія пропонує міст Ethernet/PLC типу PLN104-01 (на базі ІМС Intellon INT51X1).

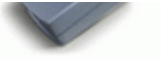
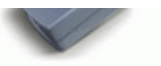
Компанія PowerNet (США www.powernetsys.com) в кооперації з компанією Corinex випускає PLC-обладнання (таблиця 4.4).

Компанія ACOTEL (www.asotel.ru) представляє на телекомунікаційному ринку СНД PLC-обладнання (варіант In-Door) власного виробництва з торговою маркою Dynamix (таблиця 4.5).

Можливі організація каналу зв'язку на основі пристроїв ASOTEL (варіант In-Door) представлені на рис.4.9.

PLC-обладнання компанія PowerNet

Таблиця 4.4

Model	Description
 PWR-E	14Mbps powerline to Ethernet Terminal / Bridge.
 PWR-U	14Mbps powerline to USB adaptor.
 PWR-W	14Mbps powerline to WLAN bridge adaptor.
 PWR-RS	14Mbps powerline router/switch unit.
 PWR-C	14Mbps powerline to coax cable bridge adaptor.

<i>Powerline [HomePlug] адаптери 14 MBps</i>	
■ <u>DYNAMIX PL-U</u> : міст (адаптер) USB-Powerline	■ <u>DYNAMIX PL-E</u> : міст (адаптер) Ethernet-Powerline
<i>Powerline [HomePlug] ADSL маршрутизатор 14 MBps</i>	
■ <u>DYNAMIX UM-A4/PL</u> : ADSL маршрутизатор з підтримкою Powerline мереж	
<i>Powerline [HomePlug] адаптери 85 MBps</i>	
■ <u>DYNAMIX PL-E (85Mb)</u> : міст (адаптер) Ethernet-Powerline 85 Mbps	

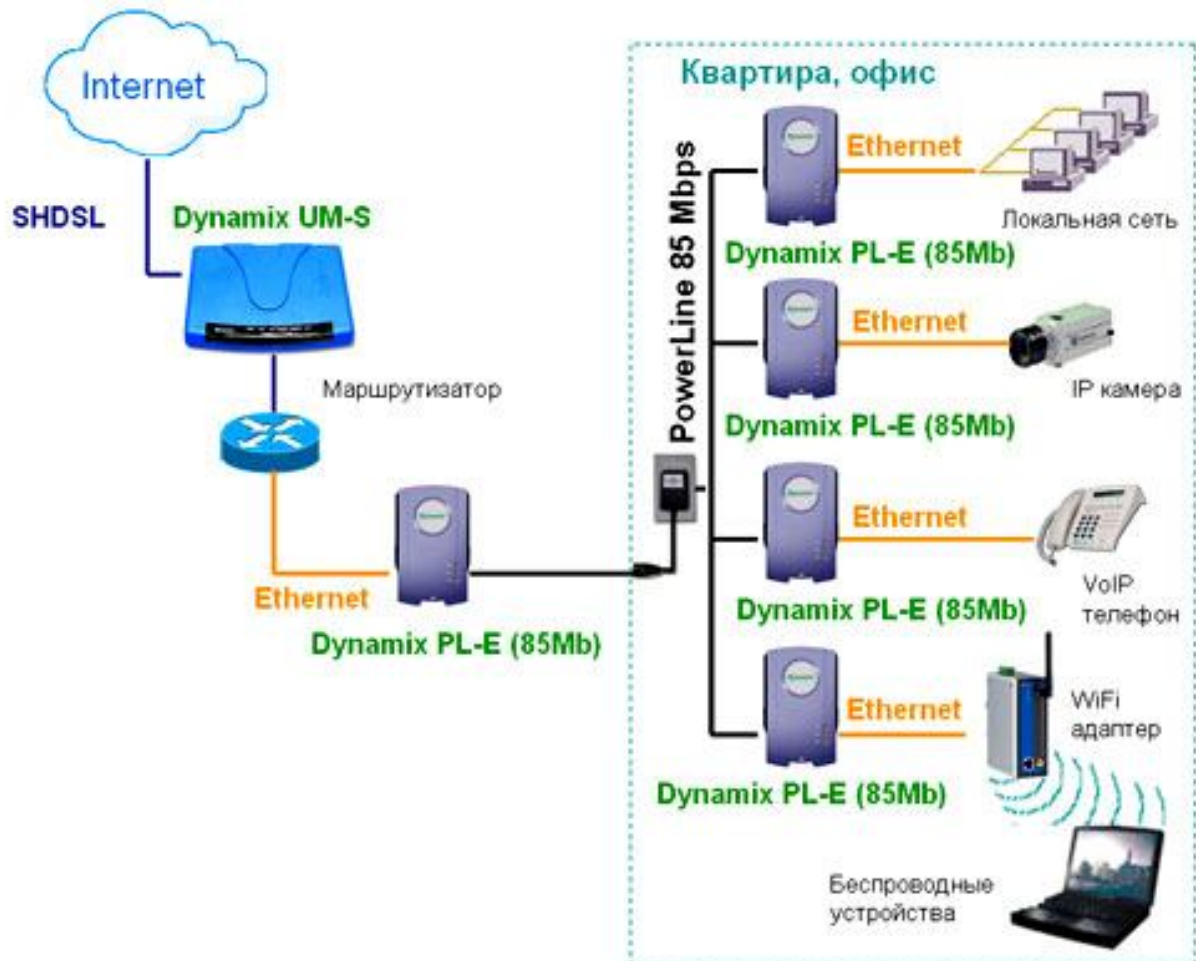


Рис. 4.9 Організація каналу зв'язку на основі пристроїв ASOTEL (варіант In-Door)

4.3 Виробники обладнання для комплексних рішень на базі PLC-технологій (для доступу на «останній миль» і рішень In-Door)

Одній з провідних компаній у виробництві функціонально закінчених виробів, систем і мереж зв'язку на основі PLC-технологій являється Ascom Powerline Communications AG (Швейцарія, www.ascom.com). Безпосередньо у холдингу Ascom створенням PLC-систем займається компанія Current Technologies International GmbH (www.currenttechnologies.com/index.html), що входить до складу CURRENT Communications Group (www.current.net).

Структура PLC-рішення Current Technologies приведена на рис.4.10. Зовнішній контроллер (CT Backhaul-Point) призначений для зв'язку по протоколу Ethernet з волоконно-оптичною або безпроводною мережею з одного боку і проміжних шлюзів (CT Bridges) з іншим. Шлюзи забезпечують підключення абонентів за допомогою PLC-модемів.

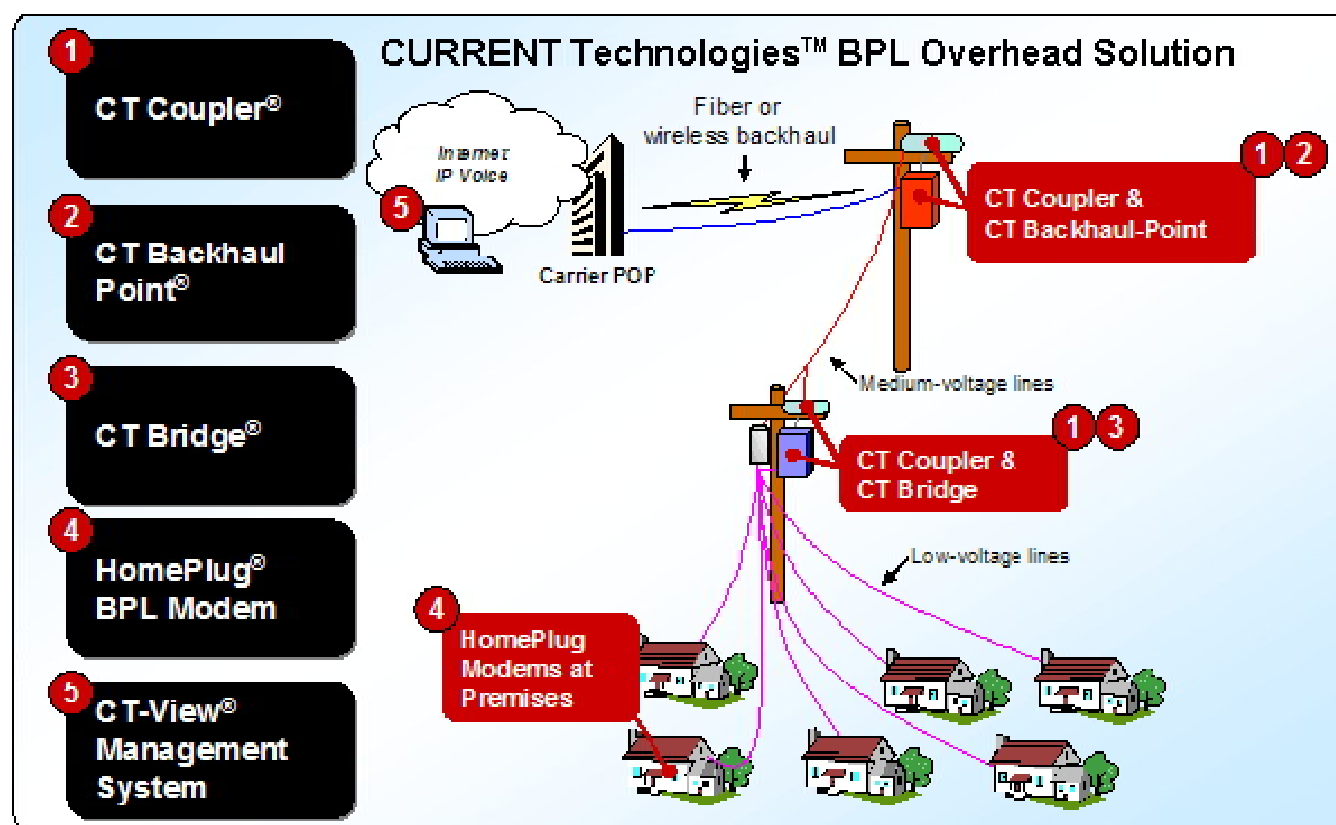


Рис. 4.10 Структура PLC-рішення Current Technologies

Основні продукти компанії Current Technologies приведені в таблиці 4.6.

Основні продукти компанії Current Technologies

Таблиця 4.6

Medium Voltage Infrastructure unit	APLC API-2000-MV
Low Voltage Head end & Repeater unit	APLC API-2000-LV
Low Voltage Gateway unit	APLC API-2000-GW
Low Voltage Data&Voice CPE units	APLC APC-2000-VB
Low Voltage wall-plug adapter	APLC APA-2000-DB

Серед основних елементів для PLC-інфраструктури відмітимо контролери API-2000-GW (у силових мережах 6÷40 кВ) і API-2000-LV (передавачі в мережах 220÷380 В). В якості кінцевого обладнання можна використати PLC-модеми APC-2000-VB або APA-2000-DB.

Ambient Corporation (США, www.ambientcorp.com) робить два види пристроїв: Ambient XNode і Ambient BPL Modem (Homeplug v.1.0). Перший з них представляє зовнішній контроллер (перетворює інформаційний сигнал і передає його в електромережу). Другий – стандартний PLC-модем, що встановлюється у абонента.

У травні 2006 р. Ambient анонсувала випуск нової лінійки обладнання під індексом X2. Нові вироби реалізовані на базі ІМС компанії DS2 (200 Мбіт/с). Вироби випускатимуться в двох варіантах: In-Door і для зовнішньої установки для роботи у важких атмосферних умовах. Нові вироби поступили на ринок в другому півріччі 2006 р.

Компанія Amperion, США (www.amperion.com) поставляє комплексні рішення на базі системи Amperion Connect. Обладнання не відповідає стандарту HomePlug і забезпечує швидкість в каналі до 24 Мбіт/с. У березні 2006 р. компанії Amperion і Corinex оголосили про укладення договору, по якому Amperion зможе використати PLC-обладнання (НОВЕ) компанії Corinex, працююче на швидкостях до 200 Мбіт/с.

Компанія Asoka USA Corporation, США (www.asokausa.com) робить обладнання (сімейство PlugLink), що дозволяє створити повноцінне PLC рішення. Усі вироби підтримують стандарти HomePlug v.1.0 і HomePlug 1.0 Turbo (до 85 Мбіт/с). Як елементна база використовуються ІМС компанії Intellon. На рис.4.11 представлені два PLC-модему (інтерфейси: Ethernet і USB).



Рис. 4.11 PLC-модеми компанії Asoka

Компанія Ilevo (Швеція, www.ilevo.com), підрозділ Schneider Electric Powerline Communications-виробник PLC-обладнання для широкосмугового доступу на основі ІМС компанії DS2. Вироби підтримують передачу IP-трафіку, і video-over-IP. Основне обладнання: блок-передавач (Head End, представлений на рис.4.12), повторювачі – ILV 2110 і ILV 2120 (представлений на рис.4.13), а також PLC-модем ILV 220 (рис.4.14), що підтримує роботу з даними і режим VoIP.

Компанія Gridcom (Китай, www.gridcom.cn/en) випускає комплект обладнання для створення PLC-системи: GD51X1-Modem, GD51X1-Repeater,

GD51X1-Router. Ці пристрої підтримують стандарт HomePlug v.1.0. Швидкісніше рішення – модель 200M GD9001-CPE, підтримує швидкість до 200 Мбіт/с, і дозволяє обмінюватися інформацією на відстані до 700 м. Основні параметри моделі: Signal Dynamic Range: 90 dB; Power Spectrum Density: 50 dBm/Hz; Bandwidth Range: 1МГц-34МГц; ETH і USB Interface.



Рис. 4.12 Блок-передавач



Рис.4.13 Одиночний повторювач ILV 2120



Рис. 4.14 Абонентський модем ILV 201

Компанія Corinex Communications Corporation (www.corinex.com, Канада/Словаччина) пропонує PLC-обладнання (лінійка AnyWire Connectivity) для широкого спектру завдань. Як елементна база використовується ІМС компанії DS2. З точки зору стандартизації компанія орієнтується на асоціацію UPA, оскільки використовує вищезгадані вироби від DS2, тобто стандарт HomePlug не підтримується. За оцінками In-Stat/MDR в 2004 р. Corinex контролювала порядку 48% світового ринку PLC, і більше 40% ринку PLC в Північній Америці (Frost & Sullivan). Основна продукція компанії представлена на рис.4.15.

200Mbps Video, Voice, Data solutions over existing electrical and TV cables!

CXP-AV200-RTR

Corinex AV200 Powerline Router



CXP-AV200-WME

Corinex AV200 Powerline Wall Mount



CXA-AV200-RTG

Corinex ADSL2+ AV200 Gateway



CXP-AV200-ETH

Corinex AV200 Powerline Adapter



- 200Mbps digital backbone (Powerline or Coax)
- ADSL2+ modem (Gateway only)
- Wireless G (Gateway only)
- Distance of up to 4000 feet (1200 meters) on AV200 CableLAN
- Distance of up to 1000 feet (300 meters) on AV200 Powerline
- CSMA/CARP protocol
- 802.1Q VLAN & Optimized VLANs
- Powerful DES/3DES encryption
- 8-level QoS priority queue and mapping support
- Plug & Play

The first 200Mbps Powerline solutions in the world, including the new Corinex ADSL2+ AV200 Wireless Powerline Gateway! Corinex AV200 Powerline products use electrical wiring to deliver multiple streaming video, audio, and broadband signals throughout a building. Multiple form factors (desktop and wall mount) and a fully featured router (with built-in firewall and NAT) are available for deployments in homes, multi dwelling units, offices, and more!

Рис. 4.15 Продукція компанії Corinex

У березні 2006 р. компанії Corinex Communications і Texas Instruments оголосили про укладення договору, по якому компанія Corinex почне випуск PLC-шлюзу CXA,-AV200-RTG (на базі виробу AV200) з інтегрованим ADSL-модемом на базі ІМС TI AR7 ADSL2+. Цей продукт дозволить абонентам використати технологію IP-TV.

Нині шлюз AV200 вже використовується іспанським оператором Telefónica. За повідомленням виробника більше 40 операторів по всьому світу проводять польові випробування з цим виробом.

Компанія MainNet Communication (www.mainnet-plc.com, Ізраїль) представляє комплексне рішення Power Line Ultimate System (PLUS), архітектура якого представлена на рис.4.16.

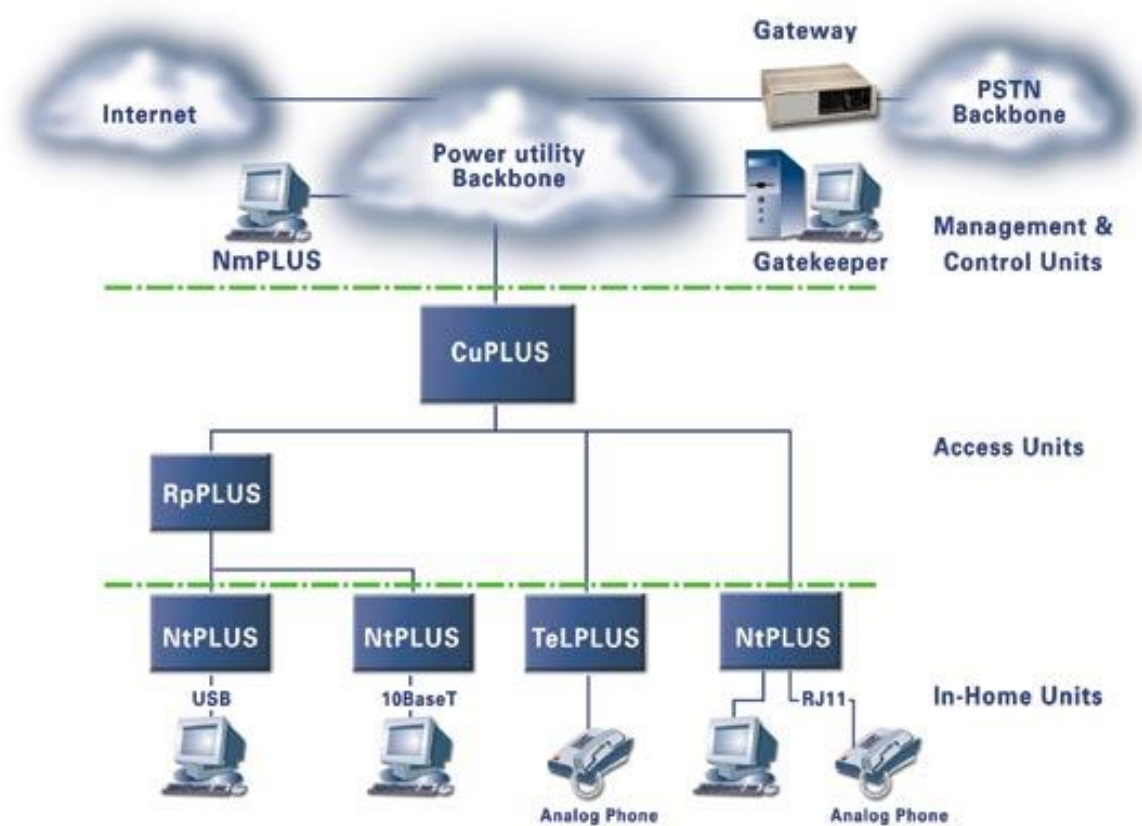


Рис. 4.16 Архітектура комплексного рішення PLUS

Рішення PLUS включає наступні основні елементи: передавач (концентратор) Cuplus (Concentrating Unit), повторювач Rpplus, і безпосередньо PLC-модем – Ntplus (Network Termination). Останній випускаються в двох варіантах: USB або Ethernet. Окремий модуль дозволяє підключити VoIP-телефон.

Компанія Toyo Network Systems (Японія, www.t-ns.co.jp/english/pss/top.html) пропонує обладнання для побудови PLC-мереж широкосмугового доступу. Обладнання побудована на основі ІМС компанії DS2 і включає передавач (MVnode, рис.4.17, що забезпечує підключення до 26000 абонентів (MAC-адрес), домашній шлюз (HomeGateway рис.4.17), що дозволяє підключити до 64-х пристроїв, і PLC-модем, що має інтерфейс 100Base-TX. Останній також дозволяє підключити один VoIP- телефон.



MVnode



HomeGateway



End-user modem

Рис. 4.17 Продукція компанії Toyo Network Systems

Обладнання для створення PLC-інфраструктури пропонує і компанія Sumitomo Electric (www.sei.co.jp, див. таблицю 4.7). Вона реалізована на базі ІМС третього покоління компанії DS2 і забезпечує швидкість до 200 Мбіт/с. В номенклатурі Sumitomo Electric також є пристрій типу міст ADSL/PLC і Ethernet/PLC.

Таблиця 4.7

Item	Specification	
Product	HE / LE	CPE
Modulation Method	OFDM	
Frequency Band	3 ~ 30МГц	
Data Rate	200Mbps	
Multi-Access Method	Master slave / CSMA	
Interface	PLC 100BASE-T Gigabit Ethernet (Optional)	Power (Power Supply & PLC) VoIP (RJ-11) 10/100BASE-T USB
Remote Operation	Telnet	
Remote Management	SNMP	

В якості PLC-модему Sumitomo пропонує пристрій типу CPE PTE-1210 (Customer Premises Equipment, рис. 4.18).



Рис. 4.18 PLC модем Sumitomo CPE PTE-1210

Схема і результати випробувань виробів Sumitomo Electric в мережі російського оператора «Електро-Ком» (див. р. 5.5) представлені на рис.4.19.

200Mbps PLC Deployment in Russia

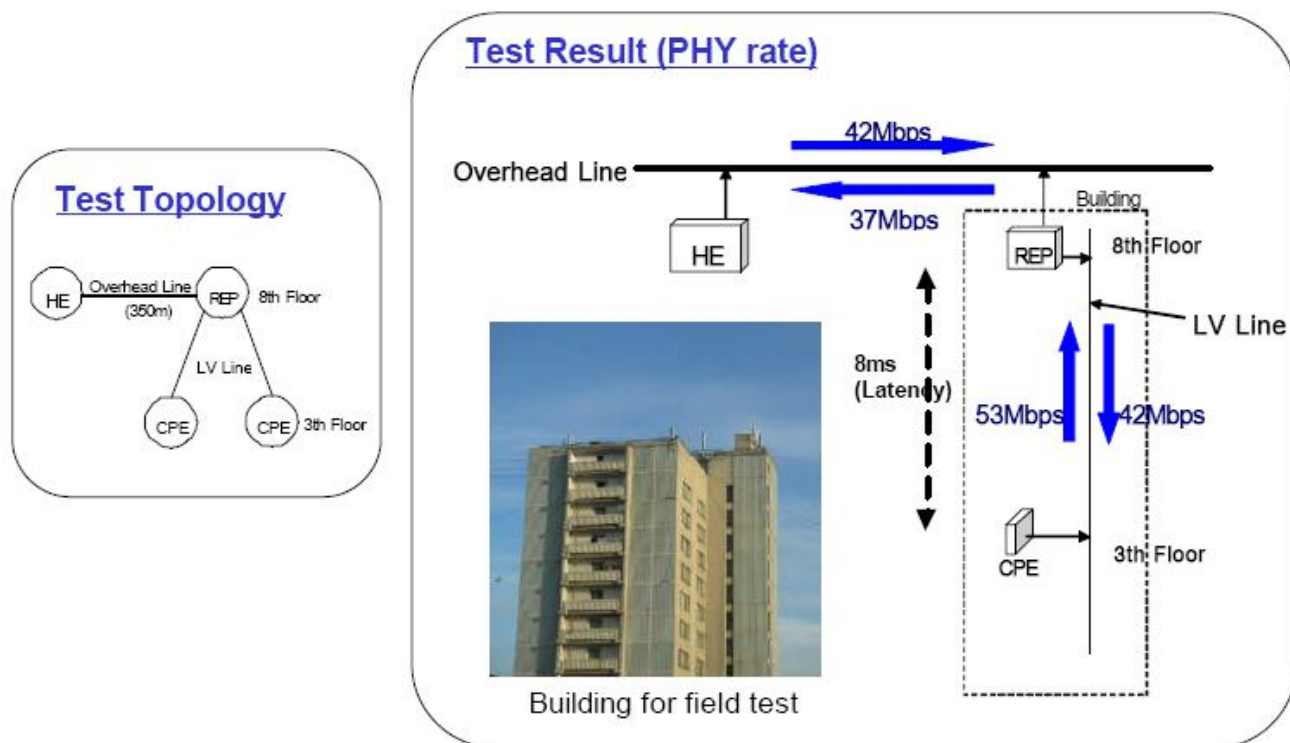


Рис. 4.19 Схема і результати випробувань виробів Sumitomo Electric

Компанія Такуо (Чехія, www.takyo.net), що належить французькій групі DéfiDev, робить повний комплекс обладнання для реалізації PLC-рішень. Вироби виконані на основі ІМС компанії DS2.

Контроллер-передатчик типу ANES-200 забезпечує дальність зв'язку до 400 м (без) і дозволяє підключити до 64 абонентів. Крім того, цей виріб можна використати в якості повторювача. Контроллер-передатчик типу AMH-201 по функціях аналогічний моделі ANES-200, але забезпечує підключення до 32 абонентів.

Компанія пропонує два типи PLC-модемів: ACPE-200, і AMH-200. Перший підтримує інтерфейс Ethernet, другий, – USB. Крім того, модель ACPE-200 виконує функцію VoIP- шлюзу і дозволяє підключити VoIP телефон.

Модель AHES-200 підтримує 1024 MAC адреси і реалізована на ІМС типу DS2 DSS9002, модель AMH-200-64 MAC адреси, ІМС типу DS2 DSS9010, модель ACPE-200-64 MAC адреси, ІМС типу DS2 DSS9001.

Корейська компанія Kaicom (<http://eng.kaicom.co.kr>) випускає комплексне рішення, до складу якого входять ередавачі з функцією повторювача (модель KPI-2xxx, таблиця 4.8) і PLC-модеми.

Варто відмітити основні параметри моделі KPI-2220:

- Data Transfer Rate:
Up to 200 Mbps through the powerline Interface
- Physical Layer:
Operating freq. Range: 2 МГц to 34МГц
Modulation technique: OFDM / QAM
- Interfaces:
Ethernet port: 10/100 Base Tx (RJ45 x 1 port)
PLC signal port: F-type connector x 3 port
Management interface: Ethernet (Telnet, Web) Console
- Protocol support:
VLAN Support: IEEE802.1Q
STP: IEEE802.1D
Traffic prioritization: IEEE802.1P
- Configuration & Management protocol
SNMP: V1,2
Version MIB II/ IETF RFC1213, 1493, 2674 Support
Telnet, HTTP, FTP/TFTP, NTP, RADIUS Support
- Electrical
A/C mains: 90 to 265Vac, 50/60 c/s
- Mechanical
Dimension: 357mm X227mm X 80mm

Weight: 5 Kg

Enclosure: Class : IP68 (Waterproof)

Серед PLC-модемів відмітимо модель КРС-103 (рис.4.20), випущену в середині 2005 р., що підтримує швидкість до 200 Мбіт/с.

Комплексне рішення компанії Kaicom

Таблиця 4.8

Model No.	Specification	MV	LV	MV/LV Gateway
KPI-2120	In-Door Type (IP21)	Head-End TD-Repeater	Head-End TD-Repeater	
KPI-2130	Out-Door Type (IP68) Small Network	Head-End TD-Repeater	Head-End TD-Repeater	
KPI-2140	Out-Door Type (IP68) Large Network	Head-End TD-Repeater	Head-End TD-Repeater	
KPI-2210	Out-Door Type (IP68) Small Network	FD-Repeater	FD-Repeater	MV : Slave, LV : Head-End MV : TD-R, LV : Head-End
KPI-2220	Out-Door Type (IP68) Large Network	FD-Repeater	FD-Repeater	MV : Slave, LV : Head-End MV : TD-R, LV : Head-End
KPI-2330	Out-Door Type (IP68) Large Network			MV : FD-R, LV : Head-End



Kaicom will release new 200Mbps BPL Modem (KPC-103) with price and size reduction and also improved functionality in early July 2005.

Рис. 4.20 PLC-модем, модель KPC-103

Основні параметри моделі KPC-103:

- Data Transfer Rate:
Up to 200 Mbps through the powerline interface
- Interface
Ethernet 10/100 Base-T / RJ-45
- Console
- Factory reset button
- Protocols Layer
In-Home MAC for small LAN networks.
Access MAC for large LAN networks.
IEEE 802.1Q, VLAN
Dynamic QoS: Configuration using service classifier
Spanning Tree Protocol: IEEE802.1D
- Management & Configuration
Remote management via standard SNMP
MIB: MIB II/ IETF RFC1213, 1493, 2674
SNMP: RFC 1157 SNMP v1, RFC 1905 SNMP v2
Auto-configuration by DHCP and TFTP
Configuration and upgrade files by TFTP

- Security
Compliant with RADIUS protocol.
Supports VLAN/ OVLAN
DES/ 3DES Encryption
- Physical Layer:
Modulation: OFDM with 1536 carriers
Bandwidth: 2 МГц ~ 34 МГц
Programmable transmission gain: 27dB and 15dB
Programmable reception gain: -12dB down to +30dB, in 6dB steps
- Environmental Requirements:
Operating Humidity: 5% ~ 95%, non-condensing
- Power Requirements:
Power consumption: 8W
Voltage: 90 ~ 265 VAC
Frequency: 50/60Hz
- Standards:
Electrical safety: EN60950-1
EMC: EN55022 (Class B), EN61000-3-2, EN61000-3-3, EN55024
- Dimension: 145mm (W) X 165 mm (D) X 41 mm (H)
- Weight: Max 400g

В таблиці 4.9 вказані інтерфейси і протоколи PLC-модемів компанії Kaicom.

У продуктивій лінійці Motorola є обладнання для створення PLC-мереж. Компанія випускає контроллер доступу типу Powerline LV Bridge і PLC-клієнт – Powerline LV Client. Вони призначені для роботи у складі комплексного рішення Motorola (див. р. 4.4) і реалізовані на основі ІМС типу Intellon INT5200 (HomePlug v.1.0).

Таблиця 4.9

Модель	Скорость/Mbps	Ethernet	VoIP	USB
KPC-103	200	■		
KPC-2104	200	■		
KPC-101V	200	■	■	■

У СНД також з'явилася компанія-розробник PLC-обладнання. Компанія TelLink (м. С.-Петербург, www.tellink.ru) пропонує широкий спектр виробів на основі ІМС компанії DS2. Основні вироби приведені в таблиці 4.10.

Інтерфейси Продуктова лінійка компанії Tellink для PLC-рішень

Таблиця 4.10

Наименование	Краткое описание
МАГИСТРАЛЬНЫЕ И КЛИЕНТСКИЕ PLC МОДЕМЫ	
	CPE 200 with VoIP TL-200CPE. Клиентский модем. Чипсет 9001 Интерфейсы: Ethernet 10/100, USB, RJ11(VoIP). Протоколы: DHCP, TCP/IP (IPv4), TFTP, SNMP, VLAN (802.1q), OVLAN, VPN, TFTP, STP, HTTP, UDP, 8 QoS. VoIP: Codec G.711, G.729a/b, G.723.1, H323 v4, RTP/RTCP Шифрование – 3DES+расширенное Скорость – до 200 Мбит/с.
	CPE wall-mount TL-200WM Клиентский модем. Чипсет 9010 Интерфейсы: Ethernet 10/100 Протоколы: DHCP, TCP/IP (IPv4), TFTP, SNMP, VLAN (802.1q), OVLAN, VPN, TFTP, STP, HTTP, UDP, 8 QoS. Шифрование – 3DES+расширенное Скорость – до 200 Мбит/с.
	CPE wall-mount TL-201WM Клиентский модем. Чипсет 9001 Режимы – мастер, slave, повторитель. Интерфейсы: Ethernet 10/100 Протоколы: DHCP, TCP/IP (IPv4), TFTP, SNMP, VLAN (802.1q), OVLAN, VPN, TFTP, STP, HTTP, UDP, 8 QoS. Шифрование – 3DES+расширенное Скорость – до 200 Мбит/с.
	Slim Injector TL-201HES Магистральный модем. Чипсет 9001 Режимы – мастер, slave, повторитель. Интерфейсы: Ethernet 10/100 Протоколы: DHCP, TCP/IP (IPv4), TFTP, SNMP, VLAN (802.1q), OVLAN, VPN, TFTP, STP, HTTP, UDP, 8 QoS. Шифрование – 3DES+расширенное Скорость – до 200 Мбит/с.

Таблица 4.10

	Slim Injector TL-202HES Магистральный модем. Чипсет 9002 Режимы – мастер, slave, повторитель. Интерфейсы: Ethernet 10/100 Протоколы: DHCP, TCP/IP (IPv4), TFTP, SNMP, VLAN (802.1q), OVLAN, VPN, TFTP, STP, HTTP, UDP, 8 QoS. Шифрование – 3DES+расширенное Скорость – до 200 Мбит/с.
	Injector TL-202HE Магистральный модем. Режимы – мастер, slave, повторитель. Интерфейсы: 2xEthernet 10/100 Протоколы: DHCP, TCP/IP (IPv4), TFTP, SNMP, VLAN (802.1q), OVLAN, VPN, TFTP, STP, HTTP, UDP, 8 QoS. Шифрование – 3DES+расширенное Скорость – до 200 Мбит/с.
	WiFi GateWay Agw-100
	ADSL Homeplug AV Bridge/Router 200Mbps TL108E PLC модем Интерфейсы: – Ethernet Протоколы: IEEE 802.3 10/100 Ethernet (100Mbps), - 10/100 Mbps Auto MDI/ MDIX Support - Совместимость с существующими 14 Mbps HomePlug1.0, 85 Mbps Turbo Home Plug 1.0 - OFDM 1024/256/64/16/8 QAM, QPSK, BPSK, ROBO Modulation Scheme - TDMA - 4 уровня приоритезации - ToS, CoS,IGMP Шифрование: 128-bit AES Чипсет: Intellon INT6000
	Homeplug AV Ethernet USB 200Mbps TL108EU PLC модем Интерфейсы:- Ethernet, USB
	Homeplug AV Access Point 200Mbps TL108EUW PLC модем Интерфейсы:- Ethernet, USB, Wireless

4.4 Комбіновані рішення із застосуванням PLC-технології

У червні 2005 р. компанія Motorola анонсувала рішення, що поєднує в собі безпроводний доступ і передачу даних через електропроводку за технологією

BPL. Продукт під назвою Powerline LV складається з платформи Canopy Broadband Internet Platform і розширеній технології HomePlug. Широкосмуговий канал до будівлі організовується за допомогою безпроводного доступу, а далі трафік розводиться по окремих приміщеннях за допомогою звичайної домашньої електропроводки. Таким чином, ліквідовуються значні витрати на прокладення дротів, а час установки і введення системи в експлуатацію скорочується до мінімуму.

Першим замовником стала компанія Broad River Electric, яка обслуговує близько 25000 будинків в сільській місцевості. Передбачалося запустити проект впродовж 2005 р.

4.5 Висновки по розділу 4

До теперішнього часу освоєний випуск PLC-обладнання як для комплексних рішень, так і класу «In-Door», що забезпечує швидкість в каналі 10-20 Мбіт/с.

Основні дослідження проводяться з обладнанням, що підтримує швидкість доступу до 200 Мбіт/с. Основні виробники ІМС, що постачають набори мікросхем для широкосмугового доступу – компанії DS2, Intellon, SPiDCOM, Yitran, Xeline.

Виробники почали освоєння обладнання класу «In-Door», що забезпечує швидкість доступу до 200 Мбіт/с. Серед лідерів можна виділити компанії devolo і Xeline. З виробників комплексних рішень по вищезгаданому напрямку відмітимо ASCOM/Current, Ambient, Ilevo, Corinex, MainNet і Defidev.

Таким чином, обладнання, представлена в цьому сегменті ринку, дозволяє реалізувати PLC-систему широкосмугового доступу різної міри складності.

Наступний етап розвитку систем на основі PLC-підтримка протоколу VoIP та перехід на швидкість 500 Мбіт/с. Так в лютому 2006 р. компанії Ilevo і Netbricks уклали угоду, по якій вони почали спільні дослідження VoIP.

Контрольні питання

1. Основні класи мереж на основі PLC-технологій?
2. Суть та призначення In-Door мереж?
3. Особливості, призначення та вимоги до In-Door мереж?
4. Суть та призначення Out-Door мереж?
5. Особливості, призначення та вимоги до Out-Door мереж?
6. Основні стандарти, що використовуються в In-Door мережах?
7. Розробники та виробники рішень та обладнання для In-Door мереж?
8. Склад та функціональне призначення елементів для In-Door мереж?
9. Основні стандарти, що використовуються в Out-Door мережах?
10. Розробники та виробники рішень та обладнання для Out-Door мереж?
11. Склад та функціональне призначення елементів для Out-Door мереж?
12. Структура PLC-рішення Current Technologies?
13. Основні продукти компанії Current Technologies?
14. Структура PLC-рішення Ilevo?
15. Основні продукти компанії Ilevo?
16. Структура PLC-рішення MainNet Communication?
17. Основні продукти компанії MainNet Communication?
18. Структура PLC-рішення TelLink?
19. Основні продукти компанії TelLink?
20. Комбіновані рішення із застосуванням PLC-технологій?

5 АНАЛІЗ РЕАЛІЗАЦІЇ ДІЮЧИХ ПРОЕКТІВ І ПЕРСПЕКТИВНИХ ПЛАНІВ РОЗГОРТАННЯ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ PLC В ЗАРУБІЖНИХ КРАЇНАХ

5.1 Загальний огляд впровадження технології PLC в світі

Перші експлуатаційні випробування окремих виробів, розроблених по PLC-технологіям, були проведені в 1998 році у Великобританії.

Експлуатаційні випробування PLC-систем і мереж зв'язку регулярно стали проводитися з 1999 року в Західній Європі, Північній Америці і Південно-східній Азії.

На рис. 5.1 представлені основні зони тестових випробувань і комерційних впроваджень технології PLC, які були проведені в 43 країнах в період 2003-2005 років.

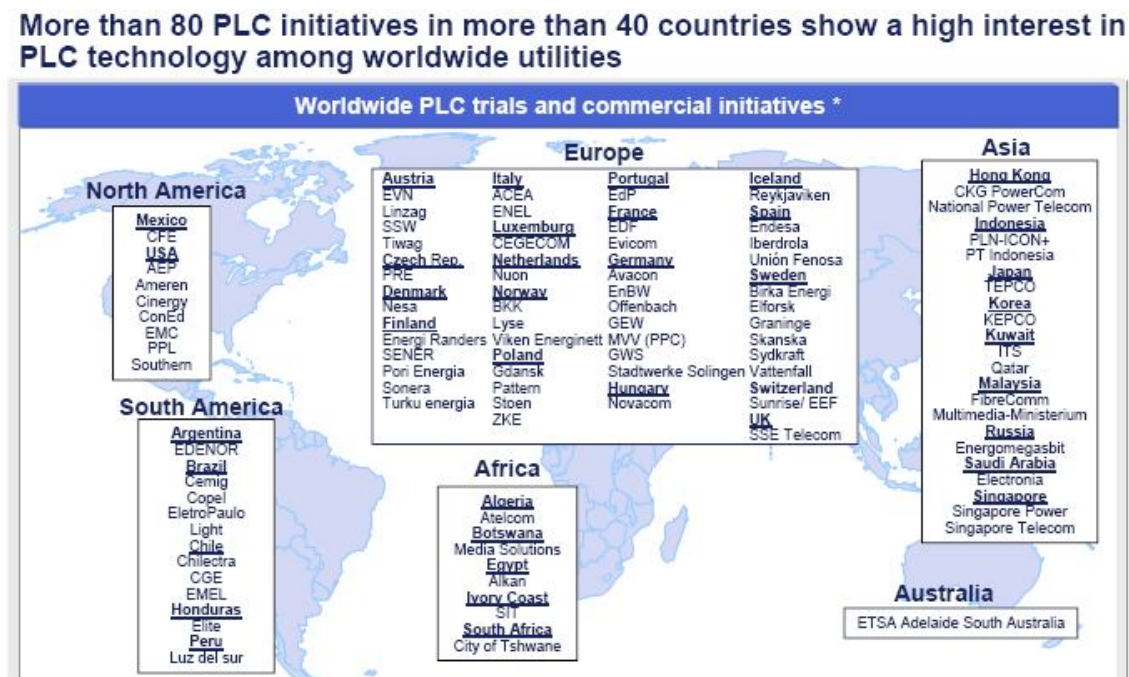


Рис. 5.1 Основні зони тестових випробувань і комерційних впроваджень технології PLC у світі

Нині у світі вже реалізовані декілька десятків пілотних проектів по розгортанню мережі PLC/BPL. Технологія досить широко поширена в Іспанії, Словаччині, Німеччині, США, Китаї, Франції і низці інших країн.

5.2 Впровадження PLC в європейських країнах

У Німеччині в місті Мангейм PLC-послуга пропонується під торговою маркою «Vype» (www.vype.de), в місті Хамельн – «Piper-Net» (www.piper-net.de), в місті Дрезден – «PowerKom» (www.drewag.de), в місті Оффенбах – «EVOpowerline» (www.evo-ag.de).

У Австрії PLC-проект реалізований в місті Линц під торговою маркою «Speed-Web» (www.linzag.net), в Шотландії в таких містах як Crieff і Campbeltown – «Broadband» (www.hydro.co.uk/broadband), в Швеції – ENkom; у Нідерландах – Digistroom.

Представляє інтерес оцінити тарифну політику PLC-операторів. Наприклад, «Vype» пропонує тариф «VYPE FAMILY» - 15 Euro щомісячна абонентська плата і 3,3 Євроцента за МБ. Тариф «VYPE FAMILY FLAT» при абонентській платі 40 Euro пропонує необмежений доступ. Тариф «piper: net Flat 250» при абонентській платі 10 Euro пропонує 250 МБ + 3,5 Євроцента за МБ.

У Таблиці 5.1 приведені дані по ряду європейських комерційних проектів (за станом на 1.1.2006 р.).

Мережі PLC охоплюють багатоквартирні будинки, готелі, школи і будь-які будівлі, де відчувається потреба в гнучкому розгортанні широкосмугового доступу в Internet. Один з найбільш великих проектів – 60-поверховий хмарочос в Гонконзі, виконаний на базі обладнання компанії Ascom. Декілька мереж PLC із застосуванням обладнання цього виробника розгорнуті в рибальських селищах Норвегії і Ісландії. У Німеччині і Ірландії на базі мереж PLC реалізовані проекти «Електронна школа».

Дані по ряду європейських комерційних проектів PLC в Європі

Таблиця 5.1

Країна	Зона покриття	Кількість користувачів
Німеччина	Mannheim	~85000
	Hameln	~20000
	Dresden	~15000
Швейцарія	Fribourg	~50000
Австрія	Linz	~35000

Ряд PLC-проектів реалізований в Португалії. Тестові зони розгорнуті в 5 містах, до широкосмугових каналів зв'язку підключені 270 трансформаторних підстанцій, 54000 домоволодінь, в якому підключені більше 6000 абонентів. На першому етапі їм пропонується дві послуги: широкосмуговий доступ до Інтернет і VoIP. Швидкість підключення група абонентів в кластері – до 20 Мбіт/с, максимальна швидкість підключення одного абонента – 5 Мбіт/с.

Іспанський оператор Telefonica в серпні 2005 р. оголосив про підписання контракту з компанією CORINEX на постачання обладнання для надання послуг типу IP-TV на основі PLC. В якості основної обладнання буде використаний адаптер «Imagenio» (200 Мбіт/с, AV Powerline Ethernet), що пройшов в Telefonica усі тести, у тому числі і на якість зв'язку (QoS). Виріб призначений для підключення IP-TV приставки до ADSL-модему. Нагадаємо, що у виробі використана ІМС типу G3 компанії DS2.

Один з найбільших в Європі PLC-проектів реалізований компанією Endesa в м.Сарагоса (Іспанія). Тут в 2003-2004 р. було підключено більше 20000 домоволодінь (квартир у багатоповерхових будинках і приватних будинках). При реалізації проекту до 56 трансформаторних підстанцій було підведено оптоволокну, до 84 – широкосмуговий Інтернет підведений по високовольтній лінії (6 кВ). В середньому на 1 трансформаторну підстанцію доводиться 133 PLC-

абонента. Представляє інтерес статистика контрактів: 70% абонентів віддали перевагу варіанту «Інтернет+Голос», 29%-«Голос», і менше 1%-«Інтернет».

Інший великий проект Endesa реалізувала в 2004 р. в двох передмістях м.Барселона. Тут підключене більше 7000 домоволодінь, 109 трансформаторних підстанцій.

5.3 Впровадження PLC в США та Канаді

Останнім часом широкомасштабне впровадження BPL-технології почалося в США. Тут ключову роль зіграв відомий виступ президента Буша в квітні 2004 р. Тоді одним з пріоритетних напрямів розвитку був проголошений широкосмуговий доступ, як технологія, яка в «2007 р. повинна прийти в кожен будинок». Відповідно до цієї директиви FCC вже в жовтні 2004 р. випустило доповнення (див. р. 2), які відкрили для BPL зелену вулицю.

BPL In the United States

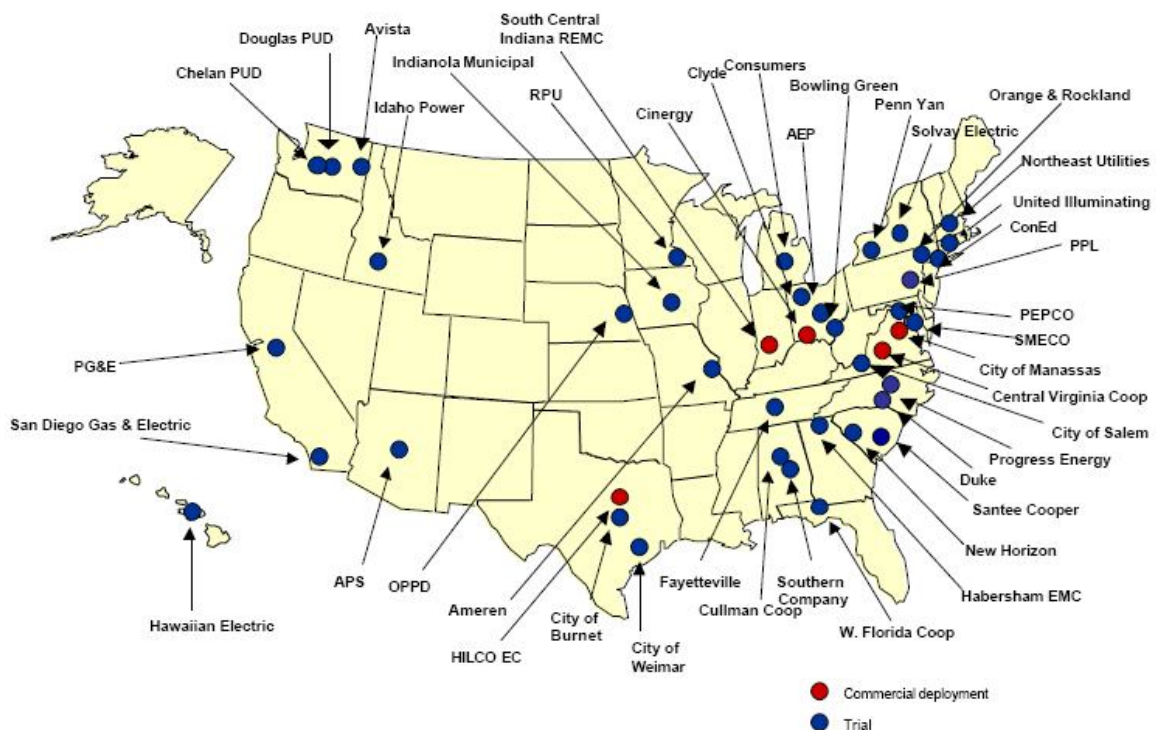


Рис. 5.2 Основні комерційні та пілотні BPL-проекти у США

Основні комерційні і пілотні BPL-проекти в США представлені на рис. 5.2 і в таблиці 5.2.

Ситуація з комерційними проектами в США приведена в таблиці 5.3 (за станом на 1.1.2006).

У 2005-2006 роках в США близько 50 компаній працюють над впровадженням BPL в тестовому режимі експлуатації з перспективами досягнення швидкості до 5 Мбіт/с.

Один з найбільших PLC-проектів реалізує компанії CenterPoint Energy за підтримки IBM. У липні 2005 р. CenterPoint Energy Houston Electric, підрозділ компанії CenterPoint Energy, працюючої на ринку електроенергетики, відкрила в одному зі своїх підрозділів в Х'юстоні центр за технологією BPL з метою дослідження можливості застосування цієї технології в інтересах кінцевих споживачів, а також компаній, що енергозабезпечують. Крім того, компанія CenterPoint почала пілотну програму, покликану продемонструвати можливості технології BPL домашнім споживачам електроенергії в Х'юстоні.

При реалізації пілотної програми застосовуються пристрій третього покоління (до 200 Мбіт/с). Пілотна зона реалізована на основі обладнання компанії Corinex (Corinex MV Access Gateway – Corinex editor) (див. р.4).

Оператор надає BPL-сервіси на території, що охоплює приблизно 220 будинків в південно-східному районі Х'юстону. Ця ініціатива, в якій взяли участь 50 місцевих жителів, діяла по серпень 2005 року. Після закінчення цього періоду корпорація IBM спільно з компанією CenterPoint Energy оцінила задоволеність споживачів і підготувала висновки за результатами програми. За оцінками CenterPoint Energy ринковий потенціал масового застосування технології BPL досить високий.

Таблиця 5.2

Власник електромережі	Зона впровадження	Постачальник обладнання	Вид впровадження
Arizona Public Service	Cottonwood, Arizona	Mitsubishi	technical trial
Ameren	Cape Girardeau, MO: 500 homes passed / 70 end users	Main.net –	Н.д
AEP	Dublin, OH: 132 homes passed / 2 end users	Amperion –	
Central Virginia Electric Cooperative	Nelson County: 4000 homes	IBEC	
Cinergy	Cincinnati, OH: commercial deployment to 50000 homes passed	Current Technologies –	
City of Manassas	City-wide deployment to reach 20,000 end users	Main.net –	
City of Solvay, NY	Commercial deployment; government funding from State of New York	New Visions –	
ConEdison	Briarcliffe Manor, NY: 1st trial in US	Ambient –	
Consumers Energy	Grand Ledge, MI: commercial deployment to 1000 homes passed	Shpigler Group –	
Cullman Electric Cooperative	Cullman, AL: rural trial	IBEC –	
Duke	Charlotte, NC: ramping up to 15000 users	Main.net –	
HECO	Honolulu, HI: 100 home trial	Current Technologies	
Hilco Elec. Coop	Glen Heights, TX: 100 home development	Amperion –	
IdaComm	Boise, Idaho: 25 end users	Amperion –	
City of Salem, VA	Salem, VA: 10 subs, 100 homes passed	Amperion –	
PEPCO	Potomac, MD: 115 subs	Current Technologies	
PPL, PA	Allentown, 17000 homes passed	Main.net / Amperion	

Ситуація з комерційними проектами в США

Таблиця 5.3

Company	Ambient Con.Edison	Duke Power Fonix Telecom/AT&T/ earthLink	Manassas city	Cinergy's Current Broadband	PPL Telcom
Area	New York Manhattan	south and north Carolina	Manassas city	Cincinnati	Exclusive
Shape	Commercial Service	Trial for commercial Service	Commercial Service	Commercial Service	Commercial Service
Member of subscribers	~1,800	10,000~15,000	~3,500	~260,000	~16,000
Year	2005	2005 Middle	2005	2005	2005

Ряд телекомунікаційних виробників і системних інтеграторів, у тому числі Cisco, Mitsubishi, IDACOMM, Amperion, Broadband Energy, Itron і PCPC, співпрацюють з CenterPoint Energy і IBM як в центрі за технологією BPL, так і у рамках пілотного проекту.

У обидва ці проекти IBM делегувала велику групу своїх фахівців з енергетики і IT-технологій, а також надала новітні апаратні і програмні засоби. Фахівці підрозділу IBM Global Services брали участь в проектуванні, створенні і розгортанні технологічної інфраструктури, засобів відображення і демонстрації центру за технологією BPL, при цьому використовувалися сервери IBM xSeries, персональні комп'ютери, безпроводні рішення IBM і технологія IBM Kiosk. У рамках пілотної програми корпорація IBM здійснює управління проектом і підтримку, а також поточну оцінку і моніторинг використовуваного обладнання.

Відмітимо, що президент США Джордж Буш, що виразив свого часу надію на реалізацію універсального широкосмугового доступу до 2007 року, і державні США, що регулюють органи, заохочують розгортання широкосмугових сервісів, особливо на основі технології BPL.

Серед інших проектів в США відмітимо мережу в м.Цинциннати де підключені близько 50000 будинків, і мережа в штаті Ванкувер (більше 37000 абонентів). У районі Цинциннати роботи проводить енергетична корпорація Cіnergy, яка використовує обладнання компанії Current Communications.

У штаті Техас роботи проводять енергетична компанія TXU Electric Delivery і постачальник обладнання Current Communications. Відповідно до контракту вартістю 150 млн. дол. (підписаний в грудні 2005 р. строком на 10 років) енергетична компанія проведе пуско-налагоджувальні роботи, а Current Communications поставить обладнання.

У м.Manassas, шт.Виржиния компанія COMTek створила мережу, що охоплює більше 12500 домоволодінь. На 01.01.2006 р. компанія мала близько 700 абонентів (абонентська плата 29 дол. в місяць). У мережі використано обладнання (абонентське) компанії Main.net вартістю 65-100 дол.

В середині 2005 р. компанії Google, Goldman Sachs і Hearts оприлюднили інформацію про свої плани по інвестуванню близько 100 млн. дол. в Current Communications. Стратегічний інвестор компанія TXU, для якої CURRENT створює мережу «Smart Grid» 04.05.2006 р. надала останній кредит в 130 млн. дол.

Відмітимо, що в США абонентська плата за послуги, що надаються за технологією BPL, складає від 20 до 40 дол. в місяць. Так у компанії CURRENT Communications оплата доступу в Інтернет, IP- телефонія обходяться абонентові в 50 дол.

У ряді штатів спільні з енергокомпаніями BPL-проекти розгортає Інтернет сервіс-провайдер IBES. Так в штаті Алабама послуги на основі BPL пропонуються спільно з енергокомпанією Cherokee Electric Cooperative, в штаті Індіана – з South Central Indiana Rural Electric, в штаті Вірґінія – з Central Virginia Electric.

Як ми вказували в розділі 2, з 01.06.2005 р. в США набули чинності федеральні правила передачі широкосмугового зв'язку через лінії електропередачі. Прийняте FCC рішення зустріло найсильнішу протидію в першу чергу з боку радіооператорів і радіо служб пожежників, поліції і інших служб швидкої допомоги. Це обумовлено тим, що як вважають експерти «Занадто висока вірогідність неконтрольованих перешкод». Опоненти вважають, що FCC повинна була б почекати зі своїми правилами, але найвірогідніше Білий дім наполіг на тому, щоб дати зелене світло новій технології, яка може створювати нові робочі місця.

Проте у радіооператорів було не так багато союзників, принаймні, готових виступити публічно, щоб завадити FCC ввести в дію свої правила. Одна з причин цього в тому, що не поліція, ні інші служби швидкої допомоги ще не тестували нову технологію, попри те, що саме їх проблема перешкод торкається в першу чергу. Агентство по надзвичайних ситуаціях США теж займається питанням BPL, але ще не дійшло певних висновків. Очевидно, що на ухвалення політичних рішень роблять великий вплив потенційні конкуренти.

Експерти в США вважають, що BPL-технологія стане низькозатратним конкурентом на будь-якому ринку. Інша перевага, яку отримують енергокомпанії, – це можливість продавати послугу доступу в Інтернет в найвіддаленіших районах США, де кабельні компанії просто не працюють.

За прогнозом дослідницької організації Research and Markets, до 2012 р. 33% усіх нових користувачів мереж широкосмугового доступу застосовуватимуть технологію BPL, а 13% «старих» користувачів перейдуть на цю технологію. Але сервіс-провайдери не мають наміру пасивно чекати «світлого електричного майбутнього». Компанія Cinergy, наприклад, вже пропонує споживачам і корпоративним користувачам в м.Огайо доступ в Інтернет по BPL-технології. Після успішної тестової експлуатації систем BPL в м.Солвей (шт.Нью-Йорк)

компанія New Visions має намір найближчим часом запропонувати відповідні послуги доступу як альтернативу існуючим системам DSL і KTB.

У Канаді в одному з міст провінції Онтаріо оператор зв'язку «PUC Telecom» розгортає пілотний проект по застосуванню PLC-технології. При створенні велетенського хотспота Wi-Fi, що охоплює усе місто, традиційна силова інфраструктура забезпечує підключення безпроводних точок доступу. У основі проекту лежить технологія компанії Amperion, що забезпечує широкосмугову передачу даних по лініях електропередачі.

Все частіше лунають дуже оптимістичні прогнози відносно комерційного майбутнього нової технології. Наприклад, аналітична компанія Telecom Trends International прогнозує, що світовий ринок доступу по BPL виросте з 57,1 млн. дол. в 2004 р. до 4,4 млрд. дол. в 2011 р. При цьому ринок обладнання BPL збільшиться з 78,8 млн. дол. (2004 р.) до 5,3 млрд. дол. в 2011 р.

За прогнозом компанії Research and Markets до 2012 р. 13% абонентів широкосмугового доступу оберуть BPL-технологію. За прогнозом кожне третє з нових підключень в 2012 р. абонентів оберуть BPL. При цьому щорічний ріст BPL-ринку оцінюється у 106%.

Проте в оптимістичних гімнах ораторів чутні і тривожні нотки. Наприклад, американський ринок телекомунікаційних послуг настільки насичений, що поява ще одного способу доступу навряд чи викличе бурхливий інтерес користувачів. У кінці 2004 року 56,6% інтернет-користувачів в США було підключено одночасно і до DSL-лінії, і до мережі кабельного телебачення. За прогнозами аналітиків до 2009 року їх число збільшиться до 76%. У такій ситуації важко просувати ще один вид доступу, навіть якщо він виглядатиме практично ідеально: компаніям, що поставили на BPL, доведеться проявити чудеса маркетингової еквілібристики. Схоже, що і самі учасники затії з BPL відчувають це. Як стверджує Джим Ендрю з Adventis, «новий вид доступу хороший для користувачів, особливо з сільської місцевості».

5.4 Впровадження PLC в Кореї і Китаї

Міністерство комерції, промисловості і енергетики Кореї інвестувала більше 500 млн. дол. впродовж 5 років (2004-2009) на дослідження і впровадження PLC-технології.

У Китаї позиція регулятора доки не ясна. Проте, підрозділ однієї з найбільших китайських енергетичних компаній State Power (Beijing Fibrlink) почав пропонувати клієнтам послугу PLC на основі обладнання компанії SPiDCOM (див. р.4.1).

Контрольні питання

1. Ретроспектива та географія випробувань технології PLC?
2. Основні послуги та продукти, що реалізуються за допомогою сучасних технологій PLC?
3. Стан впровадження PLC в європейських країнах?
4. Досягнення та результати впровадження PLC в європейських країнах?
5. Стан впровадження PLC в США та Канаді?
6. Досягнення та результати впровадження PLC в США та Канаді?
7. Стан впровадження PLC в Кореї і Китаї?
8. Досягнення та результати впровадження PLC в Кореї і Китаї?
9. Стан, досягнення та результати впровадження PLC в Україні?
10. Перспективи впровадження PLC в Україні?

6 ОЦІНКА ПЕРСПЕКТИВ І МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКОШВИДКІСНИХ PLC-РІШЕНЬ ДЛЯ НАДАННЯ ПОСЛУГ ЗВ'ЯЗКУ В УКРАЇНІ.

6.1 Нормативно-правова база України для застосування технології PLC як рішення для мереж абонентського доступу операторського класу

Застосування телекомунікаційної технології PLC, як одного з рішень «останньої милі», для надання комплексу послуг зв'язку фізичним і юридичним особам (телефонного зв'язку, передачі даних, доступу в Інтернет і так далі) операторами зв'язку на території України повинно регулюватися українським законодавством і нормативно-правовими актами галузі «Телекомунікації». Діяльність організацій, що займаються розгортанням і експлуатацією мереж PLC, вимагає ліцензування, а обладнання повинне пройти сертифікаційні випробування і отримати відповідний дозвіл у Національній комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації (НКРЗІ) на використання в мережі зв'язку загального користування.

Основними документами, що регламентують діяльність в області зв'язку, являються:

а) по загальним питанням:

- Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо національних комісій, що здійснюють державне регулювання природних монополій, у сфері зв'язку та інформатизації, ринків цінних паперів і фінансових послуг»
- Закон України "Про телекомунікації»
- Закон України «Про радіочастотний ресурс України»
- Закон України «Про поштовий зв'язок»

- Закон України «Про телебачення і радіомовлення»
- Закон України «Про інформацію»
- Закон України «Про Національну програму інформатизації»
- Закон України «Про Основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки»
- Закон України «Про електронні документи та електронний документообіг»
- Закон України «Про електронний цифровий підпис»
- Закон України «Про захист персональних даних»
- Закон України «Про доступ до публічної інформації»
- Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо спрощення умов доступу на ринок телекомунікаційних послуг»
- Закон України «Про Концепцію Національної програми інформатизації»
- Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції розвитку телекомунікацій в Україні»

б) по сертифікації обладнання:

- Закон України «Про підтвердження відповідності
- Закон України «Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності»
- Декрет Кабінету Міністрів України Про стандартизацію і сертифікацію
- Закон України «Про стандартизацію»
- Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність»
- Технічний регламент радіобладнання і телекомунікаційного кінцевого (термінального) обладнання
- Перелік національних стандартів, які, в разі добровільного застосування, є доказом відповідності продукції вимогам

Технічного регламенту радіообладнання і телекомунікаційного кінцевого (термінального) обладнання, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 червня 2009 року N 679

- Текст національних стандартів, які, в разі добровільного застосування, є доказом відповідності продукції вимогам Технічного регламенту радіообладнання і телекомунікаційного кінцевого (термінального) обладнання, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 червня 2009 року N 679
 - Положення про порядок і форму ведення реєстру радіоелектронних засобів та випромінювальних пристроїв, що можуть застосовуватися на території України в смугах радіочастот загального користування
 - Узагальнені умови застосування радіоелектронних засобів та випромінювальних пристроїв для деяких радіотехнологій/видів РЕЗ
- в) по ліцензуванню операторської діяльності:
- Постанова Кабінету Міністрів України «Про розміри плати за видачу, продовження строку дії, переоформлення, видачу дублікатів ліцензій на користування радіочастотним ресурсом України»
 - Ліцензійні умови користування радіочастотним ресурсом України
 - Про затвердження Порядку проведення конкурсів або тендерів на отримання ліцензій на користування радіочастотним ресурсом України та визнання таким, що втратило чинність, рішення НКРЗ від 06.09.2007 № 911 (Рішення НКРЗІ від 24.09.2013 № 625, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 14 жовтня 2013 р. за № 1754/24286)
 - Ліцензійні умови здійснення діяльності у сфері телекомунікацій з надання послуг фіксованого телефонного зв'язку з правом

технічного обслуговування та експлуатації телекомунікаційних мереж і надання в користування каналів електрозв'язку: місцевого, міжміського, міжнародного (додатки)

- Ліцензійні умови здійснення діяльності у сфері телекомунікацій з надання послуг рухомого (мобільного) телефонного зв'язку з правом технічного обслуговування та експлуатації телекомунікаційних мереж і надання в користування каналів електрозв'язку (додатки)
- Ліцензійні умови здійснення діяльності у сфері телекомунікацій з надання послуг з технічного обслуговування і експлуатації телекомунікаційних мереж, мереж ефірного теле- та радіомовлення, проводового радіомовлення та телемереж (додається)
- Про затвердження Ліцензійних умов здійснення діяльності у сфері телекомунікацій з надання послуг фіксованого телефонного зв'язку з використанням безпроводового доступу до телекомунікаційної мережі з правом технічного обслуговування і надання в користування каналів електрозв'язку: місцевого, міжміського, міжнародного
- Постанова Кабінету Міністрів України «Про розміри та порядок зарахування плати за видачу, переоформлення, видачу дубліката, копії ліцензії на провадження діяльності у сфері телекомунікацій і продовження строку її дії»
- Рішення НКРЗІ від 05.11.2013 №716, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 22 листопада 2013 р. за № 1994/24526 Про затвердження зразка заяви про видачу ліцензії на здійснення діяльності у сфері телекомунікацій

г) по взаємодії операторів:

- Положення про діяльність операторів міжміського, міжнародного зв'язку телефонної мережі загального користування України та їх взаємодію між собою, затверджено Наказом Державного комітету зв'язку та інформатизації України 14.02.2001 № 19, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 27 квітня 2001 р. № 372/5563 .
- Рішення НКРЗ від 09.07.2009 р. № 1586 «Порядок взаєморозрахунків між операторами телекомунікацій за послуги доступу до телекомунікаційних мереж загального користування».
- Порядок маршрутизації вхідного міжнародного телефонного трафіку, затвердженого наказом ДКЗІ від 22.02.2000 р. № 33 та зареєстрованого в Міністерстві юстиції 07.03.2000 р. за № 140/4361.
- Технічні вимоги до взаємоз'єднання та взаємодії телефонних мереж загального користування з різними технологіями обробки, комутації, перенесення сигналів, затверджені наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 04.08.2010 № 558.
- Правила взаємоз'єднання телекомунікаційних мереж загального користування, затвердженні Рішенням Національної комісії з питань регулювання зв'язку України від 08.12.2005 № 155, та зареєстровані в Міністерстві юстиції України 27.01.2006 за № 71/11945
- Порядок проведення експертизи при досудовому врегулюванні спору, затверджений Рішенням Національної комісії з питань регулювання зв'язку України від 13.05.2010 № 217, та зареєстрований в Міністерстві юстиції України 14.07.2010 за № 525/17820
- Правила надання в користування кабельної каналізації електрозв'язку, затвердженні Рішенням Національної комісії, що

здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації від 23.08.2012 № 428, та зареєстровані в Міністерстві юстиції України 12.09.2012 за № 1571/21883

- Порядок маршрутизації трафіку телекомунікаційній мережі загального користування України, затверджено рішенням НКРЗІ 05.07.2012 №324, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 25 липня 2012 р. за № 1252/21564.

е) по переміщенню обладнання через митний кордон України:

- Закон України «Про прикордонний контроль»
- Митний кодекс України
- Перелік радіоелектронних засобів та випромінювальних пристроїв, для ввезення яких, в тому числі переміщення у міжнародних поштових відправленнях, міжнародних експрес-відправленнях, не потрібні дозволи.

Наявність технологій зв'язку по лініях електропостачання, розроблених і апробованих західними компаніями-виробниками, і відсутність реального досвіду їх застосування на українських електромережах обумовлює необхідність проведення низки заходів по організації їх легітимного використання:

- ліцензування виду діяльності;
- організація ввезення обладнання (отримання дозволу) для проходження сертифікації;
- сертифікаційні випробування і отримання сертифікатів НКРЗІ;
- насущна необхідність організації попередньої дослідної експлуатації обладнання PLC в умовах українських мереж електропостачання;
- дослідної експлуатації обладнання PLC в умовах українських мереж електропостачання

Ліцензування діяльності в області зв'язку здійснюється з метою державного регулювання і контролю діяльності по забезпеченню усіма необхідними видами послуг зв'язку органів державної влади, юридичних і фізичних осіб.

Українськими виробниками доки не налагоджено виробництво обладнання PLC, що задовольняє вимогам до їх комерційного використання, для вирішення завдань надання фізичним і юридичним особам телекомунікаційних послуг. При реалізації проекту по впровадженню цієї технології доцільно орієнтуватися на провідних зарубіжних виробників, що входять в міжнародні організації HomePlug Powerline Appliance або PLCForum, і що мають досвід успішної реалізації такого роду проектів. Очевидно, знадобиться ввезення несертифікованого обладнання західних виробників з подальшою сертифікацією.

В цілях забезпечення єдності технологічного процесу надання послуг зв'язку оператор зв'язку, що здійснює свою діяльність в єдиній мережі електрозв'язку України, має право рекомендувати абонентам перелік кінцевого обладнання для застосування у своїй мережі зв'язку.

У технологічних мережах зв'язку, мережах зв'язку спеціального призначення, що не мають приєднання до мережі зв'язку загального користування, а також у виділених мережах зв'язку допускається використання кінцевого обладнання, що не пройшло процедуру обов'язкового підтвердження відповідності.

Абонент мережі зв'язку загального користування і оператор зв'язку мережі зв'язку загального користування за застосування в єдиній мережі електрозв'язку України кінцевого обладнання, що не пройшло процедуру обов'язкового підтвердження відповідності, несуть відповідальність відповідно до Кодексу України про адміністративні правопорушення.

Для проведення робіт по будівництву PLC-інфраструктури, ймовірно, знадобиться створення міжвідомчої комісії, з включенням до її складу зацікавлених представників від енергетичних відомств, тому що для реалізації технології PLC потрібне включення в систему електроживлення обслуговуваного

об'єкту. Нині конкретних рішень з цього питання немає, і, у разі реалізації проекту, необхідно буде провести певну роботу за його погодженням в різних відомствах.

В цілому, відповідно до вимог існуючого законодавства в області зв'язку, комплекс заходів по введенню в комерційну експлуатацію об'єктів зв'язку, що входять до складу мереж зв'язку загального користування, припускає наступну процедуру:

- оформлення дозвільних документів (ліцензування, сертифікація обладнання, якщо воно не має сертифікатів, і так далі);
- робоче проектування і державна експертиза робочого проекту;
- будівництво об'єкту зв'язку (оформлення початку будівництва, будівельно-монтажні і пуско-налагоджувальні роботи, приймання об'єкту зв'язку, завершеного будівництвом);
- експертиза об'єкту зв'язку;
- отримання дозволу на експлуатацію об'єкту зв'язку.

Нині в Україні існують прецеденти використання технології PLC для надання послуг зв'язку і передачі даних, і, як наслідок, легітимна правова і нормативна основи її використання. Слід зазначити, що в даному випадку перетинаються області відповідальності двох різних відомств – Міністерства транспорту та зв'язку і Міністерства енергетики, оскільки з одного боку – надаються послуги зв'язку, а з іншого боку – використовується інфраструктура систем енергопостачання.

Таким чином, реалізація проекту з використанням технології PLC вимагає попередньої підготовки, а також уточнення низки запитань нормативно-правового характеру.

6.2 Особливості застосування високошвидкісних рішень PLC у вітчизняних електричних мережах

Вітчизняні лінії електропередачі, як середовище для організації «останньої милі» для надання послуг зв'язку, характеризуються деякими особливостями:

- високим рівнем шумів і швидким загасанням високочастотного сигналу, за допомогою якого здійснюється передача даних;
- не стаціонарністю (значним змінам параметрів в часі) лінії зв'язку по електричних дротах.

Так, комунікаційні параметри цієї лінії зв'язки (загасання сигналу, часові і фазові спотворення, а також ряд інших), які для традиційних фізичних середовищ передачі інформації постійні, істотно міняються в часі залежно від поточного навантаження (вечірній і денний час, літній і зимовий періоди і так далі).

Ці негативні дії вимагають застосування різних заходів компенсації (таких як, використання завадостійких методів обробки сигналів і кодування, високонадійних методів доступу до середовища передачі даних і інше).

Крім того, вони накладають певні обмеження: по дальності застосування технології PLC (в середньому, без додаткових заходів по регенерації сигналу, до 300-500 метрів, в деяких випадках – до 1000 метрів); використовуваним типам електричних мереж (як правило, для високошвидкісного доступу використовуються мережі з напругою $\sim 0,4$ кВ). Слід обмовитися, що ведуться активні роботи по реалізації високошвидкісного доступу на великі відстані з використанням високовольтних ліній електропередач ($6\div 10$ кВ і вище).

Як ми показали в розділі 4, існуюче обладнання PLC, яке пропонують виробники для реалізації вирішення проблеми «останньої милі», використовується в основному на низьковольтних електричних мережах ($\sim 0,4$ кВ).

Дальність дії цього обладнання складає в середньому 300-500 м, що є цілком достатніми для забезпечення високошвидкісної передачі даних із застосуванням технології PLC, оскільки трансформаторні підстанції, що перетворюють високу напругу 6÷10 кВ в напругу електричної мережі ~0,4 кВ, яке підводиться до електричних розеток споживачів, розміщуються саме на таких відстанях від обслуговуваної будівлі або промислової споруди (групи будівель або споруд). У іншому випадку можливе використання так званих повторювачів, які випускає ряд фірм.

На нашу думку, ринок домашніх мережевих пристроїв PLC знаходиться на порозі свого другого народження. З появою нової елементної бази, що істотно підвищила швидкість доступу абонента, в середньому до 80-100 Мбіт/с, багато користувачів захочуть використати саме варіант PLC, а також об'єднати свої домашні ПК, Web- приставки і інші побутові електронні прилади в домашню мережу. Можливо, для цих цілей використовуватиметься комбінація декількох технологій.

Для вирішення питання про застосування цієї інноваційної технології в конкретному регіоні потрібно обов'язкове проведення інженерних досліджень, натурних випробувань і попередніх вимірів параметрів електричної мережі для підтвердження декларованих виробниками показників надійності, швидкості і якості абонентського доступу до мереж зв'язку загального користування.

Оптимальним рішенням, з точки зору гарантій надійності і якості, при використанні цієї технології являється її застосування на новостворюваних об'єктах (нових мікрорайонах, дачних і котеджних селищах, бізнес-центрах і так далі), де на рівні проекту прийняті рішення про закладку мідних кабелів в електричних мережах, характеристики яких відповідають вимогам виробників PLC-обладнання.

6.3 Стан і перспективи впровадження технології PLC в Україні та СНД

6.3.1 Тестові випробування, дослідження

Перші дослідження по впровадженню технології PLC для організації широкосмугового доступу в СНД проводила компанія «Мосэнерго» в 2001-2004 роках. Ці роботи компанія виконувала у рамках проекту по відробітку принципів і технологій побудови інформаційно-технологічної мережі на основі PLC-технологій. Випробування проводилися на базі 19-го району Московської кабельної мережі (МКС) енергокомпанії в Зеленограді. В період проведення експериментів інформаційно-технологічна мережа, обслуговуюча Зеленоград, мала протяжність близько 62 км. В місті діяв полігон, що включає 18 розподільних і трансформаторних підстанцій.

Створювана PLC-мережа дозволила істотно підвищити надійність і якість обслуговування споживачів «Мосэнерго». Впровадження інформаційно-технологічної мережі дозволило значно економити електроенергію за рахунок скорочення втрат в трансформаторах в режимі холостого ходу в нічний час. За підрахунками фахівців «Мосэнерго», в цілому по 19-у району Зеленограді економія склала до 160 МВт/г електроенергії в рік.

Проте запропонувати абонентам варіант широкосмугового доступу на базі власної PLC-мережі ВАТ «Мосэнерго» не припускало.

Експерименти з PLC проводили і Інтернет-провайдери, наприклад, московський Di-Net (торгова марка msm.ru) в 2004 р. Проте компанія залишилася невдоволена якістю роботи обладнання. Вона виявилася занадто чутлива до перешкод. Крім того, чим вище швидкість, тим вище потрібна частота, а чим більша частота – тим вище вимоги до якості електропроводки. На тому етапі виконання цих вимог виявилось проблематичне в російських умовах.

Випробування обладнання PLC від компанії Xeline проводилися Інтернет-провайдерами «Зебра-Телеком» і DEMOS. Оцінка PLC-системи широкосмугового доступу в Інтернет (24 Мбіт/с) проводилася за наступними параметрами:

- швидкість передачі даних;
- цілісність передаваних даних;
- стійкість до імпульсних перешкод.

За даними компанії ZetaCom (<http://www.zetacom.ru>), були отримані такі результати випробувань:

- середня швидкість склала близько 21,5 Мбіт/с. При випробуваннях в дачному селищі швидкості були менше (оскільки швидкість залежить від якості укладання і матеріалу силового кабелю);
- за час тестування нарікань на втрати пакетів і якість голосу VoIP не було;
- при включенні в мережу різного роду обладнання, в т.ч. ламп денного світла на усіх несучих частотах змін не спостерігалось.

6.3.2 Комерційні проекти

Перший комерційний проект по впровадженню технології PLC розгорнула в грудні 2004р року компанія «Электро-Ком» (Торгова марка «Спарк», www.spark-com.ru). Для реалізації проекту інвестиційний фонд «Російські Технології» і Intel Capital (підрозділ корпорації Intel) уклали угода про інвестиції у розмірі 4 млн. дол. на розробку технології доступу в Інтернет через електричні мережі. Будівництво PLC-мереж здійснено в Москві, Ростові на Дні, Калусі Рязані і ряду передмість Москви. Компанія «Электро-Ком» використовує у своїх проектах обладнання PLC від Sumitomo Electric і Mitsubishi (інфраструктура), а також Corinex, DS2, Defdev, Mitsubishi, Schneider Electric, Sumitomo Electric (абонентське обладнання-PLC-модеми і IP- телефони).

Не зупиняючись на деталях проекту «Електро-Ком», відмітимо, що за станом на 1 кв. 2006 р. особливих успіхів у боротьбі за ринок широкосмугового доступу (в основному для фізичних осіб і малого бізнесу) досягти не вдалося. Мабуть, це пояснюється невірно сформульованою бізнес-моделлю, і зокрема, рішенням розгорнути мережі PLC у великих містах і їх передмістях.

До моменту виходу «Електро-Кома» на ринок у великих містах СНД сформувався ринок пропозицій широкосмугового Інтернет-доступу: на основі ADSL (телефонні компанії) і на основі кабельних мереж (Інтернет-провайдери). Сьогодні очевидно, і світовий досвід це підтверджує, що основні гравці в PLC-сегменті – це енергетичні компанії, що володіють електромережевою інфраструктурою. З іншого боку, найбільш вдале місце додаток PLC технології-важкодоступні райони з недостатньо розвиненою інфраструктурою телекомунікаційних мереж доступу, де реалізувати широкосмуговий доступ з невеликими інвестиціями можна тільки на основі PLC.

6.3.3 Виробники (постачальники) обладнання PLC

Істотного інтересу до технології PLC серед компаній виробників телекомунікаційного обладнання в СНД не відмічено. Ми вже згадували про компанії ACOTEL (торгова марка Dynamix, див. р.4.2) і TelLink (див. р.4.3). Очевидно, що тільки широке впровадження цієї технології в СНД може визначити інтерес інвестиційних компаній і розробників обладнання до нових розробок.

Існуюче PLC-обладнання в основному доступне на ринку СНД. Серед дистриб'юторів In-Door пристроїв відмітимо фірми «Бурий Ведмідь», «BelSoft», «Konex» і «Novacom». Комплексні рішення пропонують фірми «Винко-тонна» (обладнання Yitran), «APYCTEЛ» і «Радіокомплекс» (Ascom/Current), «Єдина Європа» (Corinex), «Корпорація ЮНИ» (Sumitomo Electric), Zettacom (XEline).

На базі пропонованої обладнання ряд компаній-операторів проводили тестові випробування, але як ми вже відмічали, до комерційної експлуатації мова доки не дійшла.

6.3.4 Оцінка комерційних перспектив PLC в Україні

Нині в Україні відсутній комерційний інтерес до технології PLC як такий, і як наслідок, інтерес телекомунікаційних операторів по її використанню для вирішення завдання широкосмугового доступу.

Серед вірогідних причин незатребуваності технології PLC в Україні можна виділити наступні:

- як впливає з аналізу світового досвіду – одна з основних рушійних сил по просуванню технології PLC це енергетичні компанії, які на базі власної інфраструктури намагаються диверсифікувати бізнес шляхом організації операторських компаній для надання послуг широкосмугового доступу на її основі, – в Україні регіональні компанії енергорозподільчі компанії до використання PLC доки істотна цікавість не виявив;
- в Україні немає державної програми по розгортанню систем широкосмугового доступу і PLC-технологій, як складовій його частині, яка вирішує проблему інформатизації в умовах відсутності кабельної і телефонної інфраструктури;
- реалізація проекту з використанням технології PLC вимагає попередньої підготовки, а також уточнення низки запитань нормативно-правової бази України;
- дорожнеча операторського і кунцевого PLC-обладнання;
- активне впровадження систем широкосмугового доступу на базі інших технологій (кабель або DSL);

- низький споживчий попит на послуги широкосмугового доступу у широкого кола абонентів (за винятком Києва і ряду великих міст, ринок не сформувався там, де широкосмугового доступу на основі кабелю або DSL доки немає);
- у вітчизняних інтеграторів відсутній досвід застосування PLC спільно з іншими технологіями при створенні нової або модернізації наявної мережі з урахуванням особливостей українських електромереж і використання PLC-обладнання, що там випускається.

В силу вищевикладеного, найближчим часом (2006-2015 р.р.) в Україні та СНД масштабне розгортання комерційних проектів на основі PLC-технології маловірогідно.

Контрольні питання

1. Основа нормативно-правового регулювання в Україні?
2. Суть «дуалізму» технології PLC?
3. Склад, вимоги та проблеми нормативно-правового регулювання в галузі зв'язку?
4. Склад, вимоги та проблеми нормативно-правового регулювання в галузі енергетики?
5. Вимоги до змін, яких потребує база нормативно-правового регулювання України для розвитку PLC-технологій?
6. Приклади впровадження PLC-технологій в Україні?
7. Особливості застосування високошвидкісних рішень PLC у вітчизняних електричних мережах?
8. Тестові випробування і дослідження на теренах України та найблищого зарубіжжя?
9. Комерційні проекти на теренах України та найблищого зарубіжжя?

ВИСНОВОК

1. Технологія, що забезпечує широкосмуговий доступ за допомогою ліній електропередач, розроблена. На її основі ряд компаній випускає обладнання як для комплексних PLC-рішень, так і для мереж класу «In-Door» (швидкість до 200(500) Мбіт/с).

2. Нині немає загальновизнаних світових стандартів для обладнання класу PLC. Дві асоціації HomePlug і UPA працюють над стандартами, які розглядають PLC-рішення, що забезпечують швидкість передачі інформації до 200(500) Мбіт/с. В 2008 р. ETSI завершив проект OPERA, одне із завдань якого-стандартизація рішень широкосмугового доступу на основі PLC.

3. У виборі способу вирішення проблеми «останньої милі» визначальну роль грає економічний чинник: засоби інформаційного обміну, будучи «інструментом» комунікацій, мають бути дешевими і всюди доступними. На тлі слабкої інфраструктури проведеного зв'язку в регіонах саме широка поширеність електричних мереж 0,2÷0,4 кВ, відсутність необхідності проведення дорогих робіт, пов'язаних з будівництвом кабельної каналізації, пробивкою стін і прокладенням кабелів, стимулюють підвищений інтерес до електричних мереж як середовища передачі даних.

4. PLC-технологія відкриває енергетичним компаніям прямий шлях на нові ринки, оскільки перетворюють лінії електропередачі в середу високошвидкісної передачі даних.

5. Очевидні переваги PLC-технології:

- не вимагає дорогих робіт, пов'язаних з прокладенням телекомунікаційного кабелю;
- не вимагає частотного ресурсу;
- забезпечує:

- швидке розгортання і можливість поетапного нарощування в міру необхідності;
- надання мультимедійних і усього спектру телекомунікаційних послуг (Інтернет, телефонія, цифрове телебачення та ін.);
- надання енергетичних послуг і послуг з управління «інтелектуальним будинком» (автоматичне зняття свідчень різних лічильників, дистанційний моніторинг, сигналізація, биллінг та ін.)
- можливість комплексного надання енергетичних і телекомунікаційних послуг одним постачальником, тобто є справжньою альтернативою існуючим технологіям «останньої милі».

6. Перспективи технології PLC в Україні і світі будуть багато в чому залежати від:

- наявність державної програми по розгортанню систем широкосмугового абонентського доступу на основі різних технологій, включаючи PLC;
- активності великих регіональних енергетичних компаній по проектах, які фокусувалися б на впровадженні телекомунікаційних технологій подвійного призначення, в т.ч. призначених для надання сучасних телекомунікаційних послуг населенню (самостійно або через афільовані структури);
- масштабу розгортання в Україні і світі комерційних проектів з наданням послуг широкосмугового доступу на базі альтернативних технологій (xDSL, мереж КТВ, ВОЛЗ та ін.);
- конкурентоспроможності рішень на основі PLC і їх адаптивованості до українських електромереж;
- зростання платоспроможного попиту населення на послуги широкосмугового доступу в цілому;
- накопичення позитивного досвіду будівництва комерційних мереж PLC за кордоном.

ЛІТЕРАТУРА

1. IEEE Standard for Broadband over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications // IEEE 1901. – 2010.
2. Press release announcing approval of IEEE Std 1901-2010 //- Режим доступу: <http://grouper.ieee.org/groups/1901/> (30.03.2014).
3. Gigabit Home Networking – The Future of Home Networks, Today // - Режим доступу: http://www.homegridforum.org/content/pages.php?pg=about_overview (30.03.2014).
4. HomePlug technology applications // - Режим доступу: http://www.homeplug.org/tech/homeplug_tech_apps/ (30/03/2014).
5. Broadband over Power Lines (BPL) // - Режим доступу: <http://ntrg.cs.tcd.ie/undergrad/4ba2.05/group13/index.html#21> (30/03/2014).
6. G3-PLC Overview // - Режим доступу: <http://www.g3-plc.com/content/g3-plc-overview> (30/03/2014).
7. ITU-T newslog - New GLOBal standard for fully networked home // Режим доступу: <http://www.itu.int/ITU-T/newslog/New+Global+Standard+For+Fully+Networked+Home.aspx> (30.03.2014).
8. Федеральна комісія зв'язку (Federal Communications Commission (FCC)) // - Режим доступу: www.fcc.gov (30.03.2014).
9. Частина 15, секція 15.6xx): Sub-part G – Access Broadband Over Power Line (Access BPL)/ // - Режим доступу: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2010-title47-vol1/pdf/CFR-2010-title47-vol1-part15-subpartG.pdf> (30.03.2014).
10. Authorization Directive-Directive 2002/20/EC of the European Parliament and of the Council of 7 March 2002 // - Режим доступу: <http://eur->

lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2002L0020:20091219:EN:PDF (30.03.2014).

11. La commissione Europea incoraggia L'Utilizzo della rete elettrica per i servizi a banda larga // - Режим доступа: http://europa.eu.int/information_society/topics/ecom/doc/useful_information/library/recomm_guidelines/plc/recom_plc_en.pdf (16.09.2013).
12. International Organization for Standardization // - Режим доступа: www.iso.ch (30.03.2014)
13. International Telecommunication Union // - Режим доступа: www.itu.int (30.03.2014)
14. International Electrotechnical Commission // - Режим доступа: www.iec.ch (30.03.2014)
15. European Committee for Standardization // - Режим доступа: www.cenorm.be (30.03.2014).
16. IEEE Standard for Broadband over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications // IEEE 1901. – 2010.
17. HomePlug Powerline Alliance // - Режим доступа: <http://www.homeplug.org/> (30/03/2014).
18. Power Line Communications Forum // - Режим доступа: www.plcforum.org (30.03.2014).
19. Open PLC European Research Alliance) // - Режим доступа: www.ist-opera.org (23.06.2012).

[illegible]

[illegible]

Підписано до друку 12.06.2014 р. Формат 64х90¹/₈.

Папір офсетний. Умовн. друк. арк. 4,87

Друк, різнограф. Наклад 50 прим. Зам№ 512

Друк ТОВ «АНВА Прінт» вул. Солом'янська, 1, оф. 204, м.Київ, 03110

Тел. +380 44 22 77728