

**ВПРОВАДЖЕННЯ СТАНДАРТУ IEEE 1901
ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ ПО ПРОВОДОВИХ ЛІНІЯХ**

Для забезпечення послуг телекомунікацій розроблено та впроваджено сучасні протоколи передачі інформації через проводові лінії. Представлено застосування протоколів IEEE 1901 для організації телекомунікаційних мереж із застосуванням існуючих силових ліній.

Ключові слова: проводова лінія, силова лінія, телекомунікації

K.L. HORIASCHENKO, V.P. NEZDOROVIN, V.S. KOVAL
Khmelnytsky National University

IMPLEMENTATION OF IEEE 1901 FOR DATA TRANSFER OVER POWERLINES

Modern protocols were developed to provide support for communications over conductor lines. One of the new telecommunication protocol known as IEEE 1901 used to create telecommunication web over power lines.

Keywords: conductor line, power line, communications.

У 2000 році група мережевих і електронних фірм, створили альянс HomePlug Powerline Alliance з метою стандартизувати powerline технології для домашніх мереж. Ця група підготувала ряд технічних стандартів названих "HomePlug." Перше покоління HomePlug 1.0, була завершена в 2001 році забезпечувала пікову швидкість 14 Мбіт/с, стандарт другого покоління отримав ім'я HomePlug AV, був введений в серпні 2005 року, забезпечував достатню високу пропускну спроможність для додатків, таких як HDTV і VOIP . HomePlug AV пропонує пікову швидкість передачі даних 200 -500 Мбіт/с. Специфікація HomePlug AV2 була введена в січні 2012 року, вона сумісний з HomePlug AV і підтримує швидкість до 1 Гбіт/с.

У основі передачі інформації по електропроводці лежить принцип частотного розділення сигналу: високошвидкісний потік даних розбивається на декілька повільніших потоків, кожен з яких передається в окремій смузі частот, накладаючись на несучу частоту (рис. 1).

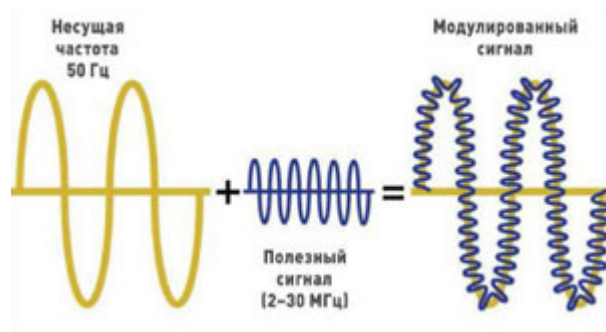


Рис. 1. Принцип формування сигналу

Проблема загасання сигналу на певній частоті вирішується шляхом динамічного включення і виключення передачі. На практиці пристрій HomePlug AV в режимі реального часу стежить за каналом передачі даних і у разі виявлення ділянки частотного спектру із загухаючим сигналом тимчасово припиняє його використання. Саме тому адаптери HomePlug AV не можуть працювати через мережеві фільтри (хоча випускаються фільтри, сумісні з HomePlug) і джерела безперебійного живлення, а вимагають включення безпосередньо в розетку електромережі. Підвищення швидкості з'єднання досягається приблизно також, як в мережах Wi-Fi 802.11n, збільшенням ширини використовуваного діапазону, при цьому, на відміну від безпроводних мереж, розробникам не доводиться займатися пошуком вільних частот і їх ліцензуванням, значення мають лише фізичні характеристики електропроводки. Відмітимо, що дроти, прокладені в різних країнах в різні роки, вельми розрізняються, що безпосередньо впливає на досяжну швидкість і надійність зв'язку. [1]

Для кращого розуміння розглянемо технологію PLC, розділивши її на два види — вузькосмугову і широкосмугову PLC. Вузькосмугова технологія PLC застосовується на частотах 3–500 кГц, характеризується відносно невисокими швидкостями передачі даних (до 100 Кбіт/с) і достатньо великим радіусом дії (до декількох кілометрів), який збільшується за рахунок повторителів. Широкасмугова PLC застосовується на вищих частотах (1,8–250 МГц, до 100 Мбіт/с) і працює на відносно невеликих відстанях (див. табл. 1).

Таблиця 1

Класифікація PLC-технологій за швидкостями передачі даних

	Низька швидкість	Середня швидкість	Висока швидкість
Швидкість передачі даних	0–10 Кбіт/с	10 Кбіт/с. 1 Мбіт/с	> 1 Мбіт/с
Модуляція	BPSK, FSK, SFSK, QAM	PSK+OFDM	PSK+OFDM
Стандарти	IEC 61334, ANSI/EIA 709.1, .2, UPB	PRIME, G3, P1901.2	G.hn, IEEE 1901
Діапазон частот	До 500 кГц	До 500 кГц	Одиниці МГц
Додатки	Управління і контроль	Управління і контроль; голосові дані	Широкасмугова передача даних по електромережі; домашні мережі

У PLC-связи використовується безліч схем модуляції. До найбільш відомим з них відносяться OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), BPSK (Binary Phase Shift Keying), FSK (Frequency Shift Keying), S-FSK (SPREAD-FSK), а також запатентовані схеми, наприклад, DCSK (Differential Code Shift Keying) компанії Yitran. У таблиці 2 схеми BPSK, FSK, SFSK і OFDM порівнюються по двох основних критеріях — ефективності використання смуги частот і вартості.

Таблиця 2

Параметри стандартів для вузькосмугового PLC-связи

Стандарт	Технологія	Смуга частот, кГц	Швидкість передачі, Кбіт/с
G3-PLC	OFDM	36–90,6	5,6–45
PRIME	OFDM	42–89	21,4–128,6
IEEE P1901.2	OFDM	9–500	очікується
ANSI/EIA 709.1, .2	BPSK	86, 131	3,6–5,4
KNX	S-FSK	125–140	1,2
IEC61334	S-FSK	CENELEC-A	2,4

Наприклад, OFDM забезпечує високу швидкість передачі даних, але вимагає великої обчислювальної потужності для виконання БПФ (швидких перетворень Фур'є) і зворотних БПФ. З іншого боку, простішими і надійнішими методами є BPSK і FSK, які, проте, характеризуються відносно низькими швидкостями передачі даних. В даний час склалася тенденція переходу на OFDM з PSK-модуляцією (G3 і, ймовірно, P1901.2). Для таких ресурсоемних обчислень потрібний DSP, тоді як модуляція виду FSK, PSK і SFSK здійснюється за допомогою мікроконтролера.

Для реалізації надійного зв'язку і технологічної сумісності, в першу чергу, для інтелектуальних мереж електроживлення і домашніх мереж, було розроблено немало стандартів (див. табл. 3).

Таблиця 3

Діапазони частот, виділені під вузькосмуговий PLC-связь в різних регіонах миру

Регіон	Регулюючий орган	Смуга частот, кГц	Примітка
Європа	CENELEC*	3–95	A — постачальники енергії
		95–125	B — призначений для користувача резерв
		125–140	C — призначений для користувача резерв, рег. CSMA-доступ
		140–148,5	D — призначений для користувача резерв
Японія	ARIB**	10–450	
Китай	EPRI***	3–90, 3–500	Нерегульований
США	FCC****	10–490	

Для сіток Cenelec A, B, D рівень протоколу визначається стандартами або патентами. Для сітки Cenelec C визначений доступ за стандартом CSMA (Carrier Sense Multiple Access – множинний доступ з контролем тієї, що несе).

Основними областями застосування PLC модемів є

- Лічильники електроенергії
- Управління освітленням
- Домашня автоматика
- Промислова автоматика
- Сонячна енергетика
- Зарядні пристрої для електромобілів (EVSE)

Інтерес до узкополосної технології PLC зростає завдяки її застосуванню в інтелектуальних енергомережах. Цей вид PLC також використовується в інтелектуальних системах генерації, зокрема, в мікроінверторах для панелей сонячних батарей.

Щодо практичної сторони, впровадження протоколу IEEE1901 PLC знайшло своє відображення в практичному створенні апаратної реалізації готових чипсетів. Наприклад Qualcomm QCA7450 [2] фірми Qualcomm Technologies, Inc. сумісний з протоколами IEEE 1901 та HomePlug AV2 та вже впроваджені HomePlug AV1, та за інформацією виробника здатний забезпечити швидкість потоку до 500 Мбіт/с. Серед виробників, що підтримують стандарт PLC є цілий ряд відомих фірм, це: Cypress Semiconductor; Echelon; ST Microelectronics; Yitran; Texas Instruments; Maxim; Semitech Semiconductor; Ariane Controls; ADD Semiconductor; Microchip.

Як приклад, на основі Qualcomm QCA7450 створено Powerline-адаптер (мост) TP-LINK TL-PA6010 при вартості від \$20, параметри якого наведено в таблиці 3.

Параметри адаптера TP-LINK TL-PA6010

Параметр	Значення
Стандарти	HomePlug AV 1.0 (частично 2.0), IEEE802.3 (u/ab), IEEE1901
Чипсет/контроллер	Qualcomm QCA7450
Пам'ять	RAM 16 Мбайт/ROM 1 Мбайт
Шифрування	AES-128
Максимальна швидкість	до 600 Мбит/с; підтримка QoS, IGMP; відстань до 300 м
Інтерфейси	1 x 10/100/1000 Мбит/с; вилка СЕЕ 7/16
Потужність споживання	До 3 Вт

Широкопasmовий PLC-зв'язок, головним чином, знаходить застосування в рішеннях останньої милі для інтернет-мереж. Оскільки цей вид PLC забезпечує високі швидкості передачі даних і не вимагає додаткової прокладки кабелів [4], цей зв'язок є найбільш ефективною для мультимедійних побутових додатків, що підтверджується кількома нещодавніми поглинаннями відповідних компаній в сегменті домашніх мереж. Так, наприклад, Atheros придбала Intellon; Sigma - Coppergate; Marvell - DS2, а Broadcom - компанію Gige.

Впровадження стандарту PLC для промислової автоматки

Технологія PLC використовується для створення інтелектуальної енергомережі [3]. У новій інфраструктурі введено двосторонній зв'язок між споживачами і комунальним підприємством. Споживачі користуються домашніми мережами для зняття показань інтелектуального лічильника, дані з якого надходять в компанію з енергозбуту.

Поняття інтелектуальної мережі не обмежено новими можливостями споживання - електроенергія, вироблена сонячними панелями або вітровими турбінами також надходить в загальну електромережу. Система розподілених джерел генерації енергії реалізує концепцію V2G (vehicle-to-grid) - концепцію двостороннього використання електромобілів і гібридів, що припускає не тільки підключення машини в загальну мережу для підзарядки, а й віддачу зайвої електроенергії.

Архітектура мережі автоматизованого зв'язку приладів обліку

PLC-системи дуже популярні у багатьох енергокомпаній, тому що забезпечують надійну передачу даних по контрольованій інфраструктурі. Ці компанії можуть також використовувати стільникові мережі загального користування для доставки даних АМІ завдяки малим витратам і низькою щомісячної плати. Однак у багатьох випадках стільникові мережі не забезпечують стовідсоткового покриття всіх споживачів електроенергії.

Інфраструктура АМІ являє собою систему для вимірювання та збору даних, в яку входять лічильники споживача, мережі зв'язку між споживачем і постачальником послуг з постачання електрикою, газом або водою, а також системи прийому даних і управління, які доставляють інформацію постачальнику. Інтелектуальні лічильники передають зібрані дані по існуючим PLC-мережах, мережах з фіксованою радіочастотою і мережах загального користування (наземним, стільниковим і пейджинговим). Ці дані збираються концентратором, відправляються в компанію з енергозбуту, а потім в систему управління даними приладів обліку для зберігання, аналізу і білінгу.

Дослідження показали, що вузькосmгові PLC-мережі найкращим чином підходять для інфраструктури АМІ, яка налічує на поточний момент понад 100 млн встановлених пристроїв по всьому світу. У системи АМІ компанії інвестують мільярди доларів.

На відміну від бездротових технологій, PLC-рішення для передачі даних не вимагають створення нової інфраструктури, оскільки використовують існуючі силові кабелі. Використання бездротових мереж, РЧ-рішень або PLC-зв'язку для передачі даних може стати доступним альтернативним рішенням.

Одним з найбільш важливих питань при експлуатації інтелектуальної енергомережі є необхідність знизити її інформаційне перевантаження. Особливо цікава стійкість PLC мережі до збоїв за умов постійного включення різноманітного силового обладнання до такої мережі [5]. Проте у порівнянні з бездротовими рішеннями на основі ZigBee або Wi-Fi, інфраструктура АМІ на базі PLC-технології вже на практиці довела, що вона в більшій мірі дозволяє уникнути такого перевантаження. Крім того, лінії електропередачі дозволяють з меншими витратами виконати ще одну поширену вимогу до побудови каналів зв'язку – забезпечити їх надлишковість.

PLC-зв'язок використовується для: дистанційного контролю; управління подачею електрики (включаючи виявлення збоїв в роботі обладнання); управління споживчим попитом у відповідності з умовами подачі електроенергії мережею; виявлення і відключення подачі електроенергії в неконтрольовані ділянки мережі і виявлення фактів шахрайства або крадіжки.

Негативні очікування впровадження технології PLC

По-перше, мережі електроживлення не пристосовані під передачу даних і поводяться як НЧ-фільтри [4]. Моделювання каналів зв'язку за такими лініях ускладнене зашумленню середовищем передачі, частотної

вибірковістю каналів, нестационарністю, флукуаційним шумом і імпульсними завадами. Для збереження цілісності сигналу по лініях електропередачі потрібні надійні технології передачі даних і обладнання.

По-друге, структура мережі електроживлення в різних країнах різна. Те ж саме відноситься і до мережі всередині будинку. Не існує універсального стандарту ні для PLC-зв'язку, ні для енергомереж. Необхідно вжити заходів щодо забезпечення сумісності різних пристроїв.

По-третє, при відправці інформації особистого характеру по мереж електропередачі потрібно забезпечити її захищеність.

По-четверте, PLC-зв'язок має конкуренцію з боку інших засобів зв'язку як дротових так і бездротових. Вибір найкращої технології робиться виходячи з декількох критеріїв - вартості, складності системи і її можливості бути реалізованим. В даний час головними конкурентами узкополосной PLC-зв'язку є технології Zigbee, Wi-Fi, GPRS і RS-232.

Висновок

Таким чином, за останнє десятиліття широкий розвиток отримали технології передачі інформації по силових лініях для забезпечення як специфічних функцій – наприклад передачі інформації від лічильників, так і для реалізації задач побудови телекомунікаційних мереж широкого застосування. Як результат, контроль сталості первинних та вторинних параметрів силових ліній в часі також можна віднести до актуальних задач контролю проводних ліній зв'язку.

Література

1. AFE031. Powerline Communications Analog Front End. Datasheet. <http://www.ti.com/lit/gpn/afe031>.
2. Qualcomm Atheros Broadens HomePlug Portfolio with Introduction of New AV2 Chipset. [електронний ресурс] <https://www.qualcomm.com/news/releases/2012/10/16/qualcomm-atheros-broadens-homeplug-portfolio-introduction-new-av2-chipset>
3. Горященко К.Л. Провідникова лінія передачі як система / К.Л. Горященко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – №2. – С. 182-186
4. Горященко К.Л. Огляд сучасних моделей провідникових ліній / К.Л. Горященко, В.С. Климчук // Вісник Хмельницького національного університету. – 2014. – №3. – С. 69-74
5. Горященко К.Л. Проблеми застосування фазового методу для визначення відстаней до пошкоджень в провідникових лініях / К.Л. Горященко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015. – №1. – С. 118-121

Отримана/Received : 25.4.2017 р. Надрукована/Printed : 11.6.2017 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Троцишин І.В.

УДК 004.055

Є.Г. ГНАТЧУК, С.А. ДИКУН
Хмельницький національний університет

МОДЕЛЬ ОПРАЦЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ МОНІТОРИНГУ ДАНИХ КОРИСТУВАЧА В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ

В статті розглянуто принципи організації навчання на платформах e-learning з точки зору вимог та потреб користувача та проаналізовано поняття та склад моніторингу. На основі проведеного дослідження запропоновано модель опрацювання результатів моніторингу даних користувача в системах електронного навчання ґрунтується на основі нечіткої логіки та дає можливість враховувати вимоги користувачів, а не тільки розробників курсів та викладачів. Це досягається за рахунок врахування запропонованих критеріїв, що дають змогу видавати навчальний контент кожному конкретному користувачу за результатами моніторингу даних цього користувача.

Ключові слова: моніторинг, системи електронного навчання, модель опрацювання результатів, контент.

E.G. GNATCHUK, S.A. DYKUN
Khmelnysky National University

MODEL OF ANALYSIS RESULTS THE MONITORING RESULTS OF USER DATA IN E-LEARNING SYSTEMS

The aim of research the principles of learning to e-learning platforms in terms of the requirements and needs of the user and analyzes the concept and content monitoring. Monitoring may be subject to user activity or competence. Based on the research of the model study results of the monitoring of user data in the e-learning system based on fuzzy logic, since not all of the criteria can be represented as numerical values. The model makes it possible to consider the proposed criteria for the formation of learning content any particular user of the monitored data and takes into account the requirements of users, not just developers of courses and teachers.

Keywords : monitoring, e-learning systems, model of analysis results, content.

Вступ. Лідером по використанню e-learning систем є США та Канада, а серед європейських країн – Великобританія, Німеччина, Італія та Франція. В США електронне навчання пропонують більше 200 університетів та тисяча коледжів, а кількість онлайн-курсів збільшується приблизно на 30–40%