

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК СУЧАСНИХ КАНАЛІВ ОБМІНУ ДАНИМИ РОЗПОДІЛЕНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ ПРОМИСЛОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

М. І. КОЗЛЕНКО

*Приватний вищий навчальний заклад "Галицька академія"
76018, м. Івано-Франківськ, вул. Вовчинецька, 227*

Проведен анализ характеристик каналов обмена данными коммуникационных средств современных распределенных компьютерных систем и сетей промышленного назначения.

The analysis of different information channels characteristics in modern industrial distributed computer systems and networks as low frequency channels, high frequency manipulation channels, radio channels and others has been presented.

Основою побудови та використання сучасних високопродуктивних розподілених комп'ютерних систем та мереж промислового є ефективний обмін даними між елементами таких систем, який здійснюється за допомогою дротових, радіо, оптичних, інфрачервоних, акустичних та інших каналів. Фактично, комунікаційні технології є одним з основних чинників успішного функціонування комп'ютерних систем і це зумовлює необхідність дослідження та пошуку шляхів покращення експлуатаційних характеристик каналів обміну даними таких систем.

Найбільш поширеними типами каналів у розподілених системах є дротові з безпосереднім передаванням дискретної інформації та з використанням маніпуляції синусоїдного носія. Рідше використовуються радіоканали. Застосовуються й інші типи каналів, зокрема оптоволоконні лінії, лінії силового живлення за технологією PLC (Power Line Communications) [1], відкриті атмосферні інфрачервоні лінії [2] тощо.

За наявності технічної можливості забезпечення у каналі необхідних високих значень відношення сигнал/завада, достатнього частотного ресурсу при необхідній відстані та швидкості обміну даними, як правило, застосовується формування сигналів у безпосередньому (baseband) представленні без додаткової маніпуляції.

Побудова CAN (Controller Area Network) каналів [3] регулюється стандартами ISO 11898 для високошвидкісних застосувань та ISO 11519-1 для низькошвидкісних. У якості фізичного середовища у CAN каналах використовується термінована мідна диференційна скручена пара з імпедансом 120 Ом, та ємністю не більше 30 пФ/м. У якості з'єднувачів можливе використання відкритих та герметичних роз'ємів. За допомогою додаткових пристроїв узгодження, альтернативним середовищем може бути оптоволокно, радіоканал, лінії силового живлення. Відстань залежить від швидкості і може сягати до 5000 м. Поточна версія протоколів 2.0В. Максимальна кількість пристроїв теоретично не обмежена, а практично залежить від реалізації і може складати на одному сегменті шини 32, 64, 128 та інші значення. При використанні дротового середовища, дискретні дані передаються у низькочастотному (baseband) представленні NRZ, без використання високочастотної маніпуляції. Допускається одночасна наявність декількох ведучих пристроїв, тобто реалізована мультимастерність. Арбітраж CSMA/BA (Collision Sense Multiply Access/ Bitwise Arbitration) здійснюється на підставі пріоритетів, отже, фактично відсутні втрати часу при зіткненні пакетів від двох різних вузлів. Обмін даними характеризується гарантованим часом доставки пакетів. Максимально допустима затримка передавання пакетів не перевищує 120 мкс при швидкості 1 Мбіт/с. На каналному рівні корекція помилок забезпечується за допомогою завадостійкого кодування кодами Хемінга з відстанню 6, та 15-бітової CRC, ймовірність помилки не перевищує $4,7 \cdot 10^{-11}$. CAN канали застосовуються у авіаційно-космічній, автомобільній, військовій промисловості, сільському господарстві, водному та залізничному транспорті, медичній галузі.

Стандарт EIA/TIA-485-A широко застосовується як основа універсального інтерфейсу для з'єднання різноманітних пристроїв так і у якості фізичного рівня

розподілених промислових мереж контролю та керування [4]. Фізичний рівень обміну даними у розподілених системах контролю та керування на базі цієї специфікації регламентується, зокрема, стандартом ISO/IEC 8482:1993. Основне середовище - диференційна скручена пара з рекомендованим імпедансом 120 Ом на частоті 1 МГц, при швидкостях обміну більше 500 кбіт/с - екранована скручена пара. Погонна ємність не більше 40 пФ/м, а коефіцієнт згасання не більше 1,8 дБ/100 м. Сигнали формуються в асинхронний спосіб у низькочастотному кодуванні NRZ. Максимальна кількість пристроїв 32, але дозволяється використання пристроїв з вхідним опором меншим від номінального, що складає 12 кОм, у 2, 4, 8 разів з відповідним збільшенням кількості вузлів до 64, 128, 256.

Максимальна відстань в межах одного сегменту мережі, як правило, не перевищує 1200 м. Можуть бути застосовані магістральні підсилювачі. Специфікація допускає активність тільки одного передавального пристрою в певний момент часу. При побудові каналного рівня мережі слід дотримуватись рекомендацій IEC 870-5-101. Канали обміну даними, що побудовані на основі даного стандарту знайшли широке застосування в промислових мережах у різноманітних галузях.

Також широко застосовується побудова фізичного та каналного рівнів промислових розподілених мереж контролю та керування згідно специфікації Ethernet стандарту IEEE 802.3 [5]. Кабельна система для побудови мережі регламентується стандартами EIA/TIA-568-A, EIA/TIA-568-B, доповненнями TSB-36, TSB-40, а також стандартами ISO/IEC 11801, CENELEC EN 50173. Швидкість обміну даними складає 10, 100 або 1000 Мбіт/с. У якості середовища розповсюдження сигналів може застосовуватись як коаксіальний кабель типу RG-58 с імпедансом 50 Ом, так і скручені пари у кабелі, як правило, категорії 3, 5, 5e, 6 з імпедансом 100 Ом. Для середовища скрученої пари категорії 5e, як правило, характерні наступні параметри. Активний опір не більше 10 Ом/100 м, ємність не більше 56 пФ/м, час затримки розповсюдження сигналу на відстані 100 м не більше 600 нс, коефіцієнт згасання на частоті 64 кГц не більше 0,8 дБ, а на частоті 100 МГц не більше 22 дБ, величина перехресних наводок в залежності від частоти не більше 74 дБ на частоті 150 кГц і не більше 32 дБ на частоті 100 МГц. Максимальна довжина сегменту не перевищує 100 м для скрученої пари та 185 м для "тонкого" коаксіального кабелю RG-58. Обмін даними відбувається без високочастотної маніпуляції за допомогою біполярного дворівневого коду типу Манчестер II [6] з самосинхронізацією. Мінімально необхідне відношення сигнал/завада на стороні оброблення складає від 10 дБ для протоколу ATM-25 [7] в смузі частот від 0 до 16 МГц до 19 дБ для протоколу 100Base-T [8] в смузі частот від 0 до 280 МГц. Множинний доступ до середовища здійснюється за допомогою арбітражу CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect) [5].

Крім наведених вище, у розподілених системах застосовуються й інші канали обміну даними з формуванням сигналів у низькочастотному представленні без використання високочастотної маніпуляції. Зокрема, канали, що побудовані у відповідності до стандартів RS-423, V.35, "струмова петля" [9], X.21 та інші.

За умови неможливості задоволення вимог щодо довжини дротових ліній, частотного ресурсу або швидкості обміну даними при використанні безпосереднього низькочастотного формування сигналів, для обміну даними у дротових каналах розподілених систем може застосовуватись додаткова маніпуляція гармонійного носія. Для обміну даними між віддаленими об'єктами із застосуванням методів формування та оброблення сигналів з маніпуляцією можуть бути використані як спеціально побудовані канали так і існуючі виділені та комутовані лінії. У якості каналоутворюючого обладнання, у таких випадках використовуються модеми. Для таких ліній характерна смуга частот від 300 до 3400 Гц, відношення сигнал/завада від 10 до 40 дБ, швидкість від 100 до 33600 біт/с. Найчастіше застосовується FSK, DPSK, QAM маніпуляції або їх комбінації. Також, за умови високого відношення сигнал/завада у лінії, використовуються сучасні протоколи V.90 та V.92, які забезпечують швидкість до 56000 біт/с [10]. У випадку коли лінія має частотний ресурс ширший від смуги тональних частот, то можливе застосування ISDN та xDSL технологій з використанням QAM, CAP, DMT або OFDM маніпуляцій, які фактично є модифікаціями та поєднаннями традиційних типів маніпуляцій: амплітудної, фазової, частотної тощо [11].

Для обміну даними за допомогою виділених ліній використовуються як технології xDSL так і протоколи класу V.xx, наприклад V.34, однак в цьому випадку сформовані сигнали відрізняються більшою потужністю, у порівнянні з випадком комутованої лінії. Також поширені різні нестандартизовані протоколи, що визначаються специфікаціями підприємств виробників.

За умови неможливості прокладки дротової або оптоволоконної лінії до віддаленого об'єкту можливе застосування радіоканалу для обміну даними. У радіоканалах, при обміні дискретною інформацією використовуються переважно традиційні типи маніпуляції синусоїдного сигналу-носія, такі як амплітудна, частотна, фазова та їх комбінації. Також, поширеним є використання широкосмугових шумоподібних сигналів.

За умови необхідності організації каналів для поєднання пристроїв розподілених систем, які віддалені на незначну відстань можливе застосування технологій бездротових мереж стандартів IEEE 802.11a, 802.11b та 802.11g, а останнім часом і 802.11n [12]. Стандарт 802.11a дозволяє організувати мережу зі швидкістю обміну даними до 54 Мбіт/с в діапазоні частот від 5,150 до 5,875 ГГц. Формування сигналів відбувається за допомогою маніпуляції декількох (як правило, 48 або іншого числа) частот за принципом OFDM з використанням диференційної BPSK, QPSK або QAM маніпуляції. Стандарт 802.11b дозволяє організувати обмін даними зі швидкістю обміну до 11 Мбіт/с в діапазоні частот від 2,400 до 2,497 ГГц. Маніпуляція використовується FSK з подальшим розширенням спектру за методом FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) за швидкості до 2 Мбіт/с та диференційна BPSK з подальшим розширенням спектру псевдовипадковими послідовностями (як правило, 11-бітовими послідовностями Баркера) за методом DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). Стандарт 802.11g дозволяє отримати швидкість до 54 Мбіт/с у діапазоні частот від 2,400 до 2,497 ГГц і є сумісним з 802.11b. Множинний доступ відбувається у відповідності до технології CSMA/CA.

Також, для обміну даними між віддаленими об'єктами існує можливість використання існуючих цифрових стільникових мереж за стандартами GSM-Data зі швидкістю 9600 біт/с або GPRS (General Packet Radio Services) зі швидкістю 21,4 кбіт/с на один тайм-слот за допомогою GSM та GPRS модемів відповідно. При використанні GPRS доступні протоколи стеку TCP/IP та X.25, отже, є можливість у якості середовища розповсюдження пакетів використати хмари X.25 та інших глобальних мереж. Недоліком такого підходу є неможливість організувати роботу розподілених систем та мереж в режимі реального часу при жорстко заданих обмеженнях на час доставки повідомлень [13].

Ще одним варіантом обміну даними за допомогою існуючих мереж є використання професійних радіомереж стандарту TETRA [14]. Даний стандарт реалізує обмін як голосовими сигналами (у дискретному вигляді) і цифровими даними (стандарт TETRA V+D (Voice + Data)) так і пакетами TCP/IP (стандарт TETRA PDO). В даній системі задіяні радіочастоти з кроком 251 кГц, в межах кожного частотного каналу сигнали формуються за допомогою часового розділення TDMA (Time Division Multiple Access) у 4-х тайм-слотах. В режимі TETRA V+D забезпечується швидкість 7,2 кбіт/с на один тайм-слот, а у режимі TETRA PDO, відповідно, 19,2 та 36 кбіт/с. Застосовується диференційна QPSK маніпуляція синусоїдних сигналів у діапазоні частот від 380 до 403 МГц.

Один з варіантів обміну даними з віддаленими об'єктами базується на застосуванні радіомодемів. Як правило, радіомодеми працюють у УКХ діапазоні частот від 136 до 174 МГц або від 403 до 470 МГц з використанням маніпуляції синусоїдного сигналу. Наприклад, радіомодем GM3DATA фірми Motorola забезпечує швидкість обміну даними 9600 біт/с при потужності передавача від 1 до 25 Вт, чутливості (EIA 12 дБ SINAD) 0,22 мкВ з використанням GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) маніпуляції, яка, фактично, є модифікацією частотної. Радіомодем CONEL CDA 70 забезпечує відстань до 35 км зі швидкістю 21,7 або 10,8 кбіт/с при потужності передавача від 0,1 до 5 Вт, чутливості (EIA 12 дБ SINAD) мінус 114 дБм на антенному вході з опором 50 Ом з використанням GMSK або FSK маніпуляції. Радіомодем T-96SR забезпечує швидкість 19200, 9600 або 4800 біт/с при потужності передавача від 1 до 5 Вт, чутливості 0,35 мкВ. Радіомодем РМД-400 забезпечує швидкість 153,6 кбіт/с на відстань до 1 км.

За необхідності забезпечення обміну даними за допомогою радіоканалів на значні відстані, можливе застосування радіорелейних станцій УКХ діапазону, ліній короткохвильового радіозв'язку з використанням відповідних контролерів (наприклад,

контролер DXP38 забезпечує швидкість від 300 до 1200 біт/с) або супутникових цифрових каналів.

З проведеного аналізу можна зробити висновки, що у каналах обміну даними сучасних промислових розподілених комп'ютерних систем, як правило, використовуються традиційні методи формування та оброблення сигналів, зокрема добре розвинуті методи низькочастотної (baseband) та смугової маніпуляції. Такі методи є добре відомими, розробленими і такими, що на даний час практично вичерпали можливість подальшого суттєвого покращення. Методи формування та оброблення широкосмугових сигналів в таких системах є не надто поширеними. Проте їх впровадження стрімко поширюється, в зв'язку з їхніми перевагами. Отже, розробка нових методів формування та оброблення таких сигналів є актуальною науковою задачею.

Література

1. Добрин П. С. Технологические предпосылки внедрения PLC-решений / П. С. Добрин, В. И. Демчишин, А. Я. Корсунский. // Вестник связи. – 2006. – № 7. – С. 57 – 62.
2. Дыхов К. В. Атмосферные оптические линии связи / Дыхов К. В., Максимов А. // Вестник связи. – 2006. – № 2. – С. 41 – 42.
3. Etschberger K CAN-based Higher Layer Protocols and Profiles / Etschberger K // Proc. of the Fourth International CAN Conference (iCC 97), CiA, Erlangen, Germany, 1997.
4. Selecting and Using RS-232, RS-422, and RS-485 Serial Data Standards. Maxim's Application Note 723 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/appnote_number/723
5. Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specification. ANSI/IEEE Standard 802.3. IEEE Press, 1996.
6. Шевкопляс Б. Дешифратор кода Манчестер II / Б. Шевкопляс // Схемотехника. – 2004. – № 3(41). – С. 20.
7. Воловодов А. Тестирование СКС – среда передачи или протоколы /А. Воловодов // Сети и телекоммуникации. – 2002. – № 2.
8. Андерсон К. Локальные сети. Полное руководство / Андерсон К. Минаси М. – К.: ВЕК+, 1999. – 624с.
9. Дьяков И. Конвертер RS-232 – токовая петля 20 мА / Дьяков И. // Схемотехника. – 2001. – № 11. – С. 38.
10. Хаммел Р. Л. Последовательная передача данных: Руководство для программиста: Пер. с англ. / Хаммел Р. Л. – М.: Мир, 1996. – 752 с.: ил.
11. Парфенов Ю. А. Цифровые сети доступа. Медные кабели и оборудование / Парфенов Ю. А., Мирошников Д. Г. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 288 с.: ил.
12. Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications. IEEE Standard 802.11. – IEEE Press, 1997.
13. Hanzo L. The Pan-European Digital Cellular Mobile Radio Systems – Know as GSM / Hanzo L., Stefanov J. // Mobile Radio Communications, edited by R. Steele, Chapter 8, Pentech Press, London, 1992.
14. Дремов А. Н. Решительный шаг к интеграции. TETRA на пути к поколению 3G / Дремов А. Н. // Технологии и средства связи. – 2001. – № 2. – С. 46 – 52.