

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ОБЛАДНАННЯ

© Плахотний М.В., Гричина А.Ю., 20121

Розглянуті програмні та апаратні аспекти побудови систем дистанційного моніторингу параметрів обладнання.

Ключові слова: апаратні аспекти, програмні аспекти, моніторинг.

This paper discusses software and hardware aspects of building systems for remote monitoring of parameters of the equipment.

Key words: hardware aspects, software aspects, monitoring.

Вступ

З кожним роком промислове обладнання є складнішим. З'являються нові функції, збільшується точність роботи, збільшена автоматизація дає змогу зменшити кількість робітників. Однак техніка все одно потребує контролю людини, отже, повністю уникнути використання людської робочої сили неможливо. За таких умов впровадження систем дистанційного моніторингу промислового обладнання стає актуальним. Такі системи дозволяють зменшити витрати на обслуговування та кількість задіяних працівників. Особливо великі переваги надає використання дистанційних систем моніторингу в розподілених на великій території об'єктах. Крім того подібні системи здатні забезпечити контроль та управління навіть застарілим промисловим та інфраструктурним обладнанням, що дає змогу зменшити витрати на модернізацію.

Систему дистанційного моніторингу можна розглядати як сукупність віддалених апаратно-програмних модулів та центрального модуля. Віддалені модулі отримують дані від обладнання та відсилають центральному модулю, який зберігає та оброблює отриману інформацію. Отже, проектування системи дистанційного моніторингу можна розділити на чотири задачі: розробка програмного та апаратного забезпечення дистанційного модуля, вибір технології передачі даних, вибір протоколу передачі даних, розробка програмного забезпечення центрального модуля.

Описана вище архітектура системи дистанційного моніторингу є найбільше загальною. Зазвичай розробка архітектури системи залежить від конкретної предметної галузі.

Постановка проблеми

Основна проблема, яка виникає під час проектування систем дистанційного моніторингу, полягає в підтриманні балансу між вартістю та можливостями системи. У певних випадках системи моніторингу можуть коштувати більше ніж обладнання, що підлягає контролю. Отже, розробник повинен добре розбиратися в наявних технологіях передачі даних, алгоритмах та протоколах, що застосовуються в промисловому обладнанні.

Адаптація наявних технологій передачі даних та протоколів, а також розробка власних є найголовнішими проблемами, з якими стикається розробник систем моніторингу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Відома достатньо велика кількість публікацій на тему побудови систем управління та моніторингу, однак вони здебільшого зосереджуються на використанні конкретних технологій та алгоритмів і не дають повного уявлення про галузь. Крім того більшість з цих публікацій є суто теоретичними і не мають практичного підґрунтя, а отже, запропоновані підходи до розв'язання задач проектування можуть бути недієздатними в умовах промислового застосування.

Більшість досліджень та публікацій є достатньо спеціалізованими та не розглядають проектування системи моніторингу в комплексі.

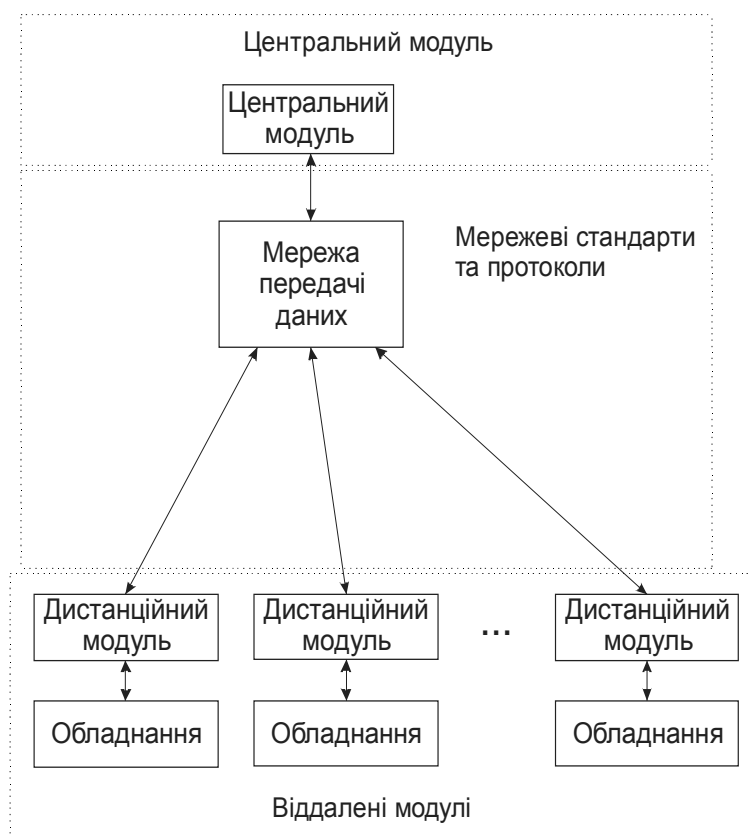


Рис. 1. Загальна схема роботи системи моніторингу

Технології передачі даних та доцільність їх застосування

Ця задача є однією з найважливіших під час побудови системи дистанційного моніторингу. Основна проблема, з якою стикається розробник під час розв'язання цієї задачі, полягає у великій кількості наявних технологій. Вирішення цієї проблеми цілком залежить від галузі, в якій застосовується система.

Для моніторингу обладнання в межах однієї будівлі доцільно використовувати дротові мережі передачі даних. Для розподілених систем краще використати бездротові системи передачі даних.

Дротові системи передачі даних широко застосовують у сучасній техніці. Під час застосування в невеликих масштабах вони дозволяють створювати дешеві системи моніторингу. Однак у разі використання на великій території виникає безліч проблем: необхідність використання підсилювачів, висока вартість прокладання кабелів, неоднорідність системи.

У межах одного приміщення можна використати технології RS485 або Ethernet. Технологія RS485 – це достатньо дешева та проста технологія, яка дає змогу встановити зв'язок між обладнанням. Вона використовує лише два провідники для передачі даних та дозволяє з'єднати до 256 пристроїв. Максимальна довжина мережі RS485 становить 1,5 кілометра. Серед переваг такої системи варто зазначити: низьку вартість, простоту та надійність, адже вона автономна та не залежить від вже прокладених на підприємстві систем передачі даних. Недоліки у системи такі: низька швидкість передачі даних (до 1 Мбіта на секунду) та синхронність передачі даних, в один момент часу лише один модуль може передавати дані [1].

Технологія Ethernet є дуже поширеною технологією передачі даних. Вона дорожча за RS485, однак, і можливості у неї більші. Технологія Ethernet забезпечує високу швидкість передачі даних (до 1 Гбіта на секунду) та асинхронну передачу даних. Крім того, мережі Ethernet дозволяють легко під'єднати нове обладнання, а отже, використовувати вже існуючу інфраструктуру. Серед недоліків

системи можна зазначити: необхідність використання комутаторів та вищу порівняно з RS485 вартість.

Крім описаних вище технологій, які використовуються на невеликій площі, також існують інші технології, з більшою площею покриття. А саме: телефонний зв'язок та виділені інтернет-канали. Телефонний зв'язок може використовувати технології DialUp або ADSL. Виділені інтернет-канали дозволяють під'єднуватися до мережі Інтернет. Описані технології мають велику перевагу – площу покриття. Вони дозволяють під'єднати до системи дистанційного моніторингу обладнання, розташоване в різних містах країни. Основний недолік полягає в необхідності розміщувати дистанційні модулі в місцях де є телефонний зв'язок або виділений канал, що часто унеможлиблює використання таких технологій у системах дистанційного моніторингу.

Бездротові технології передачі даних швидко розвиваються останні декілька років, виробники пропонують велику кількість технологій, які відрізняються площею покриття, швидкістю передачі даних, радіодіапазонами. Такі технології є дуже перспективними для систем дистанційного моніторингу, адже не потребують прокладання кабелів або встановлення додаткового мережевого обладнання. Розглянемо декілька поширених бездротових технологій передачі даних.

Технологія Zigbee була розроблена для забезпечення зв'язку між обладнанням на невеликій площі. Радіус покриття мережі Zigbee становить до 75 метрів, швидкість – до 250 Кбіт на секунду.

Часто використовується для під'єднання різноманітних сенсорів до системи моніторингу. Велика перевага цієї технології полягає у наявності комплектуючих для побудови власного обладнання моніторингу.

Технологія WiFi є надзвичайно цікавою для систем дистанційного моніторингу, але існують певні проблеми, які ускладнюють її використання в подібних системах. Технологія WiFi забезпечує дальність передачі даних до 300 метрів, а швидкість до 300 Мбіт на секунду. WiFi широко застосовується в техніці і на ринку представлено велику кількість різноманітного обладнання, однак в Україні є проблеми з елементною базою (мікросхемами, приймачами), тому побудова власних пристроїв з використанням технології WiFi є дуже складною.

Технологія GSM дуже часто застосовується в системах контролю та моніторингу, і для цього існують дуже вагомні підстави. Технологія GSM є однією з найпоширеніших технологій бездротового зв'язку у світі, майже 98 відсотків площі України мають GSM покриття, тому обладнання, оснащене GSM-модемом, може працювати практично будь-де. Технологія GSM надає розробникам систем моніторингу різноманітні можливості передачі даних: стандарт SMS-передача коротких текстових повідомлень(до 140 байт), стандарт CSD – аналог модемного зв'язку в телефонних мережах, стандарт GPRS – пакетна передача інформації. У вільному доступі знаходиться велика кількість модемів, які працюють в мережі GSM, отже, побудова власних пристроїв для роботи з GSM не є великою проблемою.

Протоколи передачі даних

Наступною важливою проблемою, яку потрібно вирішити розробнику систем дистанційного моніторингу, є проблема вибору протоколу передачі даних. Зазначимо, що дистанційні модулі системи моніторингу базуються на доволі простих програмованих пристроях – мікроконтролерах. Тому канонічна модель OSI не зовсім підходить для класифікації використовуваних протоколів зв'язку.

Протокол Modbus – це доволі поширений протокол передачі даних. Хоча його і зараховують до прикладних протоколів моделі OSI, тим не менш таким способом однозначно його визначити не можна. Річ у тому, що протокол Modbus крім власне передачі даних, ще і виконує такі завдання: контроль цілісності повідомлення (транспортний рівень), виконує задачі комутації (мережевий рівень), визначає початок і кінець передачі повідомлення (каналний рівень). Така невизначеність протоколу Modbus пояснюється тим, що він призначений для комунікації простих пристроїв, в яких немає достатнього об'єму пам'яті та обчислювальної потужності для реалізації всі рівнів моделі OSI[1].

Формат команди читання N байт

	Адреса		Функція	Адреса першого байта		Число байтів		CRC	L F	C R
				Молодший байт	Старший байт	Молодший байт	Старший байт			
0x3A	--	--	0x03	0x95	0x05	0x16	0x00	0x65	1 0	1 3

Протокол Modbus базується на клієнт-серверній архітектурі, тобто ініціювати передачу даних може лише головний (центральний) пристрій, така архітектура взаємодії добре співвідноситься з викладеною вище архітектурою системи моніторингу.

Таблиця 2

Формат команди запису N байт

	Адреса		Функція	Адреса першого байта		Число байтів		CRC	L F	C R
				Молодший байт	Старший байт	Молодший байт	Старший байт			
0x3A	--	--	0x16	0x95	0x05	0x16	0x00	0x65	1 0	1 3

Повідомлення Modbus містить адресу пристрою, код команди, адресу пам'яті пристрою, довжина масиву даних, дані, та контрольна сума CRC. Протокол дозволяє дистанційно записувати дані в цільовий пристрій або читати їх з нього. Протокол достатньо простий для того, щоб функціонувати на малопотужних мікроконтролерах.

Проблеми протоколів передачі даних

Більшість протоколів, які використовуються в системах дистанційного моніторингу, є доволі простими протоколами, здебільшого їх створюють розробники для реалізації конкретного проекту, іноді використовують стандартні протоколи, такі як Modbus. Однак у разі використання власних протоколів передачі даних втрачається сумісність з іншим обладнанням, зростає складність модернізації системи. А у разі використання стандартних простих протоколів виникає проблема пристосування протоколу до власних вимог.

Варто зазначити, що більшість стандартних протоколів передачі даних у системах на базі мікроконтролів було розроблено в 70-х, 80-х роках минулого століття, з часу, що минув з моменту їх створення, потужність обчислювальної техніки значно зросла, сучасні мікроконтролери мають більше пам'яті та потужніший процесор. З'явився режим багатопоточної роботи. Тому можна зазначити, що стандартні протоколи передачі даних значною мірою застаріли, вони не достатньо гнучкі для сучасної техніки, потребують багато часу для пристосування до конкретних умов та тестування.

У комп'ютерних системах цю проблему вирішили використанням протоколів, заснованих на тегах. Цей вид протоколів може мати довільну довжину повідомлення. У таких протоколах кожному значенню передують його опис, тобто тег. Теги зі значеннями можна розміщувати в довільному порядку, в певних випадках їх може взагалі не бути. Це дозволяє підвищити захищеність протоколу від технічних перешкод або людського втручання. Подібні протоколи дуже гнучкі, що дає можливість швидко адаптувати їх до конкретної задачі та ефективно тестувати. Розробка власних протоколів передачі даних та форматів повідомлень цих протоколів займає багато часу, ще більше часу витрачається на їх тестування. Тому створення одного стандартного протоколу на основі тегів дозволить значно зменшити час тестування системи моніторингу.

Опишемо, що розуміють під терміном тег. Тег – це дескриптор певного поля повідомлення протоколу. Тег може бути текстовим або числовим. Основне завдання тегу полягає у відокремленні одного поля протоколу від іншого. Різниця між позиційними протоколами та протоколами на основі тегів полягає у довільному розташуванні тегів у повідомленні.

До останнього часу використання протоколів, заснованих на тегах у системах дистанційного моніторингу, унеможлиблювалося невеликою потужністю та функціональністю обладнання, однак

сучасне обладнання дозволяє реалізувати такі протоколи. Крім того, тегові протоколи мають значно більшу збитковість порівняно зі звичайними позиційними протоколами, це призводить до зростання розмірів повідомлення та підвищення завантаженості каналу передачі даних. Ця ознака протоколів на основі тегів не давала змоги використовувати цей перспективний протокол у промисловій техніці та системах моніторингу обладнання, але пропускну здатність мереж передачі даних значно зросла за останній час, тому велика збитковість змінила своє значення з негативного на позитивний, адже таким чином підвищилася надійність протоколу та його стійкість до свідомого людського втручання.



Рис. 2. Модель обробки повідомлення матрицею тегів

Однак незважаючи на переваги, які надають протоколи, засновані на тегах, поки що не було запропоновано жодного подібного протоколу в галузі мікроконтролерної техніки. Розробка таких протоколів є дуже перспективною та затребуваною справою.

Модель роботи протоколу на основі тегів можна реалізувати так. Програмне забезпечення обробки повідомлень протоколу є стандартним і реалізованим на різних платформах та мовах програмування (наприклад С, С++, Java, Assembler, Python та інших).

Перед початком роботи системи розробник вводить інформацію про наявні теги, їх формати та інформацію про взаємодію до спеціальної таблиці протоколу, крім цього до тієї ж таблиці вводяться обробник тегів та повідомлень. Назвемо цю таблицю Матрицею обробки тегів (ТНМ – Tag Handling Matrix), за допомогою цієї таблиці повідомлення, отримані з мережі передачі даних, будуть оброблюватися спеціальним програмним забезпеченням, у разі знаходження внесених у таблицю тегів перевірятиметься їх формат та відповідність вже отриманим до цього тегам, після чого дані, отримані з повідомлення протоколу, будуть передаватися у внесені розробником обробники даних. Подібне програмне забезпечення, з відповідно налаштованими таблицями, буде встановлено на центральному та дистанційних модулях системи. Таким чином протокол забезпечує абстрагування від конкретної мережі передачі даних,

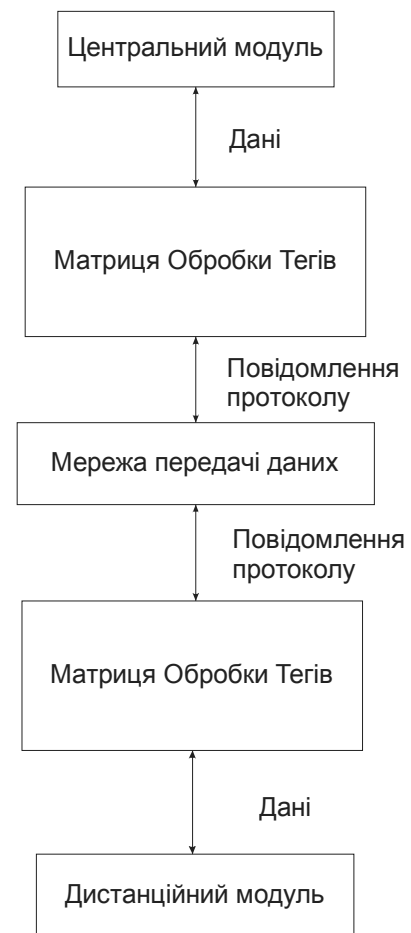


Рис. 3. Модель роботи системи з протоколом на основі тегів

обладнання та конкретних цілей розробника, але при цьому надає гнучкі засоби налаштування та контролю стану процесу передачі даних. Всі операції кодування та контролю правильності передачі даних протокол вирішує самостійно.

У запропонованій системі роботи протоколу на основі тегів розробник фактично абстрагується від процесу передачі даних, але при цьому має можливість його контролювати. Такий протокол також надає стандартні засоби тестування, це дозволяє значно скоротити час розробки системи, адже надійність є однією з ключових ознак будь-якої системи моніторингу промислового обладнання.

Протоколи передачі даних на основі тегів демонструють тенденції сучасного світу інформаційних технологій. А саме – тенденцію до уніфікації, тенденцію до спрощення та скорочення циклу розробки програмного забезпечення, тенденцію до переходу від продуктивних програмних продуктів до універсальніших та надійніших.

Проектування реальної системи дистанційного моніторингу

Варто навести приклад розробки реальної системи дистанційного моніторингу, яку було успішно впроваджено в Україні.

Основне призначення розробленої системи полягає в комплексному моніторингу обладнання станцій мобільного зв'язку. Потрібно зазначити, що крім радіобладнання, яке має власну систему управління, станція мобільного зв'язку також складається з обладнання електроживлення, проти-пожежної системи, охоронної системи. Все це обладнання необхідно дистанційно контролювати, система контролю повинна бути максимально незалежною від задіяного радіобладнання, тобто під'єднуватися до радіомережі у якості звичайного абонента мобільної мережі.

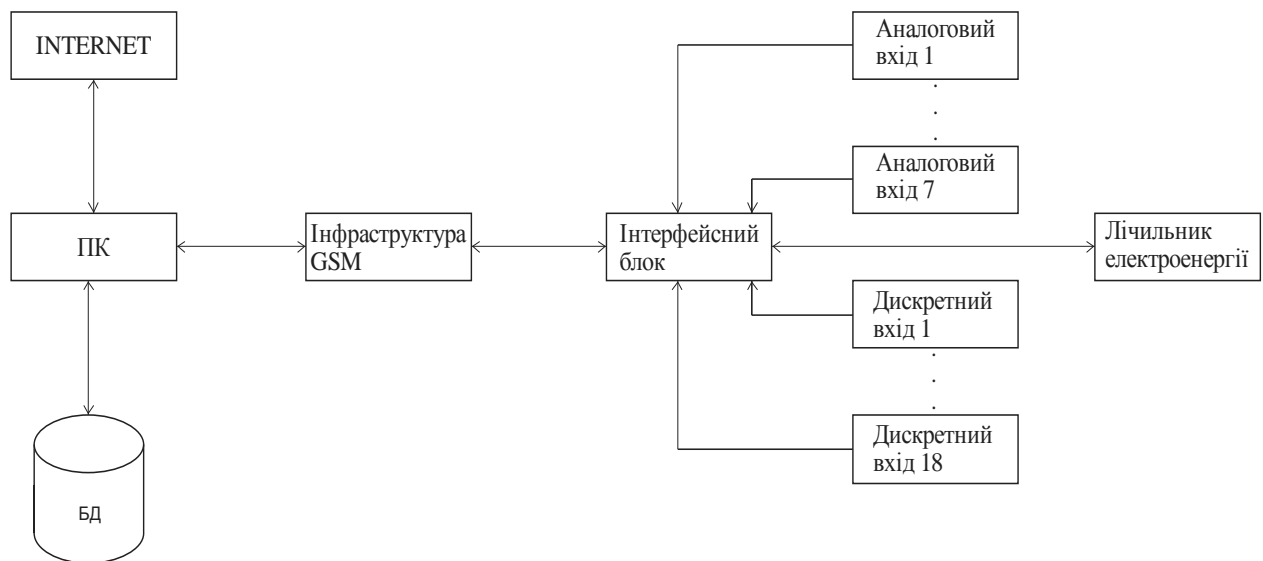


Рис. 4. Структура системи дистанційного моніторингу

Система використовує безпроводний зв'язок технології GSM, тілом повідомлення виступає повідомлення стандарту SMS. Використання цього стандарту надає декілька істотних переваг. По-перше, стандарт SMS підтримують всі базові станції GSM зв'язку, навіть найсучасніші станції можуть працювати з цим стандартом, у найближчому майбутньому цей стандарт передачі повідомлень буде залишатися актуальним. По-друге, стандарт SMS має пакетну сутність, тобто достатньо відіслати повідомлення у мережу, після чого доставкою його абонента займеться GSM система, вона ж проінформує відправника про факт доставки повідомлення абонента. Невеликий

обсяг повідомлення SMS не є проблемою, доступних 140 байт цілком вистачає для передачі всієї необхідної інформації.

Дистанційний модуль складається з двох мікроконтролерів виробництва AVR: AtMega8 (мікроконтролер 2) та AtMega64 (мікроконтролер 1). Ці пристрої доволі функціональні та недорогі, а крім того поширені на ринку України. Менш потужний AtMega8 з'єднано з GSM-модемом, він займається передачею та отриманням повідомлень. AtMega64 виконує функцію головного контролера, він займається отриманням та обробкою значень цифрових та аналогових сигналів. Така структура дозволяє дистанційно перепрограмувати контролер AtMega64, який виконує основні функції в системі, за допомогою контролера AtMega8. Подібна функціональність дає змогу істотно зменшити витрати на обслуговування системи.

Дистанційний модуль дозволяє контролювати 18 цифрових сигналів, наприклад, сенсор відкриття дверей чи сенсор пожежі, 7 аналогових сигналів та температуру у приміщенні. Крім цього, дистанційний модуль оснащено портами RS232 та RS485 для контролю показів лічильника електроенергії. Дистанційний модуль може опрацьовувати отримані значення цифрових та аналогових входів та відсилати повідомлення у разі настання запрограмованих подій, встановлення умов настання цих подій відбувається дистанційно. Подібна функціональність повністю задовольняє умови моніторингу обладнання.

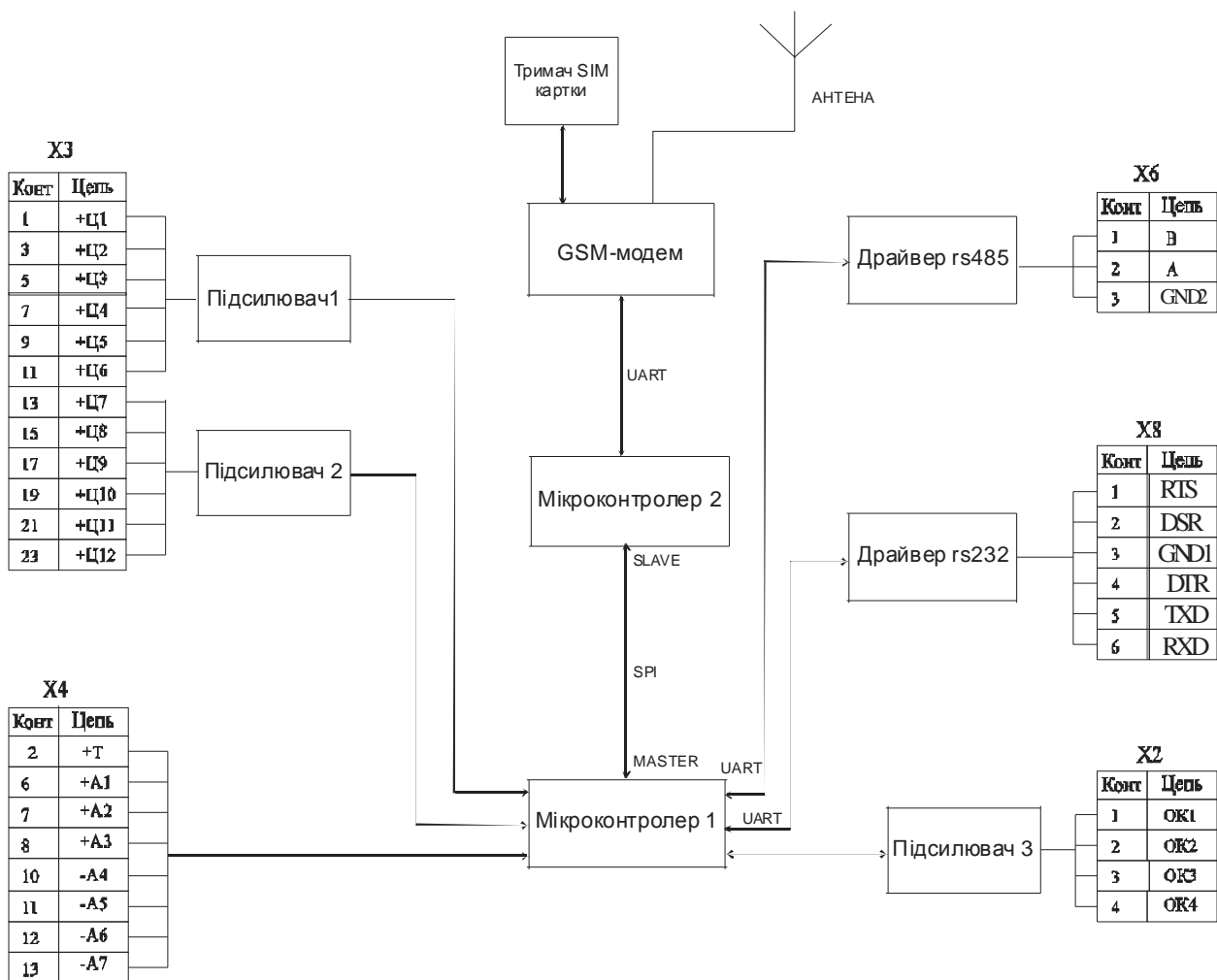


Рис. 5. Структура дистанційного модуля

Центральний модуль системи встановлено на звичайному персональному комп'ютері. Цей модуль являє собою спеціально розроблене програмне забезпечення, яке дозволяє передавати та отримувати повідомлення дистанційним модулям, а також зберігати отриману інформацію у базі даних. Програмне забезпечення має зручний графічний інтерфейс, який реалізує ієрархічне представлення стану системи моніторингу.

Перспективним є відокремлення програмного забезпечення центрального модуля системи від інтерфейсу користувача та перенесення до глобальної мережі Internet. Це дозволить управляти системою в будь-якій точці Землі. Подібна практика стає все популярнішою, вона забезпечує обслуговування системи незалежно від того де вона розташована.

Процес розробки та тестування описаної системи становить приблизно три місяці. Отже, можна стверджувати, що розробка систем дистанційного моніторингу за умови використання сучасних технологій може відбуватися дуже швидко. Нині встановлено та експлуатується 300 дистанційних модулів системи.

Перспективи розвитку систем дистанційного моніторингу в Україні

Системи дистанційного моніторингу обладнання в Україні поки що широко не застосовують, але вони мають значний потенціал. Разом з покращенням економічної ситуації в країні застосування таких систем ставатиме все доцільнішим.

Особливо корисними системи дистанційного моніторингу можуть бути під час застосування в об'єктах інфраструктури, через велику протяжність обслуговування таких об'єктів потребує значних витрат грошей та часу, системи дистанційного моніторингу здатні значно зменшити витрати та підвищити швидкість реагування на аварії та поломки, що виникають.

У сфері ЖКГ системи дистанційного моніторингу та управління вже застосовуються, але їх використання є достатньо обмеженим. Ширше їх застосування дасть змогу значно покращити якість послуг. Завчасне інформування про імовірну поломку зменшує рівень витрат та підвищує час функціонування обладнання.

Ще одна сфера, в якій застосування систем дистанційного моніторингу здатне принести значну користь, це великі підприємства хімічної та металургійної галузі. Зважаючи на великі масштаби виробництва, навіть незначна його оптимізація за рахунок систем дистанційного моніторингу дає змогу значно підвищити продуктивність. Системи дистанційного моніторингу та управління надають можливість покращити конкурентоспроможність підприємства та оптимізувати виробництво.

В Україні існують значні перспективи застосування систем дистанційного моніторингу, але через несприятливу економічну ситуацію вони не можуть повністю розкрити свій потенціал.

Використання в наукових та навчальних цілях

Під час тестування описаної вище системи дистанційного моніторингу було виявлено деякі особливості роботи мереж мобільного зв'язку. А саме, залежність часу доставки повідомлення або часу встановлення з'єднання між абонентами від завантаженості мережі мобільного зв'язку. Час доставки повідомлення від одного абонента до іншого іноді сягав декількох десятків хвилин.

Наведені вище закономірності потребують спеціального дослідження та вивчення. Такі дослідження дозволять протестувати наявні мережі мобільного зв'язку, визначити проблемні ділянки мережі та особливості взаємодії різних операторів мобільного зв'язку між собою.

Результати подібних досліджень можуть бути корисними як операторам, так і державним структурам, які відповідають за якість послуг, що надаються громадянам. Дослідження роботи мереж мобільного зв'язку необхідні для забезпечення надійного зв'язку у разі стихійних лих та техногенних катастроф, саме під час таких подій значно підвищується навантаження на системи мобільного зв'язку. Розроблення алгоритмів взаємодії між мережами різних операторів та

тестування цих алгоритмів допоможе підвищити інформованість населення та зменшити паніку під час надзвичайних обставин та катастроф техногенного та природного характеру.

Системи тестування роботи мереж мобільного зв'язку активно розвиваються в країнах Європи та Сполучених Штатах Америки.

Висновки

Системи дистанційного моніторингу – це сучасна сфера застосування інформаційних технологій. З кожним роком у світі використовуються все більше таких систем. У майбутньому можна очікувати ще більшого попиту на такі системи.

В Україні системи дистанційного моніторингу мають значні перспективи. Тому науковцям та інженерам варто приділити значну увагу розробленню та дослідженню подібних систем.

Автори статті спроектували, побудували та впровадили систему моніторингу промислового обладнання, яка успішно функціонує вже два роки. Всього було встановлено 300 дистанційних модулів системи. Таких результатів було досягнуто завдяки детальному дослідженню предметної галузі та сучасних технологій дистанційного моніторингу.

1. *Texas Instruments. RS-422 and RS-485 Standards Overview and System Configurations / Texas Instruments Standard Document – 09.2010.*
2. *The Modbus Organization. MODBUS APPLICATION PROTOCOL SPECIFICATION V1.1b / The Modbus Organization Specifications. – 1996.*
3. *IEEE LAN/MAN Standards Committee. Standard Wireless local area networks IEEE 802.11-2007.*
4. *Проскурня М. Стандарти периферійних інтерфейсів [Електронний ресурс]: http://axofiber.org.ru/inside/peripheral_standards.htm / Проскурня М. 07.07.2009.*
5. *Лотков А. Интерфейсы последовательной передачи данных. Стандарт RS-485. / Журнал Современные технологии автоматизации. – М, 1997.*