

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

Yu. Brayko, R. Imamutdinova

PRINCIPLES OF DESIGN OF WIRELESS SENSOR NETWORK CONCENTRATOR ON BASIS OF SMART DEVICES

Basic system requirements to portable hub of wireless net and questions of its designing are considered in this article.

Key words: portable hub, wireless sensor net, smart device.

Рассмотрены основные системные требования к портативному концентратору беспроводной сенсорной сети и вопросы его разработки.

Ключевые слова: портативный концентратор, беспроводная сенсорная сеть, интеллектуальный прибор.

Розглянуто основні системні вимоги до портативного концентратора безпроводної сенсорної мережі та питання його розробки.

Ключові слова: портативний концентратор, безпроводна сенсорна мережа, інтелектуальний прилад.

© Ю.О. Брайко,
Р.Г. Імамутдінова, 2016

УДК 681.3

Ю.О. БРАЙКО, Р.Г. ІМАМУТДІНОВА

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ КОНЦЕНТРАТОРА ДЛЯ БЕЗПРОВІДНОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ НА БАЗІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

Вступ. Розподілені системи екологічного, промислового моніторингу та моніторингу біологічних об'єктів на основі інтелектуальних сенсорів (Smart Sensors) та інтелектуальних приладів (Smart Devices) [1] знаходять все більш широке застосування. Використання розподілених систем дозволяє виконувати безпосередньо на складних об'єктах дослідження у важкодоступних, небезпечних для людини місцях не тільки збір, обробку та накопичення даних, а й передавання і приймання інформації з допомогою каналів зв'язку на значну відстань.

Розподілені системи дозволяють збільшити оперативність збору і обробки даних, зробити систему більш гнучкою, надійною, надають можливості щодо більш глибокого узагальнення інформації та зменшення часового інтервалу для прийняття управлінських рішень.

Системні вимоги до основних функцій концентратора для безпроводної сенсорної мережі. Для визначення основних функцій концентратора та режимів його роботи необхідно застосувати системний підхід, тобто, основні функції концентратора мають бути узгоджені з загальними вимогами до всієї системи [2], у нашому випадку – до розподіленої сенсорної мережі на основі розроблених інтелектуальних біосенсорів. Можна визначити такі системні вимоги до сенсорної мережі:

- можливість проведення збору вимірювальних даних та попередньої їх обробки

безпосередньо на біологічних об'єктах дослідження у польових умовах, у тому числі у небезпечних та важкодоступних місцях;

- отримання даних експрес-аналізу з мінімальною затримкою у часі;
- можливість оперативної обробки результатів вимірювання характеристик і їх візуалізація у вигляді, зручному для аналізу користувачем (табличному, графічному, з виділенням особливих точок та областей);
- можливість архівування та стиснення отриманих даних;
- можливість реалізації функцій електронних реєстраторів – Data Loggers, для довготермінового зберігання отриманої інформації;
- датування отриманих даних;
- візуалізація даних експрес аналізу безпосередньо у польових умовах;
- можливість передавання даних у підсистему вищого рівня з метою систематизації та подальшої обробки;
- можливість автономної роботи з живленням від вбудованих джерел енергії;
- можливість контролю функціонування в автономному режимі;
- обмежені габаритні розміри та вага для можливості транспортування за допомогою оператора.

Основні системні принципи, які мають бути втілені при створенні системних пристроїв: системна сумісність, високий рівень автономності, відкритість структури, гнучкість та адаптивність [3].

Системна сумісність досягається за допомогою наступних засобів:

- інформаційна сумісність – забезпечення необхідної швидкості передавання даних, реалізація стандартних протоколів обміну, формування інформаційних потоків даних;
- стандартизація та уніфікація інтерфейсів;
- багаторівневість системи збору, обробки та збереження даних;
- візуалізація даних та формування файлів стандартних форматів;
- архівування вимірювальної інформації, апроксимація та інтерполяція;
- забезпечення передавання даних з використанням стандартних інтерфейсів;
- захист даних у процесі передавання та зберігання;
- використання паролів для обмеження доступу.

Засоби забезпечення високого рівня автономності:

- інтегрування в структуру пристрою обчислювального ядра (на базі мікроконверторів, мікроконтролерів, систем на кристалі);
- використання резидентної та зовнішньої енергонезалежної пам'яті даних і програм;
- формування часових відміток та підтримка часової бази за допомогою електронного годинника реального часу (ГРЧ) з функціями програмованого таймера;
- можливість переходу в «сплячий режим» та виходу з нього за сигналом таймера або ГРЧ;

- оптимізація режимів роботи системи живлення з метою енергозбереження;
- використання засобів візуалізації даних з вбудованими контролерами;
- використання автономних джерел живлення.

Відкритість, гнучкість, адаптивність досягаються за рахунок:

- можливості нарощування функцій програмними засобами;
- налаштування за допомогою електронного меню;
- автокалібрування та можливість автотестування;
- можливість перепрограмування роботи приладу в процесі експлуатації.

З урахуванням місця концентратора в структурі системи, можна визначити його основні функції та режими роботи:

- відображення на екрані рідинно-кристалічного індикатора (РКІ) електронного меню;
- формування за допомогою меню та пульта керування (ПК) сигналів вибору та ініціалізації опцій електронного меню;
- завдання режиму опитування розподіленої мережі інтелектуальних біосенсорів;
- завдання параметрів команд для вибору режимів роботи розподіленої мережі інтелектуальних біосенсорів;
- завдання режимів роботи координатора;
- формування команд запиту сеансу зв'язку по радіоканалу з концентрато- ром та приймання даних з визначених інтелектуальних біосенсорів;
- завдання режимів опитування інтелектуальних біосенсорів;
- циклічний безперервний режим з завданням номерів інтелектуальних біосенсорів;
- циклічний одноразовий режим з завданням номерів інтелектуальних біосенсорів;
- подійний режим роботи з фіксацією даних у разі досягнення визначеного значення параметра;
- подійний режим роботи з фіксацією даних у разі досягнення необхідного значення швидкості зміни (похідної) параметра;
- завдання часових відміток для визначення інтервалу між послідовними вимірами.

На рис. 1 показано структуру концентратора системи для експрес-діагностики стану рослин на основі безпроводних інтелектуальних біосенсорів. Блок радіоканалу слугує для здійснення радіозв'язку між концентрато- ром та координатором системи. Вимірювальні дані поступають з безпроводних інтелекту- альних біосенсорів по радіоканалам у координатор і далі, через блок радіоканалу – в блок мікроконтролера. Останній призначений для збору, обробки та збере- ження параметрів фотосинтезу в листях рослин. Дані експрес-аналізу відобра- жаються на екрані графічного РКІ блоку індикації. Блок аналізу ступеня заря- дження акумулятора необхідний для визначення та індикації відносного ступеня зарядження акумуляторної батареї.

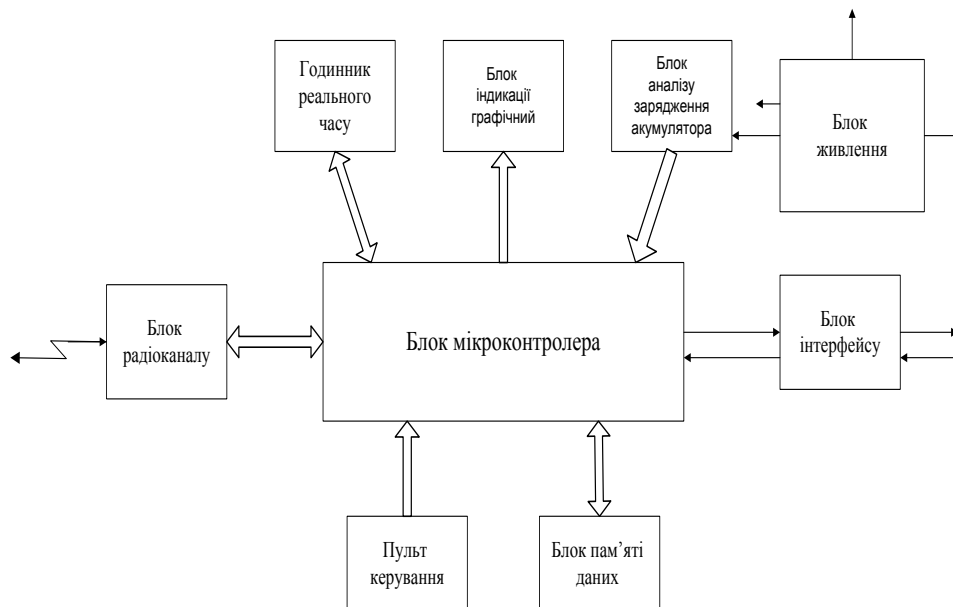


РИС. 1. Структура концентратора

Блок інтерфейсу слугує для забезпечення зв'язку між концентратором та персональним комп'ютером підсистеми верхнього рівня системи. Пульт керування разом з електронним меню потрібен для керування системою шляхом формування необхідних команд. Блок пам'яті даних побудований на основі енергонезалежних запам'ятовувючих пристроїв, він призначений для розширення обсягу внутрішньої пам'яті мікроконтролера для довгострокового зберігання даних. Блок живлення являє собою автономний пристрій, містить у собі акумулятор і забезпечує його зарядження за допомогою зарядного пристрою.

Програмне забезпечення концентратора. Програмне забезпечення (ПЗ) концентратора бездротової сенсорної мережі забезпечує обмін даними з координатором бездротової сенсорної мережі, обмін даними з персональним комп'ютером, можливість зберігання даних у пам'яті концентратора, візуалізацію даних на екрані концентратора у вигляді кривих Каутського (кривих ІФХ) та у вигляді таблиць зі значеннями характерних точок для кожної кривої. ПЗ концентратора підтримує два режими його роботи, а саме: автономний режим, в якому доступні всі функції концентратора, крім підключення до бездротової сенсорної мережі, та режим роботи в складі бездротової сенсорної мережі, в якому доступні всі його мережеві функції.

На рис. 2 показана структура ПЗ концентратора, яка складається з програмних модулів (далі модулів).

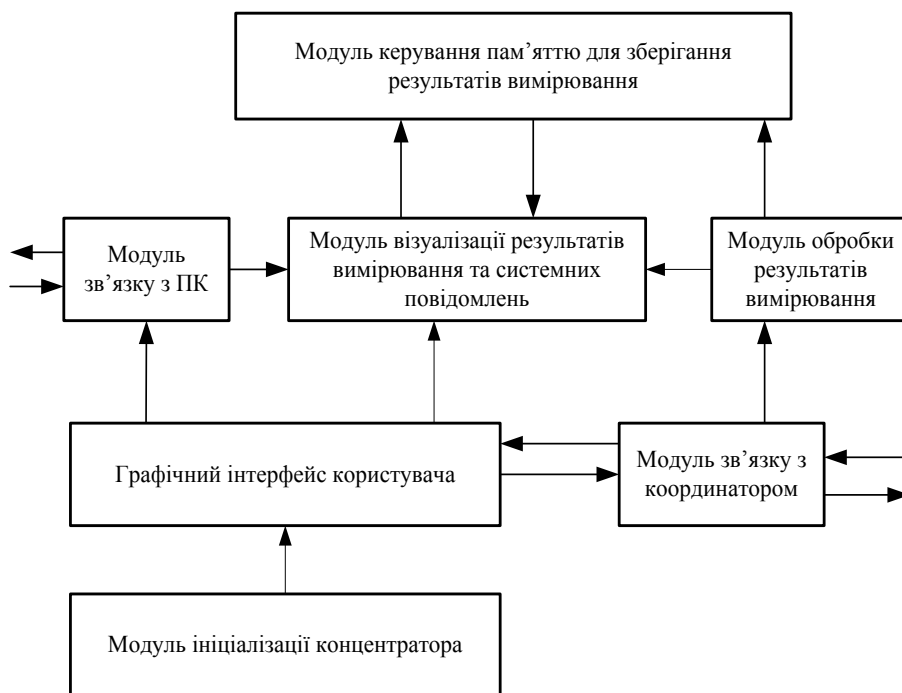


Рис. 2. Структура ПЗ концентратора

Модуль ініціалізації концентратора призначений для ініціалізації системних драйверів, пам'яті, регістрів дисплея та кнопок керування. Графічний інтерфейс користувача забезпечує підтримку роботи користувача з меню за допомогою кнопок керування. Основне меню складається з наступних опцій: Net, Profile, Data, PC, Help. Повна структура меню графічного інтерфейсу користувача показана на рис. 3. Модуль зв'язку з координатором забезпечує встановлення зв'язку з координатором, перевірку стану мережі, пересилання профілів вимірювання, приймання повідомлень та даних вимірювання від координатора мережі. Модуль обробки результатів вимірювання здійснює оброблення даних та визначає значення характерних точок кривої Каутського. Модуль візуалізації результатів вимірювання та системних повідомлень забезпечує графічне представлення даних вимірювання та результатів обробки таких даних на екрані у вигляді кривої Каутського, виведення значень характерних точок кривої Каутського у вигляді таблиці, вивід системних повідомлень. Модуль зв'язку з ПК забезпечує зв'язок з персональним комп'ютером для пересилання даних вимірювання для подальшого їх опрацювання та приймання службової інформації для концентратора (нових профілів вимірювання тощо). Модуль керування пам'яттю надає можливість зберігати даних вимірювання або службової інформації у пам'яті концентратора.

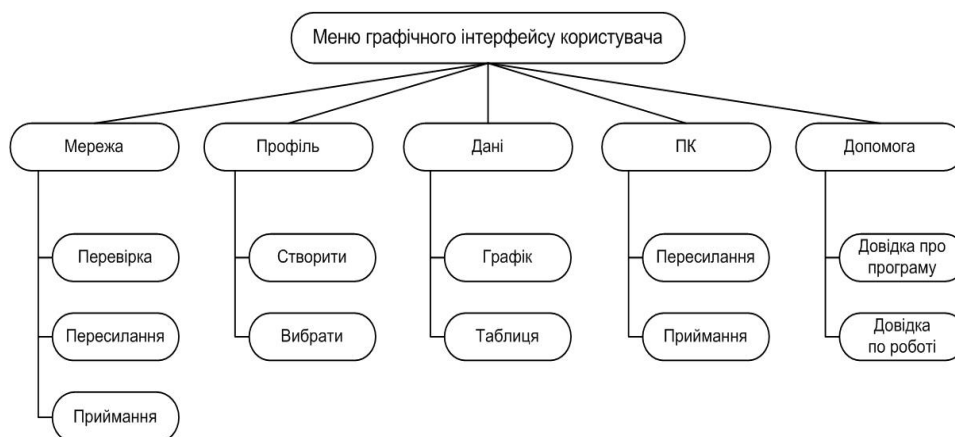


РИС. 3. Структура меню графічного інтерфейсу користувача

Алгоритм роботи ПЗ концентратора. Після включення живлення концентратора виконується ініціалізація системних драйверів, ініціалізація пам'яті, регістрів дисплея, регістрів загального призначення для роботи з кнопками керування, формується запит на підключення до координатора бездротової сенсорної мережі. На дисплей концентратора виводиться статусний рядок, який відображає стан системи та меню користувача. На рис. 4 показано алгоритм роботи ПЗ концентратора.

Розробка та налагодження програмно-апаратних систем підтримується різними інструментальними засобами. Як було вказано вище, для розробки концентратора бездротової сенсорної мережі використано мікроконтролер LPC4357 (сімейства Cortex-M) компанії NXP. Саме тому, розглянуто та проаналізовано найбільш відомі засоби для розробки вбудованого програмного забезпечення, а саме: IDE μ Vision4 [4], IAR EWARM [5], RealView Development Suite [6], LPCXpresso IDE [7]. Як результат аналізу вирішено використати для створення та налагодження програмного забезпечення концентратора інтегроване середовище розробки LPCXpresso, яке надає повний перелік можливостей, засобів та інструментів для розробки програмного забезпечення для мікроконтролерів сімейства Cortex-M компанії NXP. Інтегроване середовище розробки LPCXpresso складається з програмного середовища розробки та налагодження на основі Eclipse, компіляторів GNU C та C++, набору бібліотек, компілятора та удосконаленого програмно-апаратного налагоджувача-програматора GDB (GNU Debugger), який забезпечує декілька рівнів оптимізації коду.

ПЗ концентратора створюється на мові програмування C++ з використанням об'єктно-орієнтованого підходу. До проекту підключена стандартна бібліотека CMSIS_LPC43xx_DriverLib, яка містить опис основних ресурсів мікроконтролера LPC4357 та опис типів даних, які використовуються при реалізації необхідних функцій для ініціалізації та керування мікропроцесором та периферією мікроконтролера.

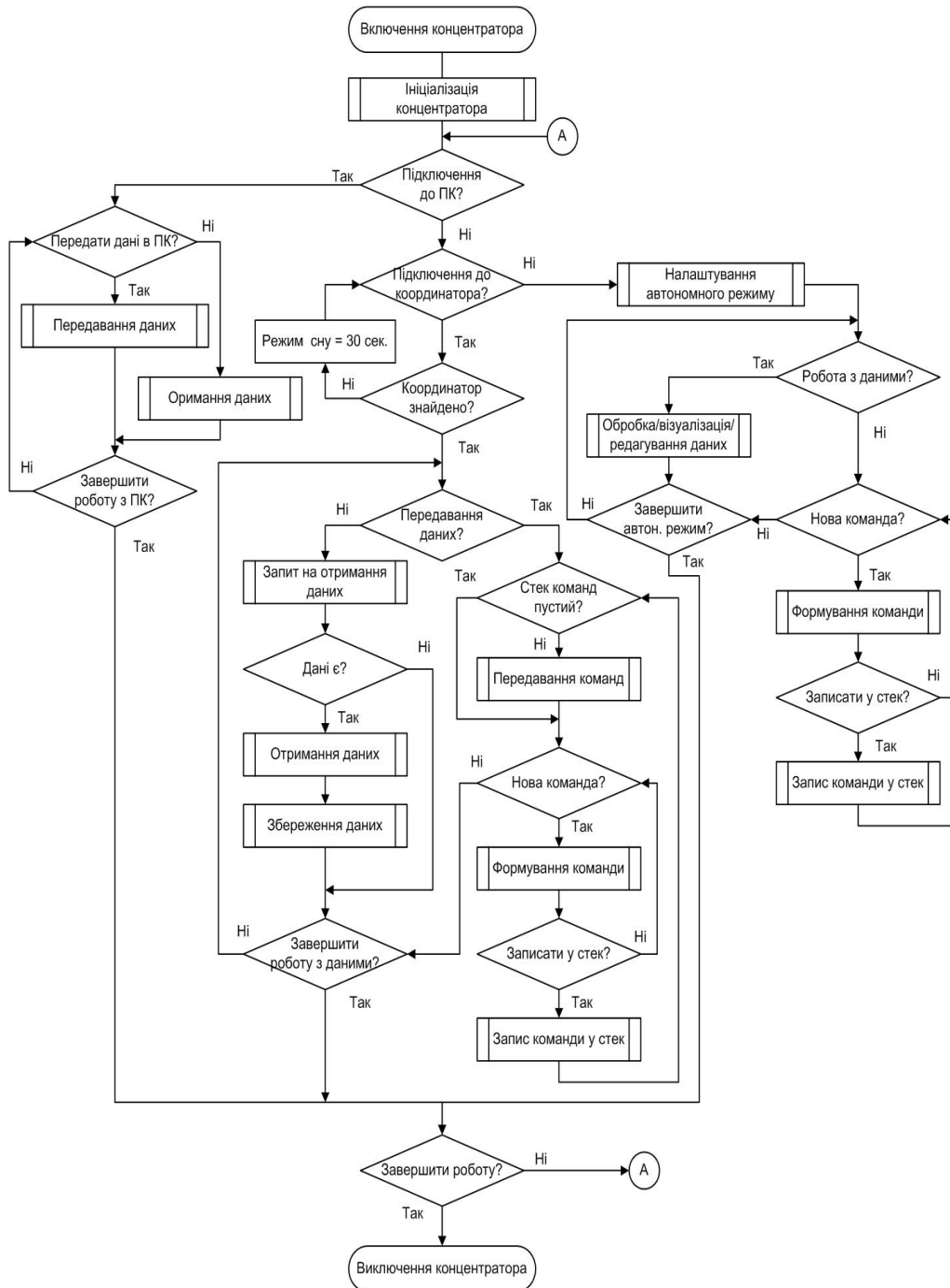


РИС. 4. Алгоритм роботи ПЗ концентратора

Для створення інтерфейсу користувача використано адаптовану та налагоджену графічну бібліотеку SWIM (Simple Windows Interface Manager). Бібліотека SWIM містить у своєму складі функції відкриття та закриття графічних вікон, функції відображення графічних об'єктів, шрифтів, функції виводу текстових повідомлень на екран дисплею.

Меню користувача забезпечує взаємодію його з концентратором бездротової сенсорної мережі. Опції меню були запрограмовані у вигляді окремих об'єктів: Net, Profile, Data, PC, Help. Об'єкт Net реалізує перевірку стану бездротової сенсорної мережі, передачу координатору обраного профілю вимірювання, а у випадку, якщо профіль не був обраний, використовується профіль за замовченням, та приймання даних вимірювання від координатора. Об'єкт Profile реалізує вибір профілю зі списку доступних профілів або створення нового. Об'єкт Data дає можливість відображення даних вимірювання у вигляді кривої Каутського та вивід характерних точок кривої у вигляді таблиці. Об'єкт PC реалізує обмін даними між персональним комп'ютером та концентратором. Об'єкт Help дає інформацію щодо програмного забезпечення та довідку по роботі. Навігація по меню реалізована за допомогою кнопок керування.

Висновок. Розроблені авторами програмно-апаратні засоби концентратора дозволять користувачу в легкій та зручній формі в польових умовах перевірити стан бездротової сенсорної мережі або окремого вимірювального вузла, задати режими вимірювання, отримати дані вимірювання від координатора, а також здійснити обробку отриманих даних та вивести їх на дисплей в зручній для користувача формі. Інформація про стан розподіленого біологічного об'єкта далі передається за допомогою радіоканалу на вищій рівень системи для подальшої обробки та прийняття рішень.

1. *Брайко Ю.А., Имамудинова Р.Г.* Основні системні вимоги до інтелектуальних приладів, методологія їх проектування. *Комп'ютерні засоби, системи та мережі.* 2013. № 12. С. 73–82.
2. *Палагін О.В., Брайко Ю.О., Галелюка І.Б. та інші.* Структурна організація віртуальної лабораторії для проектування засобів обчислювальної техніки. *Комп'ютерні засоби, системи та мережі.* 2005. № 4. С. 47–56.
3. *Брайко Ю.А., Имамудинова Р.Г.* Проектирование интеллектуальных приборов для систем экологического и промышленного мониторинга. *Комп'ютерні засоби, системи та мережі.* 2007. № 6. С. 133–139.
4. <http://www2.keil.com/mdk5/uvision>.
5. <https://www.iar.com/iar-embedded-workbench>.
6. http://infocenter.arm.com/help/topic/com.arm.doc.dui0330d/DUI0330D_eclipse_user_guide.pdf.
7. <https://www.lpcware.com/lpcxpresso>.

Одержано 26.09.2016