

Розробка теоретичних основ побудови сенсорних мереж на основі сучасних інформаційних і нано-мікро технологій

Разработка теоретических основ построения сенсорных сетей на основе современных информационных и нано- микро технологий

Development of the theory of construction the sensors systems end using the IP end the nano-microtechnologie.

- 1. Номер державної реєстрації теми - 0108U000401.**
- 2. Науковий керівник**-д.т.н., проф. Гераїмчук М.Д., Гераїмчук М.Д., Geraimchuk M. D.
- 3. Суть розробки, основні результати.**

Розроблені основи побудови мікросенсорних безпроводових мереж моніторингу зовнішнього середовища. Показано, що побудова безпроводових сенсорних мереж (Wireless Sensor Network - WSN) ґрунтується на використанні передових технологій в трьох різних дослідницьких галузях: сенсорне сприйняття, комунікації і комп'ютерна обробка і базується на використанні трьох архітектур їх побудови: mesh-архітектура мережі, яка являє собою динамічну повнодоступну вузлову структуру з самоорганізацією (типу "багатоточка - багатоточка"); ad hoc-архітектура, в якій використовується так звана багатоланкова (multihop) передача за участю проміжних сусідніх вузлів і гібридна безпроводова архітектура.

Показано, що сучасні сенсорні мережі контролю забруднення зовнішнього середовища і моніторингу стану різних об'єктів можна розглядати як локальні комп'ютерні мережі, які об'єднують віддалені мікропроцесорні інтегральні платформи. Локальні мережі дають можливість отримувати інформацію про стан об'єктів моніторингу на великій відстані (сотні метрів, одиниці-десятки кілометрів). Технології локальних мереж з успіхом використовуються на відстанях до декількох десятків кілометрів. Визначено, що серед локальних мереж широкого розповсюдження отримала технологія безпроводових локальних обчислювальних мереж (Wireless Local Area Network - WLAN), функціонування яких ґрунтується на протоколі IEEE 802.11. На фізичному рівні мереж WLAN стандартизовані три різних методи передачі даних, в двох з яких використовується діапазон радіочастот ISM - 2.400 ... 2.4835 ГГц. З деякими обмеженнями цей діапазон радіочастот доступний для користувачів всього світу і є прийнятним для побудови безпроводових сенсорних мереж моніторингу навколишнього середовища.

Досліджені особливості реалізації інформаційно-ефективної обробки, кодування та передачі даних у безпроводових сенсорних мережах. Показано, що на сучасному етапі розвитку сенсорних мереж актуальною проблемою є побудова ефективних універсальних безпроводових комп'ютерних мереж з урахуванням малих початкових та експлуатаційних капіталовкладень.

Розроблена математична модель об'єкта оперативного контролю сенсорною мережею забруднення і радіаційної обстановки, яка являється основою проектування сенсорних мереж, ідентифікації об'єкта і визначення його характеристик, що підлягають контролю. Отримана модель враховує характер гіпотези про закономірності, властивості об'єкта, що контролюється, і в наступному підлягає експериментальній перевірці. Розроблена методика визначення координат інтегральних платформ і центра джерела забруднення.

Показано, що побудова систем на основі концепції "система на кристалі" дозволяють з максимальною ефективністю вирішувати прикладні задачі розробки інтегральних платформ для конкретних сенсорних мереж оперативного моніторингу за рахунок високої оптимізації внутрішньої структури і відсутності надлишковості, характерних для систем, побудованих з універсальних компонент. Вони так же сприяють високій економічній ефективності, обумовленій зменшенням кількості компонент на платі, площі плати і енергоспоживання.

Показано, що основною проблемою розробки інтегральних платформ сенсорних мереж є інтеграція на ній вузлів обробки, передачі і прийняття даних з інших платформ з перетворювачами фізичних величин. Розроблена архітектура сенсорної платформи моніторингу зовнішнього середовища, яка включає блок чутливих елементів, які сприймають контролюємі параметри, процесор і комунікатор (передавач-приймач). Платформа забезпечується малогабаритним джерелом живлення (батареєю). У зв'язку з тим що сенсорні мережі використовуються для контролю і моніторингу на довгий проміжок часу (від одного до декількох років), передбачається система керування енергоспоживанням, що дозволяє в декілька раз зменшити споживання енергії. У більшості випадків зменшення споживання енергії досягається за рахунок зменшення споживання енергії окремими компонентами сенсорної платформи, а також вибором і оптимізацією режиму роботи платформи.

Показано, що використання мікро- і наноелектронних технологій є актуальним і перспективним, що дозволяє розробляти інтегральні платформи, які можуть мати незначні розміри і високі метрологічні параметри, а також малу вартість, що особливо важливо при побудові сенсорних мереж великого об'єму, які розгортаються при моніторингу великих територій.

Розглянуто особливості розробки перетворювачів (сенсорів) різних фізичних величин нового покоління з інтеграцією обчислювального перетворювача і блока бездротової передачі даних. Дані перетворювачі відносяться до вимірювально-обчислювальних перетворювачів і мають велике значення при побудові сенсорних мереж різного призначення.

Досліджена можливість використання мобільних і кишенькових комп'ютерів при знятті інформації про стан забруднення у зоні контролю, що є новим напрямком і дозволяє збільшити оперативність в оцінці обстановки, а також використання PC-104 у якості базової станції сенсорних мереж і можливості побудови на її основі інтегральних платформ оперативного моніторингу об'єктів. Розроблений макет сенсорної мережі на основі використання мікроконтролера з багатоканальним сігма-дельта АЦП ADuC845 з радіомодулем JN5139 фірми Jennic, а також макет системи моніторингу магнітного поля при визначенні наявності корисних копалин.

(рос.)

Разработаны основы построения микропроцессорных беспроводных сетей мониторинга внешней среды и состояния сложных объектов. Показано, что построение беспроводных сетей (Wireless Sensor Network - WSN) основано на использовании современных технологий в трех различных исследовательских областях: сенсоров, коммуникации и компьютерной обработки, которые используют для их построения: mesh-архитектуру, которая представляет динамическую узловую структуру с самоорганизацией (типа "множествоточек - множествоточек ") с полным доступом; ad hoc-архитектура, в которой используется многосвязная (multihop) передача с участием промежуточных соседних узлов и гибридная архитектура.

Показано, что данные сенсорные сети могут рассматриваться как локальные компьютерные сети, которые объединяют отдаленные микропроцессорные интегральные платформы. Они используются для получения информации на расстояниях до нескольких десятков километров. Определено, что среди локальных сетей более широко используется технология (Wireless Local Area Network - WLAN), основанная на протоколе IEEE 802.11. На физическом уровне сети WLAN имеют три разных метода передачи данных в двух из которых используется диапазон радиочастот ISM - 2.400 ... 2.4835 ГГц.

Исследованы особенности реализации информационно-эффективной обработки, кодирования и передачи данных в беспроводных сенсорных сетях. Показано, что на современном этапе развития сетей актуальной проблемой является построение эффективных универсальных сетей с учетом небольших начальных та эксплуатационных капиталовложений.

Разработана математическая модель объекта оперативного контроля. Показано, что построение систем на основе концепции "система на кристалле" даёт возможность с максимальной эффективностью решать прикладные задачи разработки интегральных платформ для конкретных сенсорных сетей оперативного мониторинга. Показано, что основной проблемой разработки интегральных платформ есть интеграция на ней узлов обработки, передачи и приема данных с других платформ с преобразователями физических величин. Разработана архитектура сенсорной платформы, проанализирована система управления энергопотреблением. Показано, что использование микро- и нанoeлектронных технологий является актуальным и перспективным.

Рассмотрены особенности разработки преобразователей (сенсоров) разных физических величин нового поколения с интеграцией вычислительного блока и блоку передачи данных. Исследована возможность использования мобильных и карманных компьютеров для снятия информации с интегральных платформ про состояние загрязнения, что позволяет увеличить оперативность оценки обстановки, а также использование PC-104 в качестве базовой станции сенсорных сетей и возможности построения на их базе интегральных платформ. Разработан также макет сенсорной сети на основе использования микроконтроллера с многоканальным сигма-дельта АЦП ADuC845 с радиомодулем JN5139 фирмы Jennic и макет системы мониторинга магнитного поля при определении подземных запасов.

(англ.)

The advent of nano-technology and advances in communications has made it technologically feasible and economically viable to develop low-power devices that integrate general-purpose computing with multi-purpose sensing and wireless communications capabilities. It is expected that sensor networks will have a significant impact on a wide array of applications ranging to scientific, to industrial, to health-care, to domestic, to environmental.

As new fabrication and integration technologies reduce the cost and size of micro-sensors and wireless interfaces, it becomes feasible to deploy densely distributed wireless networks of sensors and actuators. These systems promise to revolutionize environmental monitoring applications, providing data at granularities unrealizable by other means. In addition to the challenges of miniaturization, new system architectures and new network algorithms must be developed to transform the vast quantity of raw sensor data into a manageable stream of high-level data.

In this the rapport we propose the researchers the sensor networks end the sensor node, the integrated sensor platform of environmental monitoring applications. We proposed the new methodology for developing the sensor networks end new module a radio networks interface end the system for environmental monitoring magnetique in soil.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

Патент на корисну модель знаходиться в процесі оформлення.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Робота виконана на рівні світових стандартів у заданій галузі і її результати відповідають світовому рівню, а також запропоновані конкурентоспроможні методи, алгоритми побудови сенсорних мереж на основі сучасних інформаційних і нано-мікро технологій моніторингу навколишнього середовища. Це дозволить побудову ефективних безпроводових сенсорних мереж різного призначення.

6. Економічна привабливість для просування на ринок.

Економічна привабливість безпроводових сенсорних мереж оперативного моніторингу зовнішнього середовища пояснюється низькою собівартістю і можливістю тиражування в великих об'ємах. Застосування розроблених основ проектування бездротових мереж, а також запропонованих конкурентоспроможних

методів і алгоритмів побудови сенсорних мереж на основі сучасних інформаційних і нано-мікро технологій дозволить:

- побудову ефективних безпроводових мікросенсорних мереж різного призначення, де звичайні мережі не можливо використовувати для оперативного моніторингу забруднення (оперативного отримання даних), стану об'єктів тощо;
- зменшити витрати на їх побудову, особливо це стосується мереж для моніторингу великих просторів;
- зменшити витрати на проектування і виготовлення інтегральних платформ, за рахунок використання мікро і нанотехнологій (технологій інтеграції елементів на кристалі).

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).

Вищі приладобудівні навчальні заклади України, міністерство екології, а також машинобудівні і приладобудівні заводи: "Арсенал", "Петровского", "Артема" та ін.

8. Стан готовності розробки.

Розроблені основи побудови мікросенсорних безпроводових мереж моніторингу зовнішнього середовища. Запропонована методика реалізації інформаційно-ефективної обробки, кодування та передачі даних у безпроводових сенсорних мережах. Розроблена методика мінімізації енергоспоживання у сенсорних мережах і в інтегральних платформах. Розроблена математична модель об'єкта оперативного контролю сенсорною мережею забруднення і радіаційної обстановки. Розроблений макет сенсорної мережі на основі використання мікроконтролера з багатоканальним сігма-дельта АЦП ADuC845 з радіомодулем JN5139 фірми Jennic і макет системи моніторингу магнітного поля при визначенні наявності корисних копалин.

Можлива розробка дослідно-промислових зразків безпроводових мереж моніторингу забруднення зовнішнього середовища, моніторингу стану складних об'єктів, нафтових транспортних мереж і моніторингу земних ресурсів, які можуть бути впроваджені у промислове виробництво.

9. Існуючі результати впровадження.

По результатам роботи розроблено і впроваджено у навчальний процес новий курс «Фізика мікро- та нанотехнологій» для студентів. Основні теоретичні основи побудови мікросенсорних безпроводових мереж моніторингу зовнішнього середовища впроваджені в три монографії.

10. Назва організації, телефон, E-mail

НТУУ"КПІ", приладобудівний факультет, кафедра приладобудування,
406-83-80, geraimchuk@kpi.ua

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Гераїмчук М.Д., Гераїмчук І.М. Нано і мікро технології в приладобудуванні. Монографія. Видавництво ЕКМА, К., 2008,- 91с.
2. Гераїмчук М.Д., Івахів О.В., Паламар М.І., Шевчук Б.М. Основи побудови перспективних безпроводових сенсорних мереж. Видавництво ЕКМА, монографія, К., 124 с.
3. Гераїмчук М.Д., Генкін О.М., Івахів О.В., Куреньов Ю.П., Мороженко О.В., Неводовський П.В., Петренко С.Ф. ЕЛЕМЕНТИ І СИСТЕМИ ПОЛЯРИЗАЦІЙНИХ ПРИЛАДІВ ДЛЯ КОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ. Монографія. К.: ЕКМО. 2009.- 188 с.
4. Гераїмчук М.Д., Гераїмчук І.М. МЕМС перетворювачі фізичних величин і їх проектування. Видавництво ЕКМА, К., 2010,- 71с. (Монографія у редакції).

5. Практичний курс програмування мовою асемблеру. Навчальний посібник./В.П.Зінченко, М.Д.Гераїмчук та інш. –К.: НТУУ «КПІ», 2008. 284 с.
6. Практикум по програмуванню мовою С++. Навчальний посібник. /В.П.Зінченко, М.Д.Гераїмчук та інш. –К.: НТУУ «КПІ», 2008. 216 с.
7. Kazachenko G., Geraimchuk M. The analysis of design features of elastic sensitive elements microelectromechanical accelerometers. X International PhD Workshop OWD 2008. Conference Archives PTETIS, vol. 25, 2008, p.393-396.
8. Гераїмчук І.М. ОСОБЛИВОСТІ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ ВИЩОЇ КВАЛІФІКАЦІЇ В ОБЛАСТІ МІКРОСИСТЕМНОЇ ТЕХНІКИ, НАНОТЕХНОЛОГІЙ, СХЕМОТЕХНІКИ. Збірник тез доповідей 9 Міжнародної н.-т. конференції "ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи, 27-28 квітня 2010 р., м. Київ, ПБФ, НТУУ"КПІ". - 2010.- с. 95-96.
9. Shalagatskyi V. E. Geraimchuk M. D. Features of nanomodeling in program nanoXplorer. XI International PhD Workshop OWD 2009. 17-20 Oktober. Conference Archives PTETIS, vol. 26, 2009, p.458-462.
10. Kozko K., Geraimchuk M. D. Wireless network of seismic activity monitoring. XII International PhD Workshop OWD 2010, 23-26 October 2010. Conference Archives PTETIS, vol. 26, 2010, p.222-224.
11. Генкін О.М., Генкін В.К., Гераїмчук М.Д.,Гермаш Л.П.,Невадовський П.В. Ширококутні еталонні випромінювачі для УФ-області на основі карбиду кремнію. Наукові вісті НТУУ «КПІ», 2008, № 8, с.20-26.
12. Шевчук Б.М., Гераїмчук М.Д. Математичне та техніко-економічне обґрунтування розробки інформаційно-ефективних об'єктних систем комп'ютерних мереж. Частина 1. Вісник НТУУ "КПІ". Серія ПРИЛАДОБУДУВАННЯ. - 2009. Вип. 37, с. 98-104.
13. Гераїмчук М.Д., Шевчук Б.М., Шупрова О.М., Лісовий К.В. Високоінформативні пристрої та об'єктні системи оперативного екомоніторингу довкілля. Збірник тез доповідей 7 н.-т. конференції «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи, 22-23 квітня 2008 р., м. Київ, ПБФ, НТУУ"КПІ". - 2008. с.115-116.
14. 64. Гераїмчук М.Д., Лісовий К.В. Розробка і дослідження сучасних сенсорних мереж оперативного контролю забруднення і радіаційної обстановки навколишнього середовища. Збірник тез доповідей 7 н.-т. конференції «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи, 22-23 квітня 2008 р., м. Київ, ПБФ, НТУУ"КПІ". - 2008. с.116-117.
15. Козаченко Г.А., Гераїмчук М.Д. Окремі питання технології виготовлення чутливих елементів МЕМС акселерометрів. Збірник тез доповідей 7 н.-т. конференції «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи, 22-23 квітня 2008 р., м. Київ, ПБФ, НТУУ"КПІ". - 2008. с.124.
16. Гераїмчук М.Д., Соколовська О.М. Сенсорні мережі на базі безпроводних технологій. Збірник тез доповідей 1 студентської н.-т. конференції «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи, 22-23 квітня 2008 р., м. Київ, ПБФ, НТУУ"КПІ". - 2008. с.41.
17. Оксютенко О., Гераїмчук М.Д. Дослідження впливу температури на параметри МЕМС - акселерометра. Збірник тез доповідей 11 науково-технічної конференції студентів та аспірантів «ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ», 10 квітня 2009 р., м. Київ, ПБФ, НТУУ"КПІ". - 2009. с.78.
18. Бутович К.О., Гераїмчук М.Д. Мікроелектромеханічні системи. Збірник тез доповідей 11 науково-технічної конференції студентів та аспірантів «ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ», 10 квітня 2009 р., м. Київ, ПБФ, НТУУ"КПІ". - 2009. с. 85.

19. Гераїмчук М.Д. Розробка інтегральних платформ для сучасних сенсорних мереж оперативного контролю забруднення навколишнього середовища. Збірник тез доповідей науково-технічної конференції викладачів, науковців, аспірантів, студентів ФАКС, 17-19 травня 2010 р., м.Київ, ФАКС, НТУУ «КПІ.» -2010.- с.44-45.
20. Гераїмчук М.Д. MEMS перетворювачі тиску для сенсорних мереж. Збірник тез доповідей науково-технічної конференції викладачів, науковців, аспірантів, студентів ФАКС, 17-19 травня 2010 р., м.Київ, ФАКС, НТУУ «КПІ.» -2010.- с.45-46.
21. М.Д. Гераїмчук, Б.М.Шевчук, Н.М. Токова. АРХІТЕКТУРА СУЧАСНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА. Збірник тез доповідей 9 Міжнародної н.-т. конференції «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи, 27-28 квітня 2010 р., м. Київ, ПБФ, НТУУ"КПІ"». - 2010.- с. 120-121.
22. Н.В.Nevodovskiy, А.В.Morozhenko, А.Р.Vidmachenko, М.Д.Geraimchuk, Kurenouov Y.P., E.V.Nevodovskiy UV-polarimeter for research of terrestrial stratospheric aerosols. NATO Advanced Study Institute on Special Detection Technique (Polarimetry) and Remote Sensing. Kyiv, Ukraine, 12–25 September, 2010. pp. 85.