

УДК 621.382+004.73

АВТОНОМНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПРИКОРДОННИХ ЗОН І ТЕРИТОРІЙ**Великжанін А.Ю., Скарга-Бандурова І.С.****AUTONOMOUS MONITORING SYSTEM FOR BORDER ZONES AND TERRITORIES****Velykzhanin A.Yu., Skarga-Bandurova I.S.**

Контроль і захист прикордонних зон і територій – складна задача, що потребує впровадження передових технологічних рішень, які мають поєднувати відповідність вимогам високої якості та низької вартості. В статті запропоноване нове рішення для контролю державних кордонів, яке являє собою сітчасту мережу, основна частина якої не потребує додаткових сенсорів та традиційних джерел живлення. Розглянуто основні принципи будови таких систем та вузлів.

Ключові слова: система контролю, прикордонна зона, сітчаста мережа, сенсор, енергоживлення

Задача контролю кордонів і прикордонних територій є проблемою митної та імміграційної служб. Однак через зростання незаконної контрабанди наркотиків, зброї, людей, а також ризиків тероризму, країни дедалі більше потребують ефективних засобів моніторингу. Захист міжнародного кордону – складна задача, яка потребує впровадження передових технологічних рішень, що мають бути ефективними з точки зору виконання основних функцій, чутливості, та надійності.

Питанням прикордонного нагляду за допомогою бездротових сенсорних мереж присвячено багато робіт [1-4]. Так в роботі [1] розглядається питання планування та енергоспоживання. В [2] пропонується підхід до контролю за допомогою алгоритму розподіленого прикордонного спостереження. Автори [3] пропонують розподіляти вузли за допомогою вимірювання рівня сигналу RSSI, що може скоротити енергоспоживання та підвищити надійність. Але завдання розробки системи контролю ще далеке від вирішення і, у першу чергу, потребує подальшого удосконалення в плані реалізації ефективного енергозбирання вузлами системи та мінімізації споживання енергії.

У цій роботі ми презентуємо сенсорну систему здібну до детектування людини, тварини, техніки, яка може бути встановлена навколо віддаленого об'єкту або уздовж усього кордону країни. Система

являє собою сітчасту мережу різноманітних вузлів-сенсорів, але від інших відомих систем [1-4] відрізняється тим, що не має допоміжних датчиків для детектування. У свою чергу, відсутність датчиків позитивно впливає на витрати ресурсу батареї живлення. На цей час саме ресурс батареї є основною технічною проблемою для широкого впровадження сенсорних систем та концепції інтернету речей. Цю проблему можливо розділити на дві взаємопов'язані частини: пошук відповідного джерела енергії батареї, та низька споживана потужність приладу [5]. Задача зайвої витрати енергії на віддалених контролюючих сенсорних системах може бути вирішена у декілька способів:

1) як вже було зазначено вище, треба позбутися «зайвих» компонентів системи – датчиків, тобто використовувати те, що вже маємо;

2) на вузлах мережі потрібно використовувати методи енергозбирання;

3) при проектуванні вузлів слід враховувати можливість використовувати мікроконтролери з низьким енерго-споживанням.

Більшість виробників має таку серію мікроконтролерів. Наприклад, у французько-італійського виробника STMicroelectronics є серія з індексом “L” (Low Energy), або мікроконтролери виробників Nordic Semiconductors (серії “nRF52”), також є серія “Zero Gecko” від виробника SiLabs. Окрім того, варто враховувати наявність таких режимів мікроконтролера у яких він споживає найменшу кількість енергії. 4) бажано щоб дизайн електронної схеми мікроконтролера являв собою систему на чипі. Важливою складовою є наявність бездротового інтерфейсу передачі даних у чипі, при цьому він також має бути енергоефективним. Це можуть бути технології Bluetooth LE, ANT+, ZigBee, NFC, IQRF, та інші. Для забезпечення надійності системи, вузли мережі потрібно дублювати, а також для живлення компонентів вузлів потрібно використовувати іоністори, літій-іонні ультра-конденсатори, електрохімічні супер-конденсатори,

оскільки вони витримують у десять разів більше циклів перезарядки аніж літій-іонні батареї, також, завдяки їм можливо збільшити робочий температурний діапазон пристрою.

Спираючись на приведені вище вимоги, а, також, на методи представлені у [6-7], були спроектовані вузли (рис. 1, 2) з яких формується сітчаста сенсорна мережа (рис. 3).

Два бездротових вузли системи формують стійку лінію зв'язку. Об'єкт, перетинаючи цю лінію, знижує потужність сигналу (RSSI), тим самим викликаючи можливість детектування незаконного перетину кордону. Система сигналізує про порушення на пульта оператора, оператором приймаються необхідні заходи.

Вузол-детектор (рис. 1) має складатися з декількох компонентів, а саме:

1) металевий корпус: має бути виготовлений з металу з великою теплопровідністю;

2) електронна частина системи: складається з мікроконтролера-передавача, енергозбираючої частини та батареї;

3) програмна частина вузла: має детектувати та визначати тип порушника.

Корпус складається з двох частин та має довжину в декілька метрів (рис.1). та збирається у місці, позначеному синім кольором. Також, у цьому місці розташовується елемент Пельтьє.

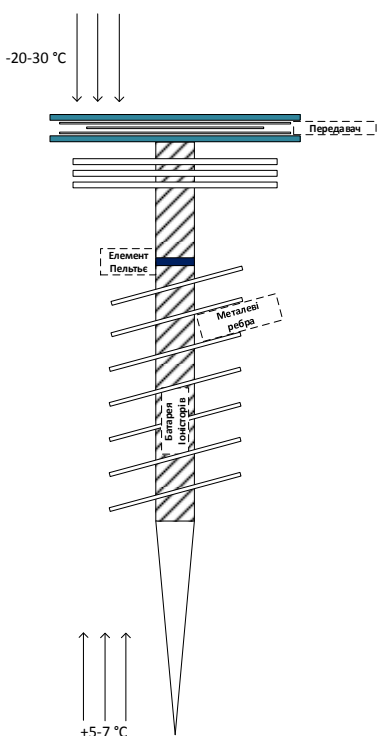


Рис.1. Вузол-детектор

Різниця між поверхнею та глибиною і є джерелом енергії приладу. Це так званий ефект Зеєбека, який полягає в тому, що у замкнутій ланцюзі, який складається з різних

провідників, виникає термоелектрорушійна сила (Т.е.р.с.), якщо на місцях контактів підтримувати різну температуру. Металеві ребра забезпечують більшу площу збирання тепла. А елемент Пельтьє його конвертацію в електричний струм. Батарея іоністорів слугує накопичувачем енергії та розташовується у нижній частині пристрою, задля підтримки постійної температури. Проміжною ланкою між цими двома вузлами є мікросхеми компанії Linear Technology. Але цієї енергії може бути недостатньо для живлення. Тому, також можливо використовувати методи збору радіочастотної електромагнітної енергії. Такі експерименти вже були проведені, зокрема, можливо виділити роботи [8-10]. У цих роботах вчені пропонують прилади для збирання електромагнітної радіочастотної енергії з навколишнього середовища. Наприклад, у роботі [10] пропонується ректенна для приладів збору енергії у частотному діапазоні GSM. Такого роду прилади можуть бути скомбіновані у системи, для накопичування енергії, усе залежить від обраного мікроконтролера. Пристрій будується на базі систем на чипі nRF52840. Цей чип має вбудований передавач, що працює на частоті 2.4 ГГц, який підтримує технологію Bluetooth 5.0 LE. Для більшої надійності пристрою його потрібно дублювати, та розташовувати чипи парами.

Декілька пристроїв розміщуються на ділянці землі та формують мережу. Але у цій мережі з'являються прогалини у вигляді сліпих зон (рис.3). Цю проблему можливо вирішити скомбінувавши два способи: використовувати алгоритми розміщення вузлів [3] та додати до системи датчики іншого типу, а саме датчики в яких відсутні елементи живлення та електронні компоненти (рис. 2а). Принцип роботи на якому він оснований був покладений ще радянськими вченими у приладі під назвою ендовібратор [11]. Пропонований пристрій працює за подібною схемою (рис. 2б).

Пристрій знаходиться під постійним випромінюванням передавачів і являє з себе короб з натискним механізмом. Короб закопаний у землю. Ступаючи (натискаючи) на механізм, пристрій приводиться у дію. Опускаючись, натискна частина передає роботу на антену. Антена представляє із себе диполь, нормально розімкнутий. Обертаючись, зубці замикають контакт між двома частинами антени, тим самим змінюючи її імпеданс. Ці зміни можуть бути зареєстровані приймачем.

Приймач та передавач знаходяться на основних вузлах системи, як це представлено на рис. 1. На кодованій передачі можуть бути відсутні зубці, тим самим, при обертанні контакти не будуть замкнуті. Завдяки цьому можливо кодувати послідовності у двійковій системі, тим самим з'являється можливість присвоїти кожному допоміжному вузлу системи свій унікальний ідентифікатор.

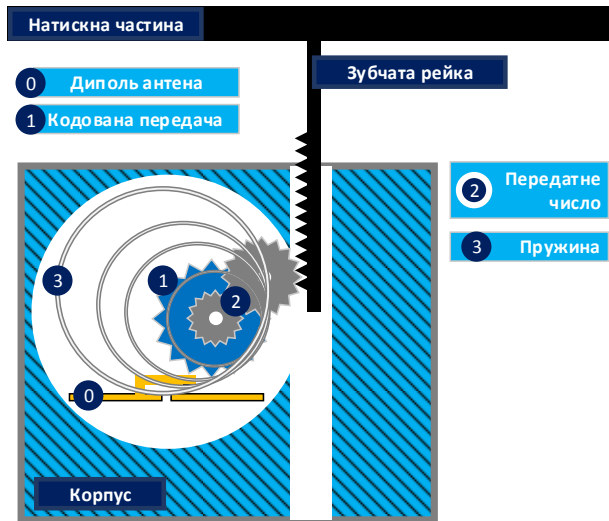


Рис. 2а. Датчик без джерела енергії

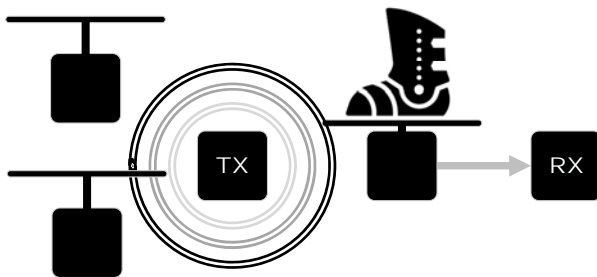


Рис. 2б. Принцип роботи датчику

Принцип роботи мережі зображений на рис. 3.

Основні датчики формують сітчасту мережу, до якої в будь якій точці може під'єднатися оператор. Мережа є неконтрольованою, оператор тільки отримує сповіщення, при перетині кордону, або відмові вузлів. Відмова вузлів також може бути своєрідним сигналом перетину, а саме “свідомством канарки”. Усі вузли системи мають бути розташовані по заздалегідь відомим GPS координатам.

Подальша робота полягає в розробці, та тестуванні мережі. Тестування системи включає в себе розробку мінімум трьох вузлів. Два основних і один додатковий. Для кожного основного вузла будуть перевірені параметри енергоспоживання і ефективності збору енергії. Для кожних двох вузлів, необхідно перевірити алгоритми детектування і розпізнавання об'єкта. Розробка додаткового вузла включає в себе перевірку рівня потужності сигналу при якому пристрій почне стабільно працювати.

Висновки. У статті представлений новітній метод до контролю пригранничного кордону. При цьому очікується що система розрахована на багаторічну роботу і не буде вимагати щоденного обслуговування. Передбачається, що всі вузли системи є автономними та самі формують мережу. Після тестування технічних характеристик системи, додатково, планується виконати економічні розрахунки.

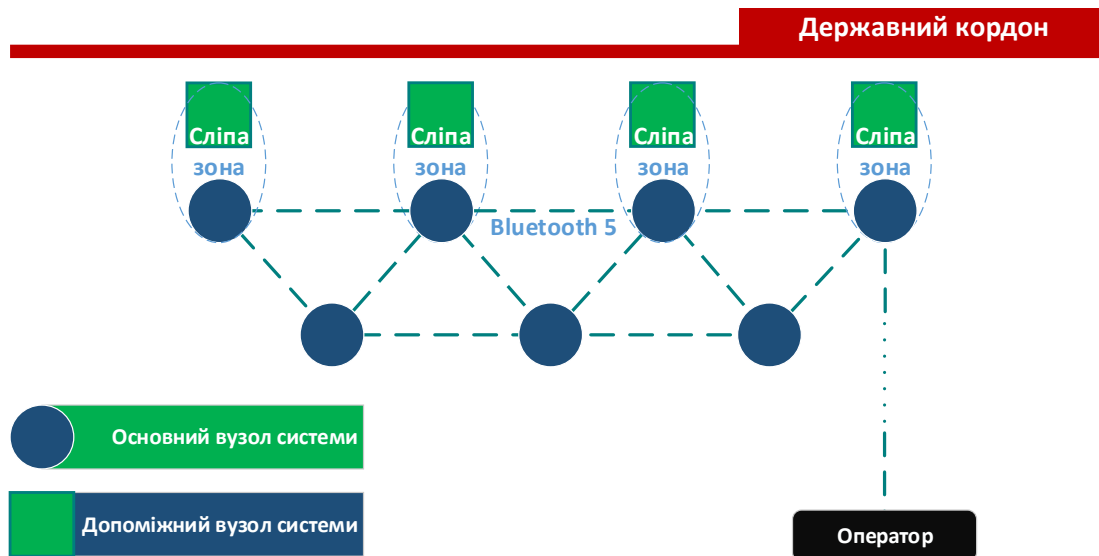


Рис. 3. Прикордонна сенсорна мережа

Література

- Hare, J., Gupta, S., & Wilson, J. (2015). Decentralized smart sensor scheduling for multiple target tracking for border surveillance. 2015 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA).
- Mostafaei, H. et al. "Border Surveillance With WSN Systems In A Distributed Manner". IEEE Systems Journal, vol 12, no. 4, 2018, pp. 3703-3712. Institute Of Electrical And Electronics Engineers (IEEE).
- Alkhathami, M., and Lubna A. "Border Surveillance Using Advanced Wireless Sensor Network". IIJEC, vol 3, no. 3, 2015, pp. 17-22., doi:10.13140/RG.2.1.2768.8484. Accessed 27 Dec 2018.
- Elkateeb, A. "Using Solar Units For Wireless Sensor Network Nodes Deployed At Remote Areas: Border Monitoring Application Example". IJARCCCE, vol 6, no. 4, 2017, pp. 1-5. Tejass Publishesers.
- Alkhathami, M.H. "Overview Of Border Control Using Wireless Sensor Network". International Journal Of Scientific And Engineering Research, vol 6, no. 3, 2015, pp. 768-772. IJSER Publishing.
- Banerjee, Arijit et al. "Through Wall People Localization Exploiting Radio Windows." arXiv.org. N. p., 2013. Web. 27 Dec. 2018.
- Iyer, V., Chan J., and Gollakota S. "3D Printing Wireless Connected Objects." ACM Transactions on Graphics 36.6 (2017): 1-13. Web. 27 Dec. 2018.
- Adami, S.-E. et al. "Ultra-Low Power, Low Voltage, Self-Powered Resonant DC-DC Converter For Energy Harvesting". Journal Of Low Power Electronics, vol 9, no. 1, 2013, pp. 103-117.
- Gudan, K., Chemishkian, S., Hull, J. J., Thomas, S. J., Ensworth, J., & Reynolds, M. S. (2014). A 2.4GHz ambient RF energy harvesting system with -20dBm minimum input power and NiMH battery storage. 2014 IEEE RFID Technology and Applications Conference (RFID-TA). doi:10.1109/rfid-ta.2014.6934191
- Ho, Dinh Khanh et al. "A Novel Dual-Band Rectenna For Ambient RF Energy Harvesting At GSM 900 Mhz And 1800 Mhz". Advances In Science, Technology And Engineering Systems Journal, vol 2, no. 3, 2017, pp. 612-616. ASTES Journal, doi:10.25046/aj020378.
- "Thing (Підслуховуючий Пристрій)." Uk.wikipedia.org. N. p., 2019. Web. 3 Jan. 2019.

References

- Hare, J., Gupta, S., & Wilson, J. (2015). Decentralized smart sensor scheduling for multiple target tracking for border surveillance. 2015 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). doi:10.1109/icra.2015.7139649
- Mostafaei, Habib et al. "Border Surveillance With WSN Systems In A Distributed Manner". IEEE Systems Journal, vol 12, no. 4, 2018, pp. 3703-3712. Institute Of Electrical And Electronics Engineers (IEEE), doi:10.1109/jsyst.2018.2794583.
- Alkhathami, Mosad, and Lubna Alazzawi. "Border Surveillance Using Advanced Wireless Sensor Network". IIJEC, vol 3, no. 3, 2015, pp. 17-22., doi:10.13140/RG.2.1.2768.8484. Accessed 27 Dec 2018.
- Elkateeb, Ali. "Using Solar Units For Wireless Sensor Network Nodes Deployed At Remote Areas: Border Monitoring Application Example". IJARCCCE, vol 6, no. 4, 2017, pp. 1-5. Tejass Publishesers, doi:10.17148/ijarccce.2017.6401.
- Alkhathami, Mosad H. "Overview Of Border Control Using Wireless Sensor Network". International Journal Of Scientific And Engineering Research, vol 6, no. 3, 2015,

- pp. 768-772. IJSER Publishing, doi:10.14299/ijser.2015.03.009.
- Banerjee, Arijit et al. "Through Wall People Localization Exploiting Radio Windows." arXiv.org. N. p., 2013. Web. 27 Dec. 2018.
- Iyer, V., Chan J., and Gollakota S. "3D Printing Wireless Connected Objects." ACM Transactions on Graphics 36.6 (2017): 1-13. Web. 27 Dec. 2018.
- Adami, S.-E. et al. "Ultra-Low Power, Low Voltage, Self-Powered Resonant DC-DC Converter For Energy Harvesting". Journal Of Low Power Electronics, vol 9, no. 1, 2013, pp. 103-117. American Scientific Publishers, doi:10.1166/jolpe.2013.1245.
- Gudan, K., Chemishkian, S., Hull, J. J., Thomas, S. J., Ensworth, J., & Reynolds, M. S. (2014). A 2.4GHz ambient RF energy harvesting system with -20dBm minimum input power and NiMH battery storage. 2014 IEEE RFID Technology and Applications Conference (RFID-TA). doi:10.1109/rfid-ta.2014.6934191
- Ho, Dinh Khanh et al. "A Novel Dual-Band Rectenna For Ambient RF Energy Harvesting At GSM 900 Mhz And 1800 Mhz". Advances In Science, Technology And Engineering Systems Journal, vol 2, no. 3, 2017, pp. 612-616. ASTES Journal, doi:10.25046/aj020378.
- "Thing" Uk.wikipedia.org. N. p., 2019. Web. 3 Jan. 2019.

Великжанин А.Ю., Скарга-Бандурова И.С., Автономная система мониторинга приграничных зон и территорий

Контроль и защита приграничных зон и территорий - сложная задача, требующая внедрения передовых технологических решений, которые должны сочетать соответствие требованиям высокого качества и низкой стоимости. В статье предложено новое решение для контроля государственных границ, которое представляет собой сетчатую сеть, основная часть которой не требует дополнительных сенсоров и традиционных источников питания. Рассмотрены основные принципы построения таких систем и узлов.

Ключевые слова: система контроля, пограничная зона, сетчатая сеть, сенсор, энергопитание

Velykzhanin A.Yu., Skarga-Bandurova I.S. Autonomous monitoring system for border zones and territories

Control and protection of border areas and territories is a complex task requiring the introduction of advanced technological solutions that must combine compliance with high quality and low cost requirements. The article proposes a new solution for controlling state borders, which is a mesh network, most of which does not require additional sensors and traditional power sources. The basic principles of building such systems and nodes are considered.

Keywords: control system, border zone, mesh network, sensor, power

Великжанин Артем Юрійович, аспірант кафедри комп'ютерних наук та інженерії Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, e-mail: revyter32@gmail.com

Скарга-Бандурова Інна Сергіївна, д.т.н., зав. кафедри комп'ютерних наук та інженерії Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, e-mail: skarga-bandurova@snu.edu.ua

Рецензент: д.т.н., проф. **Смолій В.М.**