

А.С. Дуднік, к.т.н., доц.
Київський національний університет ім. Т.Шевченка
В.П. Квасніков, д.т.н., проф.
Національний авіаційний університет

Модель сенсорного комп'ютеризованого приладу вимірювання відстані

Розроблено модель безпроводного сенсорного приладу вимірювання відстані між об'єктами з функцією підвищення якості передавання даних у зонах невпевненого прийому, яка містить сенсорний блок, що надає дані про результати вимірювань локації об'єктів, у яких вказується інформація про географічне положення, а також елемент живлення. Даний пристрій відрізняється тим, що сенсорний блок дає змогу надавати керуючому блоку дані про географічне положення, а також елемент живлення, що забезпечує автономність пристрою. Поставлена задача вирішується тим, що в безпроводний сенсорний прилад вимірювання відстані між об'єктами з функцією підвищення якості передавання даних у зонах невпевненого прийому, міститься сенсорний блок, що передає дані вимірювання на керуючий блок, який генерує повідомлення; в ньому вказується інформація про географічне положення та якість сигналу, здійснюючи зворотній зв'язок, згідно з винаходом, введено сенсорний блок визначення координат, який включений до керуючого блоку, а також елемент живлення, що теж включений до керуючого блоку. Вперше розроблено модель безпроводного сенсорного приладу вимірювання відстані між об'єктами з функцією підвищення якості передавання даних у зонах невпевненого прийому, яка містить сенсорний блок, що надає дані про результати вимірювань локації об'єктів, у яких вказується інформація про географічне положення, а також елемент живлення. Введення в пристрій сенсорного блоку, та елемента живлення вигідно відрізняє запропонований пристрій підвищення, безпроводний сенсорний прилад вимірювання відстані між об'єктами з функцією підвищення якості передавання даних у зонах невпевненого прийому від прототипу, оскільки в прототипі відбувається лише прийняття рішення про зміну умов передавання даних за необхідністю. У запропонованому пристрої, крім знаходження оптимальних рішень для подальшого передавання даних, також відбувається збір даних про положення даного сенсорного приладу відносно інших, що дає змогу вимірювати відстань між об'єктами мережі, а також містить елемент живлення, що робить його автономним пристроєм.

Ключові слова: безпроводна сенсорна мережа; локалізація; відстань; прилад; точність.

Вступ. Предмет дослідження: безпроводний сенсорний прилад вимірювання відстані між об'єктами з функцією підвищення якості передавання даних у зонах невпевненого прийому. Винахід належить до галузі вимірювальних пристроїв, які характеризуються використанням електричних або магнітних засобів і може бути використаний у пристроях для вимірювання відстані між об'єктами.

Методом дослідження є порівняльний аналіз існуючих мережевих приладів з розробленим, а також математичне моделювання.

Метою дослідження є розробка структурної схеми приладу вимірювання відстані та його математичної моделі.

Аналіз останніх досліджень. Відомий пристрій для реконфігурації у бездротовій системі [11] використовується для вдосконалення підтримки працездатності сигнального з'єднання між об'єктами.

Даний пристрій не може здійснювати реконфігурацію радіоканалу без відповідного на це повідомлення та вимірювати відстань між об'єктами.

Інший відомий пристрій бездротового передавання даних є пристрій [10], який використовується для забезпечення зворотного зв'язку з визначенням якості каналу у бездротовій мережі передавання на декількох несучих частотах.

Цей передавач містить контролер, що генерує повідомлення, в якому вказується інформація про якість сигналу, здійснюючи зворотній зв'язок.

Під час роботи цього пристрою забезпечується лише передавання повідомлення про якість каналу, але він не містить функцію визначення координат (вимірювання відстані), та не здійснюється прийняття рішення щодо покращення якості передавання даних.

З відомих пристроїв бездротового передавання даних найбільш близьким за технічною суттю до винаходу є пристрій [9], який містить основний блок – аналізатор сигналу, використовуючи дані блоку інтерфейсу фізичного рівня OSI, дозволяє керуючому пристрою, розташованому на мережевому рівні OSI, приймати рішення про зміну умов передавання даних за необхідністю, але не містить функцію визначення власних координат та встановлення відстані до інших вузлів мережі та автономного живлення.

Викладення основного матеріалу. Задачею винаходу є збір інформації про географічне положення сенсорного приладу відносно інших та про стан передавання даних у безпроводній сенсорній мережі та вжитих заходів щодо покращення даного процесу. Це здійснюється шляхом комплексного застосування алгоритмів локалізації, аналізу якості сигналу, моніторингу трафіку, аутентифікації даних та реконфігурації параметрів мережі.

$$PL(d) = \frac{P_t}{P_r(d)}, \quad (3)$$

$$PL(d) = \left(\frac{(4\pi d_0)^2 L}{G_t G_r \lambda^2} \right) \left(\frac{d}{d_0} \right)^2. \quad (4)$$

Цьому методу властивий ряд істотних обмежень, оскільки рівень сигналу є дуже мінливим параметром через вплив таких чинників:

- швидкі і повільні затухання сигналів на шляху за зміни умов поширення радіохвиль;
- багатопрореневе поширення, внаслідок віддзеркалень від різних металевих предметів; розкид вихідної потужності передавачів і чутливості приймачів;
- вплив орієнтації антен за нерівномірності діаграми спрямованості.

Також даний метод, як і інші, має певні переваги і недоліки. Основна перевага – низька ціна, тому що більшість одержувачів здатна до оцінки отриманої сили сигналу.

Недолік цього методу – те, що це дуже підпорядковано спотворенням і втручанням, що призводить до вищих погрішностей на оцінках відстані. Деякі експерименти, помилки показу від 2 до 3 м у сценаріях, куди всі вузли поміщені в поле площини, 1.5 м від основи, і з діапазоном комунікації 10 м [8, 7].

Керуючий блок 1 здійснює керування живлення, а також надсилає команду про відправку пакета та сам пакет, що містить результати вимірювань, передані сенсорним блоком 8, що надійшли від сенсорного блоку, на модуль підрівня LLC каналного рівня моделі OSI 2. У даному модулі через блок хост-інтерфейсу 2.1, пройшовши відповідні перетворення, за допомогою додатків даного модуля, пакет стає фреймом. Після чого вбудований мікроконтролер 2.2 передає фрейм до блоку додатку прийомо/передавача 2.3 та через блок шинного інтерфейсу 2.4 записує дані про стан передавання до пам'яті 3, де вони ще певний час зберігаються. Блок додатку прийомо/передавача 2.3 спрямовує фрейм до модуля підрівня MAC каналного рівня OSI 4.

У даному модулі контролер смуги частот 4.1 підбирає для даного фрейму оптимальний діапазон частот, та спрямовує фрейм до радіочастотного прийомо/передавача 4.2. У даному модулі відбувається як перетворення фрейму у електромагнітні коливання, так і їх модуляція, відповідно до вмісту фрейму.

Після цього коливання передаються до модулю фізичного рівня OSI 6, а інформація про підібраний блоком 4.1 діапазон частот передається до блоку автоматичного налаштування частоти 7. Блок 6.1 накладає електромагнітні коливання на частоту, яка налаштовується блоком автоматичного налаштування частоти 7. Коливання спрямовуються до антени 6.2, яка передає сигнал до радіоефіру.

Радіообмін відбувається у смузі частот 2400 – 2483,5 МГц ISM-діапазону. У радіотракті застосований метод розширення спектра шляхом імпульсної перебудови частоти (*FHSS – Fast rate frequency hopping*) і дворівнева частотна модуляція з фільтром Гауса (*GFSK – Gaussian Frequency Shift Keying*). Імпульс – моноцикл Гауса описується функцією (5) [1, 4, 6]:

$$V(t) = A \frac{\sqrt{2e}}{\tau} t e^{-(1/\tau)^2} \quad (5)$$

де A – амплітуда імпульсу; τ – часова константа, що характеризує затухання (тривалість імпульсу $2\pi\tau$). Спектральна щільність сигналу визначається функцією(6):

$$V(\omega) = A \omega \tau^2 \sqrt{2\pi e} \quad (6)$$

Центральна частота сигналу обчислюється за формулою:

$$f_c = 2\pi\tau \quad (7)$$

Метод частотних імпульсів передбачає, що вся відведена для передавання смуга частот ділиться на певну кількість підканалів шириною 1 МГц кожен. Канал являє собою псевдовипадкову послідовність імпульсів по 79 або 23 радіочастотних підканалів [2, 3].

Кожен канал поділяється на тимчасові сегменти тривалістю 625 мкс, причому кожному сегменту відповідає певний підканал. Передавач у кожен момент часу використовує лише один підканал. Ці імпульси здійснюються синхронно в передавачі і приймачі у заздалегідь зафіксованій псевдовипадковій послідовності.

За секунду може відбуватися до 1600 частотних імпульсів. Потужність передавача ділиться на 3 класи: 1) 100 мВт (20 дБм); 2) 2.5 мВт (4 дБм); 3) 1 мВт (0дБм). Такий метод забезпечує конфіденційність і деяку завадостійкість передавання.

Аналізатор сигналу 5 постійно відстежує інформацію про стан передавання даних. Він відсилає відповідні запити до інтерфейсу фізичного рівня 6.1 та отримує від нього інформацію про стан передавання даних.

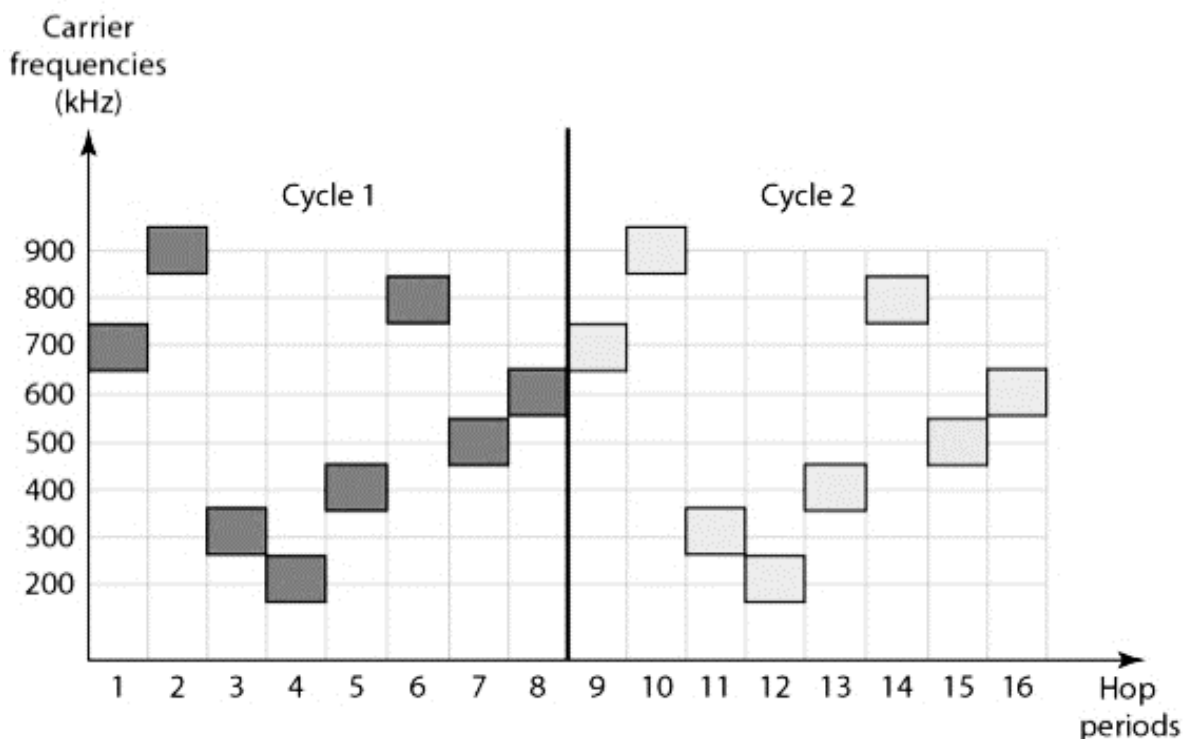


Рис. 2. Графік циклів алгоритму FHSS

Інформацію про стан передавання даних аналізатор сигналу 5 передає до керуючого пристрою 1, після чого відбувається прийняття рішення про зміну умов передавання даних за необхідністю, елемент живлення 9, через керуючий блок 1, здійснює живлення постійним електричним струмом безпроводний сенсорний прилад вимірювання відстані між об'єктами з функцією підвищення якості передавання даних у зонах невпевненого прийому, що забезпечує його автономність та функціональність впродовж тривалого періоду часу.

Висновки. Розроблено пристрій, що відрізняється тим, що сенсорний блок дає змогу надавати керуючому блоку дані про географічне положення, а також елемент живлення, що забезпечує автономність пристрою.

Запропоновано використовувати метод вимірювання відстані між об'єктами, на основі падіння рівня радіосигналу між сенсорами, в сенсорному комп'ютеризованому приладі вимірювання відстані.

Розглянуто застосування методу перебудови частоти (FHSS – Fast rate frequency hopping) і дворівневу частотну модуляцію з фільтром Гауса (GFSK – Gaussian Frequency Shift Keying), для радіообміну в безпроводній комп'ютеризованій сенсорній мережі вимірювання відстані між об'єктами.

Список використаної літератури:

1. Akyildiz I.F. Wireless sensor networks: a survey. *Computer Networks* / I.F. Akyildiz // *IEEE Communications Magazine*. – 2008. – P. 250.
2. Boukerche A. Towards an integrated solution for node localization and data routing in sensor networks / A.Boukerche, H.Oliveira // In *ISCC '17: 22th IEEE Symposium on Computers and Communications*. – Aveiro, Portugal. – July, 2017. – Pp. 449–454.
3. Boukerche A. A novel location-free greedy forward algorithm for wireless sensor networks / A.Boukerche, H.Oliveira, E.Nakamura // In *Proceedings of the 2008 IEEE International Conference on Communications (ICC 2008)*. – Beijing, China. – May, 2008.
4. Brooks R.R. *Multi-Sensor Fusion: Fundamentals and Applications* / R.R. Brooks, S.S. Iyengar / Prentice Hall ; Englewood Cliffs. – NJ., 2009. – P. 120.
5. Derivation of Friis Transmission Formula [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.antenna-theory.com/basics/friis.php>. The Friis Equation.
6. Hofmann-Wellenho B. *Global Positioning System: theory and Practice* / B.Hofmann-Wellenho, H.Lichtenegger, J.Collins. – 14th ed. – Berlin : Springer-Verlag, 2013.
7. Savvides A. Dynamic fine-grained localization in ad-hoc networks of sensors / A.Savvides, C.Han, M.Strivastava // In *7th ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking*. – Rome, Italy. – 2010. – Pp. 166–179.
8. Дуднік А.С. Аналіз методів вимірювання відстаней між об'єктами за допомогою сенсорних мереж / А.С. Дуднік // *Молодий вчений*. – 2018. – № 3. – Режим доступу : <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2018/3/49.pdf>.
9. Пат. 60400 Україна, МПК Н04В 7/005. Пристрій підвищення якості передавання даних в бездротових мережах в зонах невпевненого прийому або з недостатньою завадостійкістю / А.С. Дуднік, С.В. Шевцова, М.М. Яценко, О.О. Зубарева. – № u201007469 ; заявл. 15.06.10 ; опубл. 25.06.11, Бюл. № 12. – 4 с.
10. Пат. 2363104 РФ, МПК Н04В7/26. Устройство и способ, предназначенные для адаптивной обратной связи качества канала в беспроводной сети передачи на нескольких несущих / Ф.Кхан. – № 2008103825/09 ; заявл. 01.08.2006 ; опубл. 27.07.2009, Бюл. № 21. – 23 с.

11. Пат. 2384976 РФ, МПК H04W28/18. Способ и устройство для реконфигурации в беспроводной системе / Б.Себир, Х.Йокинен. – № 2007133327/09 ; заявл. 10.03.2009 ; опубл. 20.03.2010, Бюл. № 8. – 23 с.

References:

1. Akyildiz, I.F. (2008), «Wireless sensor networks: a survey. Computer Networks», *IEEE Communications Magazine*, P. 250.
2. Boukerche, A. and Oliveira, H. (2017), «Towards an integrated solution for node localization and data routing in sensor networks», *22th IEEE Symposium on Computers and Communications*, in ISCC, from July, Aveiro, Portugal, pp. 449–454.
3. Boukerche, A., Oliveira, H. and Nakamura, E. (2008), «A novel location-free greedy forward algorithm for wireless sensor networks», *Proceedings of the 2008 IEEE International Conference on Communications*, in ICC, from May, Beijing, China.
4. Brooks, R.R. and Iyengar, S.S. (2009), *Multi-Sensor Fusion: Fundamentals and Applications*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., P. 120.
5. www.antenna-theory.com, «Derivation of Friis Transmission Formula. The Friis Equation», [On-line], available at: <http://www.antenna-theory.com/basics/friis.php>
6. Hofmann-Wellenho, B., Lichtenegger, H. and Collins, J. (2013), *Global Positioning System: theory and Practice*, 14th ed., Springer-Verlag, Berlin.
7. Savvides, A., Han, C. and Strivastava, M. (2010), «Dynamic fine-grained localization in ad-hoc networks of sensors», *7th ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking*, Rome, Italy, pp. 166–179.
8. Dudnik, A.S. (2018), «Analiz metodiv vymirjuvannja vidstanej mizh ob'ektamy za dopomogoju sensornyh mrezh», *Molodyj vchenyj*, No. 3, [On-line], available at: <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2018/3/49.pdf>
9. Dudnik, A.S., Shevcova, Je.V., Jacenko, M.M. and Zubareva, O.O. (2011), *Prystrij pidvyshhennja jakosti peredavannja danyh v bezdrotovyh mrezhah v zonah nevpevnenogo pryjomu abo z nedostatn'uju zavadostijkistju* [Device for improving the quality of data transmission in wireless networks in uncertain reception areas or with insufficient immunity] МПК N04V 7/005, No. u201007469, Ukrai'na, zajavl. vid 15 chervnja, opubl. vid 25 chervnja, Bjul. № 12, 4 p. Pat. 60400.
10. Khan, F. (2009), *Ustrojstvo i sposob, prednaznachennye dlja adaptivnoj obratnoj svyazi kachestva kanala v besprovodnoj seti peredachi na neskol'kih nesushhih* [An apparatus and method for adaptive channel quality feedback in a wireless multi-carrier transmission network] МПК H04B7/26, No. 2008103825/09, Rossijskaja Federacija, zajavl. ot 01 avgusta, opubl. ot 27 ijulja, Bjul. No. 21, 23 p., Pat. 2363104.
11. Sebir, B. and Jokinen, H. (2010), *Sposob i ustrojstvo dlja rekonfiguracii v besprovodnoj sisteme* [Method and device for reconfiguration in a wireless system] МПК H04W28/18, *Sposob i ustrojstvo dlja rekonfiguracii v besprovodnoj sisteme*, No. 2007133327/09, Rossijskaja Federacija, zajavl. ot 10 marta, opubl. ot 20 marta, Bjul. No. 8, 23 p., Pat. 2384976.

Дуднік Андрій Сергійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри мережевих та інтернет технологій Київського національного університету ім. Т.Шевченка.

Наукові інтереси:

- ком терні системи та компоненти;
- методи та прилади вимірювання механічних величин.

E-mail: a.s.dudnik@gmail.com.

Квасніков Володимир Павлович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій, заслужений метролог України.

Наукові інтереси:

- ком терні системи та компоненти;
- методи та прилади вимірювання механічних величин;
- методи та прилади вимірювання механічних величин.

E-mail: kvp@nau.edu.ua.

Стаття надійшла до редакції 18.04.2018.