

О.М. Безвесільна, д.т.н., проф.
К.С. Козько, магістрант

Національний технічний університет України «КПІ»

БЕЗДРОТОВА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СЕЙСМІЧНОЇ АКТИВНОСТІ

У статті запропоновано нову бездротову систему для спостереження за сейсмічною активністю та можливими природними катастрофами. Описано принцип дії бездротової територіально розподіленої системи. Зображено структурні схеми типових сенсорного вузла та базової станції, а також конструктивна електрична схема чутливого елемента вузла і частотних генераторів радіопередавальних пристроїв базової станції та сенсорного вузла, надано формулювання для розрахунку чутливого елемента сенсорного вузла.

Вступ. Сейсмічна активність є причиною багатьох природних катастроф, таких як землетруси, цунами та ін. Саме тому моніторинг сейсмічної активності є дуже важливою частиною у забезпеченні безпеки людей і соціальної інфраструктури. Використання системи моніторингу сейсмічної активності дозволяє виявити та попередити про небезпеку завчасно і, як наслідок, запобігти багатьом жертвам та значним матеріальним втратам.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На сьогоднішній день для створення подібних систем використовуються дротові мережі. Відома система збору сейсмічної інформації [1, 2] має велике енергоспоживання та низьку ефективність використання енергії, низьку мобільність та надійність роботи, високу собівартість системи та неможливість доступу до довільного модуля без послідовного опитування всіх модулів системи.

Постановка завдання. Поставлена задача вдосконалення системи збору сейсмічної інформації та моніторингу сейсмічної активності, у якій введення нових конструктивних елементів та зв'язків дозволило б: зменшити енергоспоживання, підвищити енергетичну незалежність системи та ефективність використання енергії, збільшити мобільність системи та надійність її роботи, знизити собівартість виготовлення та встановлення кожного окремого модуля, забезпечити доступ до модулів у довільному порядку.

Мета статті. Підвищити безпеку та якість моніторингу сейсмічної активності, а також забезпечити простоту і ефективність розгортання шляхом використання нової бездротової системи моніторингу сейсмічної активності.

Викладення основного матеріалу. Основні принципи роботи сенсорних мереж.

Бездротові сенсорні мережі мають значні переваги, порівняно з дротовими і можуть бути використаними у різноманітних сферах промислового та громадського застосування, таких як промисловий моніторинг та контроль, моніторинг машин та устаткування, моніторинг навколишнього середовища, автоматизація будинку і контроль руху та ін.

Бездротова сенсорна мережа складається з просторово-розділених вузлів, призначених для спільного контролю фізичних величин або параметрів навколишнього середовища, таких як температура, звук, вібрація, тиск та рівень забруднюючих речовин.

На додачу до одного чи декількох чутливих елементів, кожен вузол має радіочастотний передавач чи інший пристрій бездротового з'єднання, маленький мікроконтролер та джерело енергії, зазвичай, акумуляторну батарею. Сенсорний вузол може мати розміри від взуттєвої коробки до пилінки. Ціна сенсорного вузла також може змінюватися від сотень доларів до кількох центів, залежно від розміру інтегрованої платформи та складності вузлів. Розмір та ціна встановлюють граничні рамки властивостей сенсорного вузла, накладаючи обмеження на використовувані ресурси, такі як енергоспоживання, пам'ять, обчислювальні потужності та ширина каналу. У бездротових сенсорних мережах використовуються дві основні технології: зірка та коміркова мережа.

Зірка – це топологія з явно виділеним центром, до якого під'єднуються всі інші вузли. Весь обмін інформацією йде лише через базову станцію. У цьому випадку неможливо порівнювати такі різні елементи, як вузли та базові станції. Базова станція є найбільш потужною і відповідає за всі функції управління обміном даними. У мережі з топологією «зірка» неможливі конфлікти, тому що управління обміном є повністю централізованим.

У комірковій мережі кожен вузол є незалежним маршрутизатором, що може забезпечувати зв'язок без необхідності обов'язкового під'єднання до існуючої мережі. Це дозволяє отримати постійне з'єднання і перенаштування пошкоджених або заблокованих шляхів від вузла до вузла для досягнення місця призначення. Одним з недоліків такої мережі є знижена мобільність внаслідок обмеження мінімальної щільності мережі.

Враховуючи особливості топологій, про які говорилося вище та потреби, яким має задовольняти мережа, найкращим рішенням є використання як архітектуру системи топології «зірка».

Склад та принцип роботи запропонованої системи.

Система моніторингу складається з двох основних типів робочих елементів: сенсорний вузол (рис. 1) та базова станція (рис. 2).

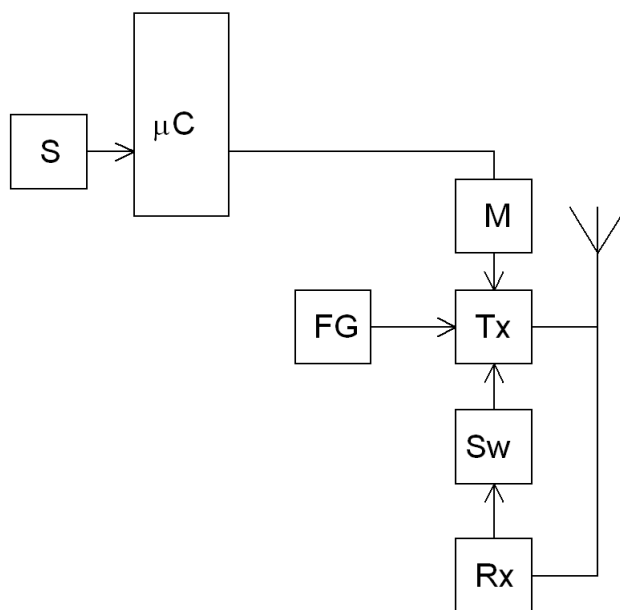


Рис. 1. Структурна схема сенсорного вузла

Сенсорний вузол (рис. 1) складається з сенсора S (рис. 3), мікроконтролера μC , частотного генератора FG [1] (рис. 4), модулятора M, електронного ключа Sw, радіопередавача Tx, радіоприймача Rx та антени.

Базова станція (рис. 2) складається з мікроконтролера μC , який може бути приєднаним до ПК за допомогою інтерфейсу USB, частотного генератора FG (рис. 5), модулятора M, радіопередавача Tx, радіоприймача Rx та антени.

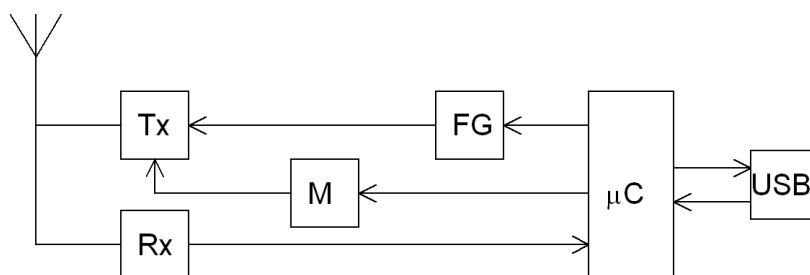


Рис. 2. Структурна схема базової станції

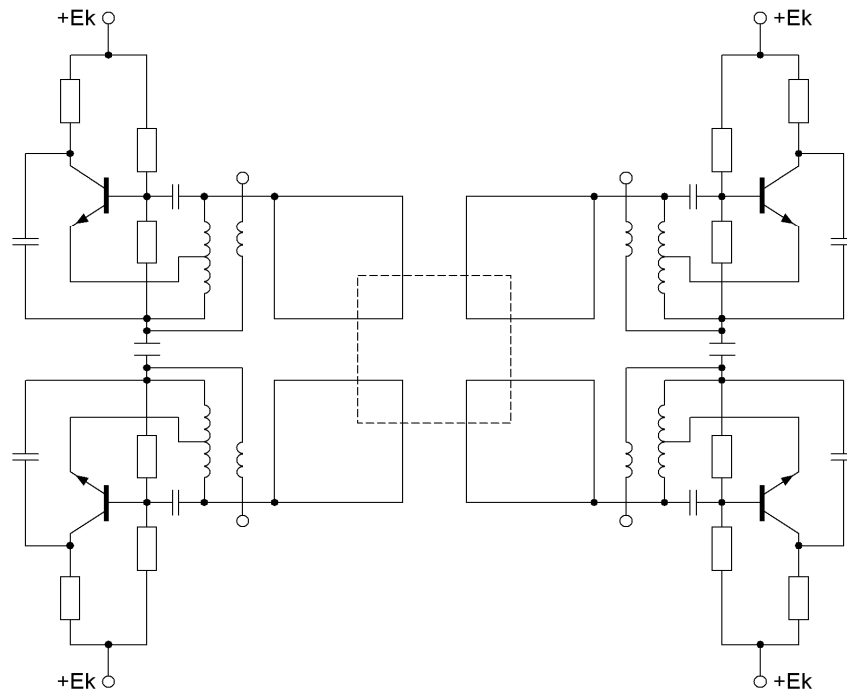


Рис. 3. Сенсор

Система працює таким чином.

Мікроконтролер базової станції (рис. 2) передає до частотного генератора (рис. 4) керуючу напругу, яка відповідає одному з сенсорних вузлів. У результаті варикап змінює ємність і, відповідно, змінюється генерована частота. На модулятор М подається контролюючий сигнал. Цей сигнал вмикає сенсорний вузол. Після модуляції результуючий сигнал іде на радіопередавач Tx, який передає сигнал на сенсорний вузол за допомогою радіоканалу.

Приймач Rx сенсорного вузла (рис. 1) має коливальний контур, який налаштований на певну частоту. Якщо сигнал, що передається з базової станції, відповідає частоті приймача, модульований сигнал іде з приймача на електронний ключ Sw, який вмикає вихідний каскад передавача Tx. Сенсор S, мікроконтролер μC , частотний генератор FG (рис. 3) і модулятор М працюють постійно. Коли вихідний каскад передавача Tx увімкнений, сенсорний вузол передає сигнал на базову станцію.

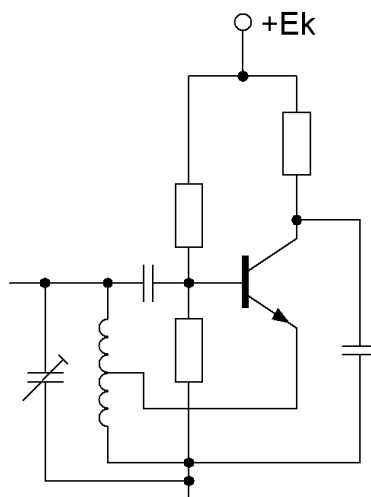


Рис. 4. Частотний генератор сенсорного вузла

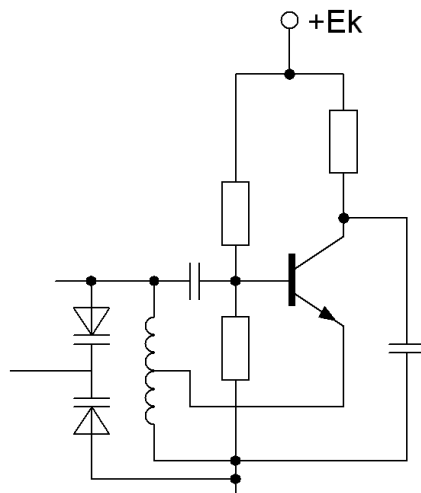


Рис. 5. Частотний генератор базової станції

Базова станція приймає сигнал з відповідного сенсорного вузла і змінює частоту передавача для перевірки наступного сенсорного вузла. Цикл продовжується доти, доки всі сенсори не будуть перевірені.

Сенсорний вузол працює за рахунок джерела живлення, яке складається з акумуляторної батареї та сонячного елемента, з'єднаних паралельно.

У випадку, коли відповідний сенсорний вузол не відповідає протягом певного часу, базова станція передає сигнал тривоги на ПК, який сповіщає про необхідність заміни сенсорного вузла. Якщо потужність сигналу, що приймається з сенсорного вузла, менша за мінімальну, базова станція передає сигнал тривоги, який сповіщає про необхідність діагностики сенсорного вузла.

Конструкція сенсора запропонованої мережі.

Датчик величини та напрямку прискорення (рис. 3) побудований на основі ємнісних перетворювачів. Значення величини прискорення у будь-якому напрямку знаходиться у межах $0 \dots 19,62 \text{ м/с}^2$. Напрямок визначається за допомогою використання диференціальної схеми.

Вихідною величиною, яка дає інформацію про величину та напрям прискорення, є частота коливального контуру. Щоб забезпечити вимірювання необхідних параметрів за трьома координатами, використовується 4 однакових генератори. Ємністю коливального контуру є система з двох послідовно з'єднаних конденсаторів, один з яких складається з нерухомої обкладки, витравленої на кремнієвій підкладці та рухомої обкладки; інший – з рухомої обкладки та кришки корпусу, яка є металевою. Між обкладками першого конденсатора знаходиться полімерний діелектрик, який виступає у ролі пружного елемента. Для правильної роботи всіх генераторів чотири нерухомі обкладки виготовлені на одній підкладці та розділені рівними проміжками. Між обкладками другого конденсатора знаходиться повітря.

Частота кожного коливального контуру буде дорівнювати:

$$f_i = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_i}}, i=1 \dots 4, \quad (1)$$

де L – індуктивність розділеної котушки; C_i – ємність відповідної системи конденсаторів, геометричні параметри якої змінюються під дією величини та напрямку прискорення і визначається за формулою:

$$C_i = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_n \varepsilon_d S_i S}{d_i S \varepsilon_n + \varepsilon_d S_i (b - d_i)}, i=1 \dots 4, \quad (2)$$

де S_i – площа обкладок відповідного першого конденсатора системи; d_i – відстань між обкладками відповідного першого конденсатора.

Висновки. Запропонована у статті бездротова система дозволяє: ефективно організувати моніторинг сейсмічної активності завдяки простоті розгортання та використання, а також надійності роботи; дає змогу розділити модулі та систему обробки інформації; забезпечує незалежність роботи кожного з модулів і системи обробки інформації один від одного; позбавляє від затрат на дротові з'єднання. Використання бездротового зв'язку та ключа, підключеного до приймача імпульсів, дозволяє забезпечувати доступ до модулів у довільному порядку, а використання мікропроцесора як блока керування дозволяє підвищити точність та швидкість. За необхідності можливо збільшити зону покриття системи за рахунок встановлення додаткових базових станцій, а також використання змішаної топології, яка містить зв'язки за допомогою топологій «зірка» та коміркова мережа.

Список використаної літератури:

1. *Хабловски И.* Электроника в вопросах и ответах : пер. с польск. / *И.Хабловски, В.Скулимовски* ; под ред. *В.И. Котикова*. – М. : Радио и связь, 1984. – 304 с.
2. *Безвесільна О.М.* Наукові дослідження в галузі вимірювання механічних величин : підручник / *О.М. Безвесільна, Г.С. Тимчик, Ю.О. Подчаїшинський*. – Житомир : ЖДТУ, 2011. – 876 с.

БЕЗВЕСІЛЬНА Олена Миколаївна – доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, професор кафедри приладобудування Приладобудівного факультету Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

– вимірювачі прискорень, вібрацій, сейсмічної активності.

Тел.: 236–09–26 (роб.).

E-mail: bezvesilna@mail.ru

КОЗЬКО Костянтин Сергійович – магістрант кафедри приладобудування Приладобудівного факультету Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

– акселерометри;

– системи діагностики вібрації.

Стаття надійшла до редакції 03.02.2012

Безвесільна О.М., Козько К.С. Бездротова система моніторингу сейсмічної активності
Безвесильная Е.Н., Козько К.С. Беспроводная система мониторинга сейсмической активности
Bezvesilna E., Kozko K. Wireless system for seismic activity monitoring

УДК 621.3.049.76

Беспроводная система мониторинга сейсмической активности / Е.Н. Безвесильная, К.С. Козько

В статье рассматриваются понятия и принципы работы сенсорных сетей, в частности такой, которая используется для наблюдения за сейсмической активностью и возможными природными бедствиями. Также описывается принцип действия беспроводной территориально разделенной системы, представленные структурные схемы типовых сенсорного узла и базовой станции, а также конструктивная электрическая схема чувствительного элемента узла и частотных генераторов радиопередающих устройств базовой станции и сенсорного узла, приводятся формулировки для расчета чувствительного элемента сенсорного узла.

УДК 621.3.049.76

Wireless system for seismic activity monitoring / E. Bezvesilna, K. Kozko

The article examines the concepts and principles of sensor networks operations, especially the one that is used to monitor seismic activity and potential natural disasters. It also describes the operating principle of the geographically distributed wireless system, represented by block diagrams of typical sensor nodes and base station, as well as constructive electrical circuit sensor node and the frequency generator radio transmissions the base station and sensor nodes, we formulate to calculate the touch sensor node.