

В качестве перспективы развития приложения можно добавить параметризацию запросов; более гибкое управление параметрами тестирования и клиентами; систему критериального выбора для результатов тестирования, которая бы позволяла выбирать оптимальную базу данных по заданным критериям отбора (например, специфические базы в различных отраслях промышленности, в том числе в горной промышленности). Такие доработки сделают инструмент более удобным и универсальным.

Список использованных источников

1. Мирошниченко Е.А. К формальному определению понятия “база данных” / Е.А. Мирошниченко // Журн. Проблемы информатики – 2011 – №2. – С. 83-87.
2. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных / К. Дж. Дейт. – М.: Вильямс, 2005. – 1328 с.
3. Когаловский М. Р. Энциклопедия технологий баз данных / М.Р. Когаловский. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 800 с.
4. Кузнецов С. Д. Основы баз данных / С.Д. Кузнецов. – М.: БИНОМ, 2007. – 484 с.
5. Кригель А. SQL. Библия пользователя. Язык запросов SQL / А. Кригель, Б.Труханов. – М.: Диалектика, 2009. – 752 с.

Рекомендовано до друку: д-ром техн. наук, проф. Переверзевим А.В.

УДК 621.396.4

*Ю.А. Паламарчук, Є.М. Сніжко, канд. техн. наук, Н.П. Боцьва, канд. біол. наук
(Україна, Дніпро, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара)*

ОПТИМІЗАЦІЯ ЧАСУ РОБОТИ АВТОНОМНИХ ВУЗЛІВ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ ДОВКІЛЛЯ

***Анотація.** Вирішення актуальної для гірничої сфери задачі підтримки безпечних умов праці персоналу можливо на базі бездротових сенсорних мереж автоматизованого контролю фізичних параметрів середовища в підземних виробках. Розглянуто побудову моделі та моделювання бездротової мережі з кластерною організацією у складі сенсорних вузлів, координаторів кластерів та базової станції. Розраховані параметри роботи мережі залежно від кількості вузлів та розташування базової станції. На основі проведених досліджень однорангових структур мереж з багатокроковими алгоритмами передачі даних показано, що кластерна організація мережі є більш ефективною за енергозбереженням та тривалістю роботи завдяки додатковому стисненню інформації при об'єднанні інформаційних потоків від елементів одного кластера.*

***Ключові слова:** бездротова сенсорна мережа, кластер, автоматизований контроль.*

***Аннотация.** Решение актуальной задачи поддержки безопасных условий труда персонала шахт возможно на базе беспроводных сенсорных сетей автоматизированного контроля физических параметров в подземных выработках. Рассмотрено построение модели и моделирование беспроводной сети с кластерной организацией в составе сенсорных узлов, координаторов кластеров и базовой станции. Рассчитаны параметры работы сети в зависимости от количества узлов и расположения базовой станции. На основе проведенных исследований одноранговых структур сетей с многошаговыми алгоритмами передачи данных показано, что кластерная организация сети является более эффективной по энергосбережению и продолжительности работы благодаря дополнительному сжатию информации при объединении информационных потоков от элементов одного кластера.*

***Ключевые слова:** беспроводная сенсорная сеть, кластер, автоматизированный контроль.*

***Abstract.** Solving the urgent task of the mining industry to support safe working conditions of personnel may be based on wireless sensory networks for automated control of physical parameters in underground workings. The construction of the model and wireless network modeling with cluster organization consisting of sensor nodes, cluster coordinators and base station are considered. The network parameters are calculated based on the number of nodes and the location of the base station. Based on peer-reviewed peer-to-peer network structures, it has been shown that network cluster organization is more effective in terms of energy saving and the duration of work due to the additional compression of information when combining information flows from elements of the same cluster.*

***Keywords:** wireless sensory network, cluster, automated control.*

Вступ

Для гірничої сфери сьогодні дуже актуальними залишаються створення та підтримка безпечних умов праці персоналу, що передбачає автоматизований контроль та поточний моніторинг у підземній виробці параметрів навколишнього середовища: тиску, температури, вібрації, газового складу повітря, сейсмічної активності, – а також своєчасне виявлення відмов промислового обладнання, систем сигналізації, вентиляції, освітленості та ін. Вирішення вказаних задач можливо на базі бездротових сенсорних мереж, які сьогодні є єдиною бездротовою технологією реального часу для забезпечення систем спостереження та контролю, критичних до часу роботи датчиків.

Галузі застосування бездротових мереж весь час розширюються завдяки декільком факторам: збільшенню номенклатури, покращенню характеристик та доступності нових типів датчиків для реєстрації у широких діапазонах фізичних величин у розподілених системах геофізичних, сейсмологічних досліджень, характеристик доквілля, концентрації газів на підприємствах гірничої та металургійної промисловості.

Об'єднані у бездротову мережу, датчики утворюють територіально-розподілену, здатну до самоорганізації систему збирання, обробки та передачі інформації, яку, окрім спостереження за параметрами фізичних середовищ, можна також використати для визначення місцезнаходження та пересування об'єктів, оскільки до складу таких мереж входять як статичні елементи, розташовані на певних місцях, так і динамічні, що переміщуються в залежності від поставлених задач. Такі мережі допомагають уникнути нещасних випадків та попередити про потенційно небезпечні події, вони корисні у складі шахтних комплексів аварійного зв'язку та під час організації та проведення аварійно рятувальних робіт.

Бездротові сенсорні мережі цілком працездатні у підземних умовах, але їх ефективність залежить від багатьох факторів, пов'язаних з часом роботи від автономних джерел живлення, оптимального розміщення на розподілених об'єктах, визначення точного абсолютного та взаємного розташування елементів, синхронізації всіх елементів, визначення алгоритмів передачі (маршрутизації) пакетів між окремими елементами, тому робота таких систем потребує оптимізації.

Основними елементами бездротових сенсорних мереж є вузли, які складаються з датчиків, мікрокомп'ютера, каналу радіозв'язку та системи автономного живлення. Вузли передають інформацію від датчиків на базову станцію, яка накопичує та передає дані для подальшої обробки. Одним із основних параметрів таких мереж є час автономної роботи вузлів, який залежить від декількох факторів: інтервалу реєстрації параметрів з датчиків, ступені обробки та стиснення інформації, відстані між вузлами, потужності радіопередавача, який визначається відстанню між вузлами та протоколами передачі даних у мережі. Встановлення оптимальної організації такої мережі може суттєво вплинути на час її автономного життя.

Бездротові сенсорні мережі використовують в основному радіозв'язок в діапазоні 2,4 ГГц, а саме протоколи ZigBee або малопотужний BLE (Bluetooth Low Energy). Організація мережі може бути однорідною, коли кожний вузол передає інформацію на базову станцію, або ієрархічною (кластерною), коли вузли об'єднані в групи та обмінюються інформацією через виділені вузли групи (координатори) (рис. 1).

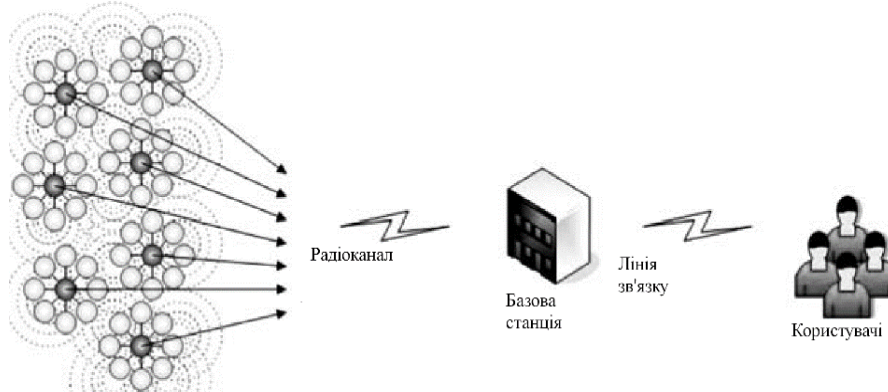


Рис. 1 Загальна схема передачі інформації від сенсорів до користувача [1]

В більшості випадків кластерна організація мережі дає значні переваги з точки зору часу її автономної роботи завдяки додатковому стисненню інформації, отриманої від вузлів одного кластера. Крім того, спрощується задача маршрутизації при багатокроковій передачі інформації від віддалених кластерів (рис. 2).

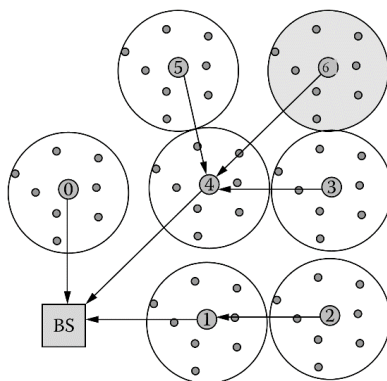


Рис. 2 Спрощена схема бездротової мережі з кластерною організацією, координаторами кластерів та базовою станцією (BS)

У діапазоні 2,4 ГГц радіохвилі розповсюджуються, в основному, в межах прямої видимості, тому багатокрокова передача є необхідною при невеликих розмірах антен та обмеженій потужності передавача, а також для економії витрат енергії. Для обчислення витрат енергії на радіозв'язок наведемо основні формули. Втрати електромагнітної енергії в умовах вільного простору описується відомою формулою

$$L_{free}(d) = \frac{1}{G_t G_r} \cdot \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2,$$

де G_t , G_r – коефіцієнти підсилення передавача та приймача, λ – довжина хвилі, d – відстань між приймачем та передавачем.

На жаль, припущення вільного простору не завжди виконується, тому що відбиття від ґрунту та окремих предметів, інтерференція хвиль можуть значно змінити картину. Такі явища будуть помітні, коли розмір перешкод перевищує 10 см на частоті радіоканалу 2,4 ГГц. Перешкоди не будуть значно впливати, коли вони розташовані поза зоною Френеля для даного каналу зв'язку. Втрату потужності сигналу в залежності від відстані звичайно описують степеневим законом (за шкалою у децибелах)

$$L_0(d) = k_0 + 10\alpha \log_{10} d,$$

де k_0 – втрати на відстані 1 м, α – коефіцієнт, який залежить від характеристик довкілля та звичайно лежить в межах від 2 до 4. Для діапазону 2,4 ГГц часто застосовується модель

$$L_0(d) = \begin{cases} 40.2 + 20 \log(d), & d \leq 8 \text{ m}, \\ 58.3 + 33 \log(d/8) & d > 8 \text{ m} \end{cases}$$

Така модель передбачає, що вузли знаходяться у зоні видимості перші 8 м [2].

Постановка задачі

Розглянуто побудову моделі та моделювання бездротової мережі з кластерною організацією, яка містить сенсорні вузли, координатори кластерів та базову станцію, що збирає інформацію від координаторів. Розраховані параметри роботи мережі, зокрема кількість переданих пакетів, час закінчення роботи першого вузла мережі, час закінчення роботи останнього вузла, сумарна енергія вузлів мережі, залежно від кількості вузлів та розташування базової станції.

Методика виконання роботи

На сьогодні відомо досить багато мережевих симуляторів. Одними з популярних продуктів є OPNET, OMNET++, NS2, NS3 [3-6]. Також існують вузькоспеціалізовані симулятори, створені лише для моделювання певного обладнання [7-10]. Як правило, подібне програмне забезпечення випускається виробниками телекомунікаційного обладнання. Серед спеціалізованих симуляторів можна відзначити симулятори Packet Tracer, створений компанією Cisco для емуляції маршрутизаторів Cisco, і GNS3, який є графічним інтерфейсом для симулятора Dynamics. Для дослідження моделей без прив'язки до конкретного обладнання доцільно використовувати відомий пакет Матлаб, який дозволяє провести кластерний аналіз мережі з виділенням координаторів кластерів, статистичне моделювання та аналіз результатів як у вигляді статистичних таблиць, так і графіків.

Програма створення моделі та імітації мережі розділена на декілька класів, що спрощує розуміння роботи алгоритмів:

- «start» – клас, що зберігає основні параметри для побудови мережі;
- «newNetwork» – клас, що описує алгоритм створення мережі заданої області;
- «newNodes» - клас, що описує алгоритм створення вузлів у заданій області;
- «newCluster» – клас, що описує алгоритм розрахунку нового кластеру;
- «clusterOptimum» – клас, що описує алгоритм вибору вузлів нового кластеру;
- «dissEnergyNonCH» – клас, що здійснює розрахунок витрат енергії звичайного вузла;
- «dissEnergyCH» – клас, що здійснює розрахунок витрат енергії координатора;
- «createfigure» – клас побудови вікна для графічного зображення параметрів мережі;
- «plotResults» – клас, що заносить дані до вікна графічного зображення параметрів.

Основні результати

При виконанні модельних експериментів вибрані такі вхідні параметри, які можна змінювати:

- область мережі, задається двома параметрами – довжиною та шириною області; модель не враховує можливі перепади висот;
- позиція базової станції, задається координатами;
- енергія всієї мережі;
- енергія, що витрачається звичайним вузлом для отримання даних;
- енергія, що витрачається координатором на передачу інформації на базову станцію;
- довжина пакета для отримання вузлом даних з датчиків;
- довжина пакета, що відправляється на базову станцію.

Проведено більше ста експериментів з дослідження поведінки мережі з використанням як реальних даних різних моделей датчиків, так і даних, основаних на припущеннях.

Основні параметри досліджуваних типів мереж наведені у табл. 1.

За результатами експериментів отримані залежності кількості пакетів, кількості непрацюючих вузлів та загальної енергії мережі (у відсотках від початкової) від кількості циклів моделювання (рис.3-5).

Таблиця 1

Основні параметри досліджуваних моделей сенсорних мереж		
Тип моделі	Кількість вузлів	Відстань базової станції від центра, м
A1	200	200
B1	500	200
C1	1000	200
A2	200	141
B2	500	141
C2	1000	141
A3	200	0
B3	500	0
C3	1000	0

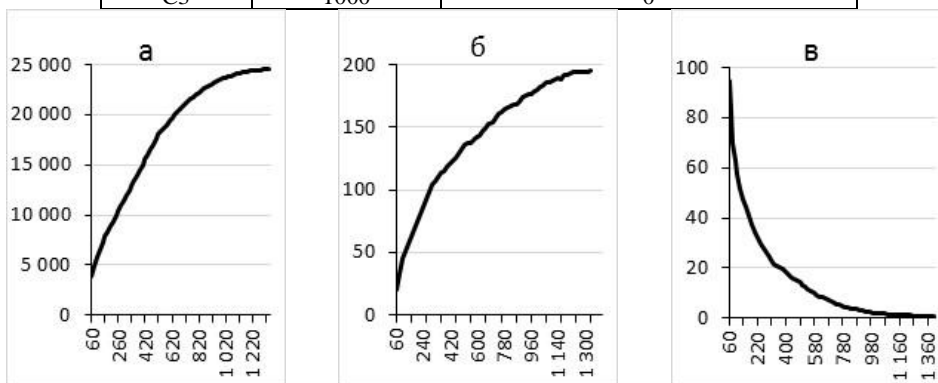


Рис. 3. Залежність кількості пакетів (а), непрацюючих вузлів (б) та загальної енергії мережі (в) від кількості циклів моделювання при кількості вузлів 200 на площі 200x200 м² з базовою станцією у центрі

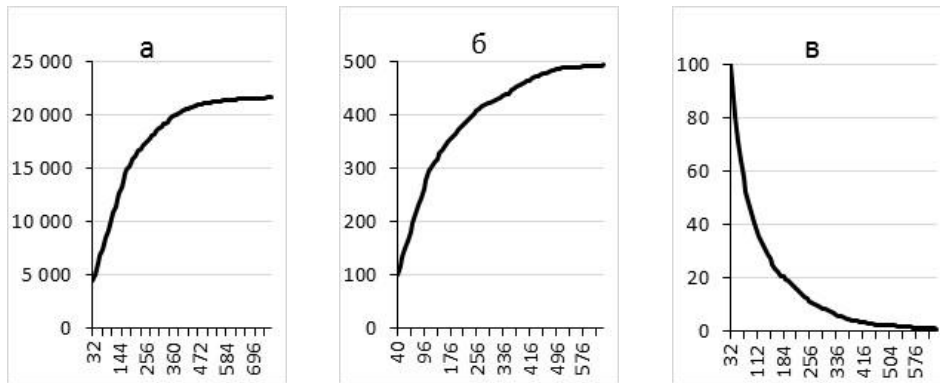


Рис. 4. Залежність кількості пакетів (а), непрацюючих вузлів (б) та загальної енергії мережі (в) від кількості циклів моделювання при кількості вузлів 500 на площі 200x200 м² з базовою станцією на відстані 200 м від центра

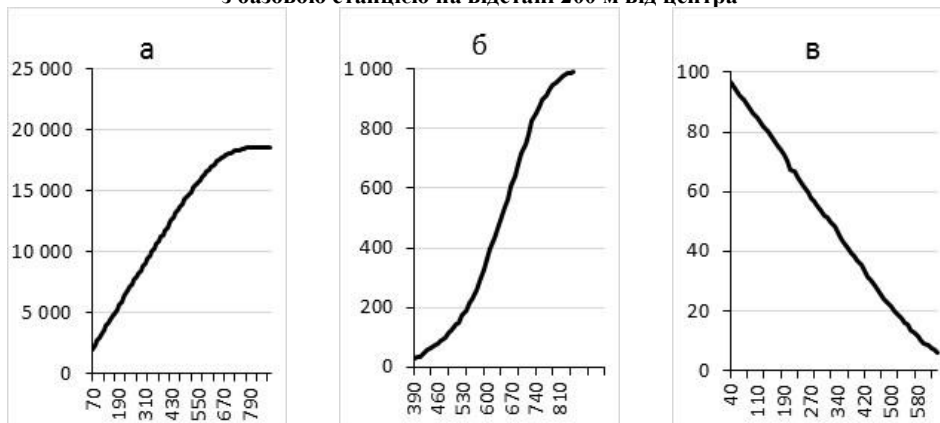


Рис. 5. Залежність кількості пакетів (а), непрацюючих вузлів (б) та загальної енергії мережі (в) від кількості циклів моделювання при кількості вузлів 1000 на площі 200x200 м² з базовою станцією на відстані 141 м від центра

Основні результати моделювання для зазначених вище параметрів наведені в табл.2

Таблиця 2

Результати моделювання для мереж з різною кількістю вузлів			
Тип моделі	Час роботи, циклів	Час відказу першого вузла, циклів	Кількість переданих пакетів *10 ³
A1	900	20	9,6
B1	800	15	27
C1	600	19	44
A2	1500	70	24,5
B2	1400	50	54
C2	900	20	88
A3	1900	450	56
B3	1500	400	112
C3	899	300	192

Отримані дані показують, як змінюються енергетичні характеристики та працездатність системи за різних умов, які найбільш важливі при побудові розподіленої системи з автономними вузлами.

Висновки

За результатами проведених модельних експериментів можна зробити такі висновки:

- збільшення кількості вузлів не покращує енергетичні показники мережі, тому для конкретної задачі потрібно визначити оптимальну для виконання поставленого завдання кількість вхідних даних;
- місце розташування базової станції грає значну роль, і якщо база знаходиться найближче до центру розгортання мережі, енергетичні показники мережі покращуються у кілька разів: по перше, збільшується час життя мереж, а по друге, закінчення роботи вузлів настає пізніше, що покращує покриття мережі і дає кращі результати при аналізі вимірюваних показників;

- за графіками витрат енергії з часом видно, що при розташуванні бази у центрі спостерігається більш рівномірна залежність використання енергії з часом, що є ознакою доцільного та ефективного використання енергії передавача.

Таким чином, на основі проведених досліджень однорангових структур мереж з багатокроковими алгоритмами передачі даних через радіоканал показано, що кластерна організація бездротової сенсорної мережі для систем автоматизації контролю даних про стан середовища є більш ефективною з точки зору енергозбереження та тривалості роботи, оскільки в ній можливо додаткове стиснення інформації за рахунок об'єднання інформаційних потоків від елементів одного кластера. Але вивчення таких систем потребує додаткових припущень про характер даних, що реєструються.

Список використаної літератури

1. Sarangapani O. Wireless Ad Hoc and Sensor Networks / O.Sarangapani. – CRC Press, 2007. – 486 p.
2. Verdone R. Wireless Sensor and Actuator Networks / R.Verdone, D.Dardari, G.Mazzini, A.Conti. – Academic Press, 2008. – 392 p.
3. Qing L. Design of a distributed energy-efficient clustering algorithm for heterogeneous wireless sensor network / L.Qing, Q.Zhu, M.Wang // Computer Communications. – 2006. – Vol. 29. – P. 2230-2237.
4. Jia J. Energy-balanced density control to avoid energy hole for wireless sensor networks / J.Jia, J.Chen, X.Wang, L.Zhao // International Journal of Distributed Sensor Networks. – 2012. – Vol. 20. – P. 112.
5. Tang X. Optimizing lifetime for continuous data aggregation with precision guarantees in wireless sensor networks / X. Tang, J. Xu // IEEE/ACM Transactions on Networking (TON). – 2008. – Vol. 16, N. 4. – P. 904-917.
6. Jia J. Exploiting sensor redistribution for eliminating the energy hole problem in mobile sensor networks / J.Jia, X.Wu, J.Chen, X.Wang // EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking. – 2012. – Vol. 2, N. 1. – P. 68.
7. Zhang H. Maintaining sensing coverage and connectivity in large sensor networks / H.Zhang, J.Hou // Ad Hoc & Sensor Wireless Networks. – 2005. – Vol. 1, N. 1-2. – P. 89-124.
8. Akyildiz I. A survey on sensor networks / I.Akyildiz, W.Su, Y.Sankarasubramaniam, E.Cayirci // Communications Magazine, IEEE. – 2002. – Vol. 40, N. 8. – P. 102-114.
9. Chen G. An unequal clusterbased routing protocol in wireless sensor networks / G.Chen, C.Li, M.Ye, J.Wu // Wireless Networks. – 2009. – Vol. 15, N. 2. – P. 193-207.
10. Li J. An analytical model for the energy hole problem in many-to-one sensor networks / J. Li, P.Mohapatra // IEEE Vehicular Technology Conference. – 2005. – Vol. 62. – P. 2721.

Рекомендовано до друку д-ром техн. наук, проф. Корчинським В.М.

УДК 681.518.54

Л.І. Мецераков, д-р техн. наук

(Україна, Дніпро, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет»)

ФОРМУВАННЯ БАЗОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ АГЕНТІВ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МУЛЬТІАГЕНТНІ СИСТЕМИ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ГІРНИЧИМИ АГРЕГАТАМИ

Анотація. Представлено формування різних інтелектуальних інформаційних агентів з супутніх сигналів через умовні моментні характеристики. Для розширення та поглиблення інформаційного забезпечення стратегічних та оперативних задач автоматизованих систем керування технологічних процесів гірничих електромеханічних комплексів пропонується використовувати інформаційні статистичні оцінки вимірюваних діагностичних сигналів типу умовна асиметрія та умовний ексцес. Обґрунтовано, що системи виміру при цьому за структурами “вхід-вихід” та “вхід-стан-вихід” являються у визначеній формі новими знаннями, які можуть бути використані в якості інформаційних сутностей при формуванні предметних галузей інтелектуальних мультиагентних систем підтримки прийняття рішень для задач автоматизованих систем керування в умовах невизначеності стану гірничих агрегатів.

Ключові слова: мультиагентні системи, сигнали, ідентифікація, агенти, умовна ймовірність.

Аннотация. Представлено формирование разных интеллектуальных информационных агентов из сопутствующих сигналов через условные моментные характеристики. Для расширения и углубления информационного обеспечения стратегических и оперативных задач автоматизированных систем управления технологических процессов горных электромеханических комплексов предлагается использовать информационные статистические оценки измеряемых диагностических сигналов типа условная асимметрия и условный эксцесс. Обосновано, что системы измерения при этом по структурам “вход-выход” и “вход-состояние-выход” являются в определенной форме новыми знаниями, которые могут