

Куценко С. В.,
канд. техн. наук, доцент кафедри пожежно-профілактичної роботи,
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
Національного університету цивільного захисту України, м. Черкаси, Україна;
kutsenkos@ukr.net

Мусієнко М. П.,
д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри інформаційних технологій
та програмних систем, Чорноморський державний університет імені Петра Могили,
м. Миколаїв, Україна;
musienko2001@ukr.net.

Малахов В. П.,
д-р техн. наук, професор,
Чорноморський державний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна;

Савінов В. Ю.,
викладач кафедри інформаційних технологій та програмних систем,
Чорноморський державний університет імені Петра Могили, Миколаїв, Україна
vortex3004@rambler.ru.

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОТРИВАЛОСТІ РОБОТИ АВТОНОМНОЖИВЛЮЄМИХ МОДУЛІВ БЕЗПРОВІДНИХ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ

У статті розглянуто задачу підвищення довготривалості роботи автономно-живлюємих модулів безпроводних пожежних сповіщувачів за рахунок оптимального масштабування частоти процесора вимірювального модуля. Розроблено математичну модель цієї системи, яка враховує обмежене енергоживлення даних систем. Проведений експеримент на базі датчиків температури із застосуванням технології безпроводної передачі даних ZigBee.

Ключові слова: пожежні сповіщувачі; випадкові задачі; процесор; автономне живлення.

Вступ

Забезпечення ефективної пожежної безпеки об'єктів і територій вимагає вирішення цілого комплексу завдань, зв'язаних як із участю людини, так і з наявністю автоматизованих систем пожежної безпеки. Останнім часом на ринку надання таких послуг запропоновано безліч рішень, що істотно відрізняються як апаратним забезпеченням, так і пов'язаними із цим функціональними можливостями комплексів, а, відповідно, і вартістю.

Для передачі інформації від пожежного сповіщувача до пульта управління використовують різні канали і технології передачі даних, як провідні (з використанням стандартів HPNA (Home Phoneline Networking Association), CEBus (Consumer Electronic Bus), EIB (European Installation Bus) та інші), так і канали радіозв'язку (з використанням протоколів WAP, GPRS, EDGE тощо) [1]. Перспективними є безпроводні технології, основними плюсами яких є висока швидкість розгортання мережі і встановлення датчиків, систем контролю і виконавчих механізмів, низька вартість робіт з монтажу устаткування, легка реконфігурація (безпроводні датчики можуть встановлюватися майже в будь-якому місці в межах чутливості приймача) [2].

У якості безпроводної технології найчастіше застосовують технологію GSM. Для передачі сигнальної інформації застосовують SMS та GPRS сервіси [3]. Проте такі сервіси не мають пріоритету в передачі даних (найвищий пріоритет у голосовому каналі CSD), а отже при великому навантаженні мережі можлива відсутність оперативної передачі сигнальної інформації, що є недопустимим у пожежних і охоронних системах.

Противагу GSM технології складають персональні технології, такі як Bluetooth, ZigBee тощо. Найпоширенішою в застосуванні у будівлях стає технологія ZigBee. ZigBee (IEEE 802.15.4) [2] – це стандарт для низькошвидкісних персональних мереж безпроводного зв'язку. Головними перевагами цієї технології є низьке енергоспоживання (що дозволяє автономно працювати модулю від батарейки впродовж кількох років), велика кількість модулів у мережі (до 65536 одиниць). Доступ до середовища здійснюється в частотних діапазонах, що не вимагають ліцензування. Ця технологія орієнтована, головним чином, на використання в якості зв'язку між автономними приладами і устаткуванням.

Отже, застосування технології ZigBee, як і інших подібних низькоживлювальних технологій, в якості

базової технології обміну інформації між пожежними сповіщувачами та модулями обробки інформації забезпечує довготривалу роботу віддаленого датчика (пожежного сповіщувача) від автономного батарейного живлення. Проте постійно зростаючі вимоги до збільшення часу довготривалості роботи віддаленого вузла комп'ютерної системи без заміни джерела живлення вимагає постійного вдосконалення подібних технічних рішень.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми

На сьогодні розробкою сучасних електронних пристроїв, у тому числі віддалених модулів комп'ютерних систем спеціального призначення (КССП), до яких відносяться системи виявлення пожежі, приділяється значна увага і цим питанням займається велика кількість вчених різних галузей: електроніки, пожежної автоматики тощо. Значущість цього питання зростає у зв'язку з тим, що з'являються нові джерела живлення, такі як живлення від енергії вимірюваного сигналу, хвилі радіофіру, а також у зв'язку з появою мікроконтролерів з низьким енергоспоживанням. У зв'язку з цим пошук рішень, спрямованих на зниження енергоспоживання віддалених модулів, займає одне з найголовніших місць в сучасних наукових дослідженнях.

Появу пожежі носить випадковий характер, отже питання розробки систем пожежної сигналізації можна розглядати як побудову комп'ютерно систем із вирішенням випадкових задач. Для зменшення енергоспоживання віддаленого модуля (пожежного сповіщувача) при вирішенні випадкових задач варто використовувати математичні моделі запропоновані в роботах [4; 5]. Суть їх полягає в тому, що математична модель КССП описується в першу чергу з точки зору параметрів завдань, що надійшли (наприклад, кількість інструкцій у задачі, потрібним часом для завершення завдання тощо); цільову функцію можна сформулювати таким чином: для вирішення завдання, що надійшли до модулю обирається мінімальна з дискретної множини частот, на які може переключатись мікропроцесор модулю, при цьому обраний режим роботи процесору повинен бути достатнім для розв'язання завдання.

Проте в цих наукових працях не розглядалися роботи модулів, зокрема, пожежних сповіщувачів, які можуть працювати при обмеженому енергозабезпеченні. Отже, це питання є актуальним і затребувальним і потребує відповідного дослідження.

Результати досліджень

Для підвищення ефективності використання енергоресурсів, а отже збільшення автономної роботи пожежних сповіщувачів, було розроблено математичну модель процесу функціонування віддаленого модулю при вирішенні випадкових завдань.

Для розробки моделі спочатку було сформульовано дві цільові функції:

- мінімізація енергоспоживання віддаленим модулем, при вирішенні випадкових задач, що надійшли (ціль 1);
- мінімізувати кількість задіяних ядер процесору віддаленого модулю для виконання завдання (ціль 2).

Коефіцієнт використання процесора k_i знаходиться з виразу:

$$k_i = \sum_{p=1}^i I_p / |t_i^{euk} - t_i^{dup}|,$$

де I_p – середня кількість інструкцій, необхідних для виконання p -го завдання, t_i^{euk} – час, що залишився для виконання p -ого завдання; t_i^{dup} – директивний термін, за умови, що завдання, що надійшли, виконуються без перевищення встановленого для цього часу S_{max} :

$$\sum_{p=1}^i I_p / |t_i^{euk} - t_i^{dup}| \leq S_{max}.$$

У ході експериментальної перевірки було встановлено, що перемикання частоти дає максимальний підсумковий приріст в енергоефективності, якщо різниця між часом для виконання і директивним терміном не менше 5 %:

$$|t_i^{euk} - t_i^{dup}| / t_i^{dup} \times 100\% \geq 5\%.$$

Частота процесору f_i віддаленого модулю при виконанні i -ої, а також обмеження на енергоспоживання буде визначатися згідно з роботою [6].

Цільова функція для цілі 1 має вигляд:

$$C \sum_{i=1}^k U_i^2 f_i \rightarrow \min,$$

де C – динамічна ємність; U_i^2 – напруга на кристалі процесору при виконанні i -ої роботи.

Значення продуктивності віддаленого модулю визначається з виразу:

$$V = \sum_{i=1}^n f_i \times K_i \times I_i$$

де K_i – кількість ядер, задіяних при вирішенні j -им модулем i -ого завдання; I_i – кількість оброблюваної інформації при вирішенні j -им модулем i -ого завдання.

Кількість ядер необхідних для вирішення завдання обирається таким чином (ціль 2):

$$K_i \rightarrow \max, \text{при } t_i^{dup} = \min_{i=1}^N (t_i^{dup}), K_i > 0, K_i \in \mathbb{N}$$

Отже, математична модель процесу функціонування віддаленого модулю при вирішенні випадкових задач:

$$\begin{cases} W^{zap} + W^{postup} - (W^{komn} + W^{pron}) > 0, \\ C \sum_{i=1}^k U_i^2 f_i \rightarrow \min, \text{при } f_i = \min_{z=1}^N \{r_z | r_z \geq \bar{r}_i\} \times f_{max}, \\ W_i^{pron} \leq W^{max} + W_i^{postup}, \\ k_i = \sum_{p=1}^i I_p / |t_i^{euk} - t_i^{dup}|, \text{при } \sum_{p=1}^i I_p / |t_i^{euk} - t_i^{dup}| \leq S_{max}, \\ |t_i^{euk} - t_i^{dup}| / t_i^{dup} \times 100\% \geq 5\%, \\ K_i \rightarrow \max, \text{при } t_i^{dup} = \min_{i=1}^N (t_i^{dup}), K_i > 0, K_i \in \mathbb{N}. \end{cases}$$

Отримані результати дослідження були перевірені на розробленій системі пожежної сигналізації, що побудована із застосуванням віддалених модулів на базі датчиків температури LM 19 та модулів бездротової передачі даних XBee ZigBee™ (2,4 GHz). Отримані дані від пожежних сповіщувачів передавалися на обробку на одноплатний комп'ютер Raspberry Pi Model B. Експериментально було встановлено, що зекономлена енергія при застосуванні запропонованого в роботі рішення може становити до 4 %.

Висновки

Отже, в роботі розроблена модель функціонування комп'ютерних систем пожежних сигналізацій із застосуванням безпроводних пожежних сповіщувачів з енергообмеженими вимірвальними модулями. Про-

ведений експеримент на базі датчиків температури із застосуванням технології безпроводної передачі даних ZigBee, що показав переваги запропонованої у роботі оптимізації енергоспоживання віддалених автономно-живлюємих модулів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Богданов С. В. Умный дом / С. Богданов. – СПб. : Наука и техника, 2003. – 112 с.
2. Мусиенко М. П. Томенко В. И. Выбор беспроводной технологии в автоматизированных системах передачи данных / М. П. Мусиенко, В. И. Томенко // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – Черкаси, ЧДТУ. – 2007. – № 3–4. – С. 164–169.
3. Погибелев Е. Разработка системы с беспроводной передачей данных для мониторинга обласного газового хазайства / Е. Погибелев // Новости электроники. – № 14. – 2007. – С. 22–26.
4. Бумагин А. Методы снижения энергопотребления в строго самосинхронных микропроцессорных схемах [Электронный ресурс] / А. Бумагин, Е. Гладкова, А Гондарь, М. Куляс, А. Руткевич, В. Стешенко, М. Тайлеб, Г. Шишкин // Электронный журнал компоненты и технологии. – Режим доступа : http://kit-e.ru/assets/files/pdf/2009_09_109.pdf. – 02.04.2012 г. – Название с экрана.
5. Kim, J.-K. Dynamic resource management in energy constrained heterogeneous computing systems using voltage scaling [Text] / J.-K. Kim, H. J. Siegel, A. A. Maciejewski, R. Eigenmann // IEEE Trans. on Parallel and Distrib. Syst. – 2008. – Vol. 19 (11). – P. 1445–1457.
6. Савинов В. Ю. Оптимальное энергоспоживання розподілених комп'ютерних систем з енергообмеженими вимірвальними модулями при вирішенні випадкових задач [Текст] / В. Ю. Савинов // Наукові праці ЧДУ ім. Петра Могили. – Серія: «Комп'ютерні технології». – Т. 229. – Миколаїв, 2013. – С. 5–8.

Куценко С. В., Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобилья Національного університету громадянської оборони України, г. Черкаси, Україна

Мусиенко М. П., Чорноморський державний університет імені Петра Могили, г. Николаев, Україна

Малахов В. П., Чорноморський державний університет імені Петра Могили, г. Николаев, Україна

Савинов В. Ю., Чорноморський державний університет імені Петра Могили, г. Николаев, Україна

ПОВЫШЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАБОТЫ АВТОНОМНО ПИТАЕМЫХ МОДУЛЕЙ БЕСПРОВОДНЫХ ПОЖАРНЫХ ОПОВЕСТИТЕЛЕЙ

В статье рассмотрена задача повышения продолжительности работы автономно питаемых модулей беспроводных пожарных известителей за счет оптимального масштабирования частоты процессора измерительного модуля. Разработана математическая модель этой системы, которая учитывает ограниченное энергопитание данных систем. Проведен эксперимент на базе датчиков температуры с применением технологии беспроводной передачи данных ZigBee.

Ключевые слова: пожарные оповестители; случайные задачи; процессор; автономное питание.

Kutsenko S. V., Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of the National University of Civil Defence of Ukraine, Cherkassy, Ukraine

Musienko M. P., Petro Mohyla Black Sea State University, Mikolaiv, Ukraine

Malakhov V. P., Petro Mohyla Black Sea State University, Mikolaiv, Ukraine

Savinov V. Yu., Petro Mohyla Black Sea State University, Mikolaiv, Ukraine

IMPROVING THE WORK DURATION OF THE AUTONOMOUSLY POWERED WIRELESS MODULES FIRE DETECTORS

The article considers the problem of increasing the work duration of the autonomously powered wireless modules fire detectors through optimal scaling CPU frequency of meter module. The mathematical model of this system, which records the systems' limited powering is designed. The experiment based on the temperature sensors by using wireless data transfer technologies ZigBee is done.

Key words: fire detectors; random tasks; a processor; self-powering.

© Куценко С. В., Мусиенко М. П.,
Малахов В. П., Савинов В. Ю., 2014

Дата надходження статті до редколегії 18.12.2014 р.