

Куценко С. В.,
канд. техн. наук, доцент,
Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля,
kutsenkos@ukr.net,
м. Черкаси, Україна,
Бакарджисв Р. О.,
канд. техн. наук, доцент,
Таврійський державний агротехнологічний університет,
м. Мелітополь, Україна,
brom@ukr.net
Корецька О. О.,
аспірант,
ЧНУ ім. Петра Могили,
м. Миколаїв, Україна,
alhimik1968@mail.ru
Мусієнко М. П.,
д-р техн. н., професор,
ЧНУ ім. Петра Могили,
м. Миколаїв, Україна,
musienko2001@ukr.net

МЕТОД РОЗМІЩЕННЯ СПОВІЩУВАЧІВ ПРОВІДНО-БЕЗПРОВІДНОЇ СИСТЕМИ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ ВСЕРЕДЕНІ БУДІВЛІ

У статті розглянутий розроблений метод розміщення пожежних сповіщувачів всередині будівлі для побудови ефективних провідно-безпровідних пожежних сигналізацій. Розроблено програмний продукт, в якому реалізовані отримані положення. Проведені підрахунки, які показали вираш у зменшенні кількості модулів при застосуванні запропонованого методу розміщення пожежних сповіщувачів.

Ключові слова: пожежний сповіщувач; стельові та настінні сповіщувачі; провідний та безпровідний зв'язок.

Вступ.

Забезпечення ефективної пожежної безпеки об'єктів і територій вимагає рішення цілого комплексу задач, що пов'язані як з участю людини, так і з наявністю автоматизованих систем охоронно-пожежної безпеки. Останнім часом на ринку надання послуг пожежного захисту запропоновано безліч рішень, що істотно відрізняються як апаратним забезпеченням, так і функціональними можливостями комплексів, а, відповідно, і вартістю.

В системі пожежної сигналізації всередині будівель важливою складовою є пожежні сповіщувачі (теплові, димові, іонізаційні, полум'я тощо). Більш ефективним є рішення застосування кількох таких сповіщувачів, які об'єднують у локальну мережу. В такому випадку одним з головних питань є фізична природа передачі інформації в мережі, яка може бути як провідною так і безпровідною. Останнім часом широкого розповсюдження набувають мережі другого типу: безпровідні. Вони мають багато переваг у порівнянні з провідними, серед яких висока швид-

кість розгортання мережі і встановлення сповіщувачів, систем контролю і виконавчих механізмів, низька вартість робіт по монтажу устаткування, легка реконфігурація тощо [1, 2]. В якості прикладу безпровідних систем пожежної охорони можна назвати такі системи, що представлені на ринку України: ПЦН GSM-900/1800 серії «Орлан» (Україна), ППКП серії «Макс» (Україна), системи фірми Satel (Польща) тощо. Проте наявність багатьох проблемних питань вимагає постійне вдосконалення таких систем.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми.

При побудові безпровідних систем виникає чимало важливих технічних питань, які потребують вирішення: вибір типу безпровідної технології передачі даних, забезпечення завадостійкості, гарантований зв'язок між передавачами мережі для надійної передачі інформації тощо [1].

Питання вибору типу безпровідної технології передачі розглянуто авторами в роботах [1, 2]. На основі проведеного аналізу різних типів технологій авторами

запропоновано застосування декількох технологій, однією з яких є популярна сьогодні технологія ZigBee [3]. Це порівняно нова технологія яка має наступні переваги, що є суттєвими для побудови безпроводних пожежних сигналізацій всередині будівель:

- низьке енергоспоживання, що дозволяє автономно працювати модулю від батарейки впродовж кількох років;
- велика кількість модулів у мережі (до 65536 одиниць);
- робота на частоті 2,4 ГГц, що не потребує отримання дозволу на використання частоти;
- відносно низька, у порівнянні з модулями інших безпроводних технологій, вартість передавачів;
- відносно велика кількість аналого-цифрових входів/виходів у модулів, що дозволяє здешевлювати загальну вартість мережі або дублювати або суміщати кілька типів сповіщувачів для підвищення надійності мережі.

Другим важливим питанням, яке розглядається при побудові пожежних сигналізацій всередині будівель – є гарантований зв'язок між передавачами мережі. Для його забезпечення необхідно витримати дві умови [1]:

- підібрати необхідну відстань між передавачами (не надто маленьку, що не збільшити кількість елементів мережі, і не велику, щоб забезпечити надійний зв'язок);
- розмістити у місці, де були б відсутні спотворення сигналу передачі даних (зниження сигналу через дифракції, інтерференції тощо).

Для цього необхідно правильно обрати метод та модель каналів зв'язку всередині приміщень. Дані питання були детально досліджені в роботах [4–6] та в багатьох інших наукових працях відомих вчених.

Не менш важливим питанням є розміщення пожежних сповіщувачів (ПС). Існує кілька методів розміщення, основні з яких розглянуті в роботі [7]. Визначення розмірів і параметрів розміщення чітко визначено нормами. Проте вимоги визначаються окремо для стельових або настінних сповіщувачів та оповіщувачів. У провідних пожежних сигналізаціях системи ПС приєднуються до приймально-передавального пристрою кожна через свою систем провідних ліній. Так як в роботі безпроводних пожежних сигналізацій всі елементи пов'язані між собою безпроводною мережею, то з'являється можливість об'єднати в одну мережу як стельові, так і настінні ПС. Крім цього, при близькому розташуванні двох модулів економічно доцільно замінити безпроводний зв'язок цих модулів провідним. Таке рішення потребує розробки нової системи оптимальної побудови провідно-безпроводної системи сигналізації.

Таким чином, **метою роботи** є розробка методу розміщення пожежних сповіщувачів всередині будівлі для побудови ефективних провідно-безпроводних пожежних сигналізацій.

Результати досліджень.

В якості елементів (передавачів) локальної мережі пожежної сигналізації розглядаються наступні компоненти:

- пожежні сповіщувачі на стелі (теплові та димові);
- пожежні сповіщувачі на стіні (ручні та димові лінійні);
- пожежні сповіщувачі полум'я, які розміщуються над джерелом вогню (можуть опинитися в будь-якій точці об'єму приміщення);
- різні типи пожежних оповіщувачів;
- один з приймально-передавального пристрою, який розміщується у пожежному приймально-контрольному приладі (наприклад, на столі).

Висоти розміщення елементів, можливі максимальні відстані між ними та інші геометричні умови до їх розміщення регламентуються відповідними стандартами.

Розглянемо випадок розміщення двох найбільш вживаних типів ПС:

- стельові ПС, які розташовуються на стелі (найчастіше теплові і димові);
- настінні ПС (НП), які встановлюють на стіні (найчастіше це ручні пожежні сповіщувачі, але іноді встановлюють також і димові лінійні сповіщувачі).

Тут слід розрізнити два завдання:

- поетапна побудова єдиної мережі: в першу чергу будуватися мережу на стелі, а потім до неї додається мережа НП;
- одночасне побудова всієї мережі.

Розглянемо детальніше обидва випадки.

Поетапна побудова єдиної мережі починається з оптимального розміщення стельових ПС. Головними завданнями для цього є визначення точок мережі, в яких розміщуються бездротові радіомодулі, а також визначення дротового та бездротового з'єднання [3].

Для вирішення цього завдання початковими даними є максимально можлива довжина провідного зв'язку D , множина точок розміщення радіо модулів $K = \{k_1 \dots k_n\}$, множина точок, в яких немає радіомодулів, тобто в яких ПС з'єднуються провідним зв'язком із радіомодулем: $R = \{r_1 \dots r_m\}$, відстані між ПС та радіомодулем $d(k, r)$. У завданні стає задача знайти множину $S \subseteq K$ мінімальної потужності, при цьому для кожного $r \in R$ повинен існувати хоч би один $s \in S$ такий, що $d(s, r) \leq D$. Для розв'язку задачі є наступні початкові дані:

$A = \{1, \dots, m\}$ – множина точок ПС;

$B = \{1, \dots, n\}$ – множина потенційних точок розміщення радіомодулів;

$n_b \in N$ – максимальна кількість ПС, що може під'єднуватися до радіомодуля в точці b (визначається апаратними можливостями радіомодулів);

$D \geq 0$ – радіус покриття точки x ;

$d(b, a) \geq 0$ – відстань між ПС та радіомодулем.

Призначаються значення змінним: при рішенні розмістити радіомодуль в точці b і під'єднати до нього ПС a : $j_{ab} = 1$; при рішенні не з'єднувати ПС a і радіомодуль b : $j_{ab} = 0$. Таким чином, отримується матриця значень:

$$\mathbf{J} = [j_{ab}]_{\substack{a=1 \dots m, \\ b=1 \dots n}}$$

Вводяться функції: $H_b(\mathbf{J}) = \sum_{a=1}^m j_{ab}$ та $F_a(\mathbf{J}) = \sum_{b=1}^n j_{ab}$.

Для рішення задачі вводиться функція q_b , яка приймає значення «1», якщо $H_b(J) \geq 1$, та «0», якщо $H_b(J) = 0$.

В задачі знаходяться такі рішення для J_{ab} , при яких виконується:

$$\min \sum_{b=1}^n q_b$$

при обмеженнях, що визначає з'єднання кожного ПС із радіомодулем:

$$F_a(J) = 1; \forall a, \quad (1)$$

що обмежує кількість ПС, що можуть бути під'єднаними до окремого радіомодуля:

$$H_b(J) \leq n_b; \forall b, \quad (2)$$

та обмеженні відстані провідного з'єднання ПС із радіо модулем:

$$d(a,b) j_{ab} \leq D; \forall (a,b). \quad (3)$$

Для додавання мережі НП початковими умовами повинні бути точки (зони) їх можливого розташування. Враховуючи, що НП розташовуються не довільно порядком, а з урахуванням багатьох ергономічних вимог, можна говорити про наявність дискретного простору можливих рішень розташування НП. Відхилення розташування НП в сторони на десятки сантиметрів і навіть метр-півтора не внесе жодних істотних змін у модель, тому область можливого розташування в межах невеликої зони можна розглядати на моделі як точку.

З огляду на той факт, що з одного боку НП має бути якомога менше (для здешевлення всієї пожежної сигналізації), а з іншого має виконуватися відповідні норми, при якому відстань між НП має бути не більше чітко встановленого значення, то рішенням завдання побудови єдиної спільної мережі буде оптимізаційна задача при заданих обмеженнях.

Таким чином, для поетапної побудова єдиної мережі, коли спочатку будується мережа на стелі, а потім до неї додається мережа ПС на стінах початковими даними для побудови мережі є:

$B = \{1, \dots, n\}$ – множина точок розміщення радіомодулів із стельовими ПС;

$R = \{1, \dots, m\}$ – множина можливих точок розміщення ПС;

$n_b^r \in N'$ – максимальна кількість ПС, що може під'єднуватися до радіомодуля b ;

D_r – максимально можлива довжина провідного з'єднання для ПС r ;

W_r – максимально можлива довжина безпроводного з'єднання для ПС r ;

T – максимальна відстань між ПС на стінах;

$d(b, r)$ – довжина дротового з'єднання між ПС та радіомодулем;

$w(b, r)$ – відстань між радіо модулем та ПС (найменша геометрична відстань між двома точками).

Для вирішення завдання розміщення створюється набір підмножин, що задовольняє умовам $d(b,r) \leq D_r \cap w(b,r) \leq W_r$, тобто утворюється множина можливих рішень $Y_R = \{(r, d(f, r), w(f, r))\}$, де f – найближча до r точка розміщення радіомодуля на стелі.

Розв'язком оптимізаційної задачі буде така топологія мережі з множини Y_R , яка задовольняє умові:

$$\min r, \min(\max(d(f, r))),$$

$$\min(\max(w(f, r))).$$

Відбір по вказаних критеріях відбувається послідовно зліва направо, при обмеженні

$$r_i - r_{i+1} < T; \forall r,$$

що дозволяє не порушувати вимоги норм про максимальну відстань між двома сусідніми настінними ПС.

При цьому залишаються обмеження (1) – (3), тільки індекс "a" замінюється індексом "r", а значення n_b на значення n_b^r .

У другому випадку – при одночасному розміщенні ПС, об'ємна модель перетворюється в площинну (рис. 1) і відбувається розв'язання запропонованої вище задачі при розміщенні стельових ПС і модулів з урахуванням додаткових вхідних даних і обмежень. При цьому необхідно врахувати зміни відстаней між стельовими та настінними ПС, які відбуваються при переході від об'ємної до площинної моделі.

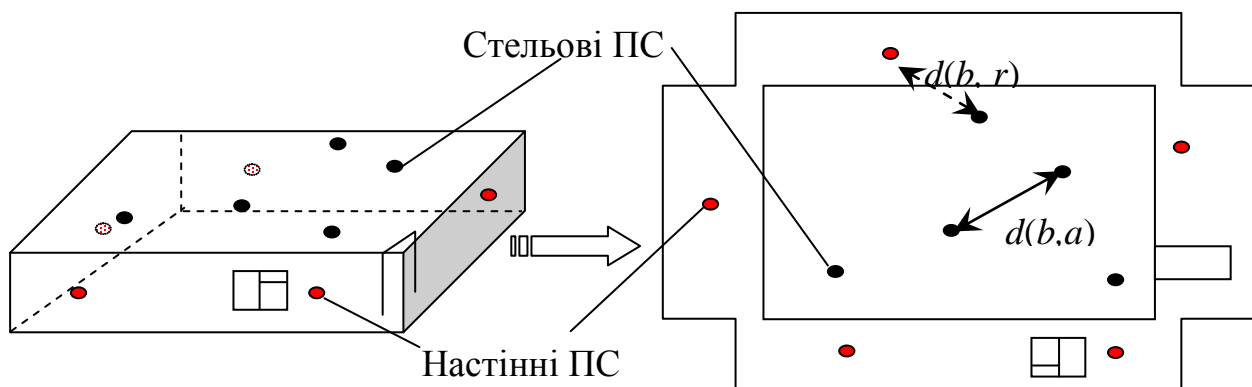


Рис. 1. Перетворення об'ємної моделі в площинну

Для реалізації запропонованого методу розміщення ПС в роботі було розроблене відповідне програмне

забезпечення. Програма створена в середовищі MS Visual Studio за допомогою мови програмування C#.

Головне вікно програми містить поля для введення основних параметрів приміщення, ПС та радіомо-

дуля (показано на прикладі модуля ZigBee – рис. 2).

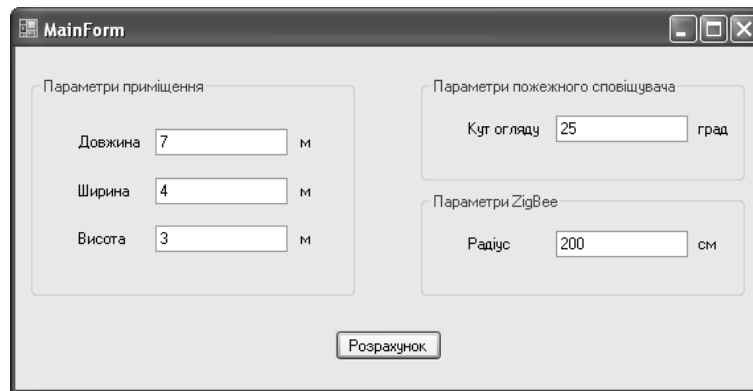


Рис. 2. Поля введення даних програми побудови єдиної мережі ПС

Наступне вікно виводить план приміщення з нанесеними на нього точками розміщення ПС, а також виводить таблицю з координатами точок (рис. 3). На рисунку показаний приклад традиційного розміщення

стельових ПС (по прямокутній схемі) і шістьох можливих точок розташування ПС. Крім того, зліва виводиться таблиця координат розміщення ПС.

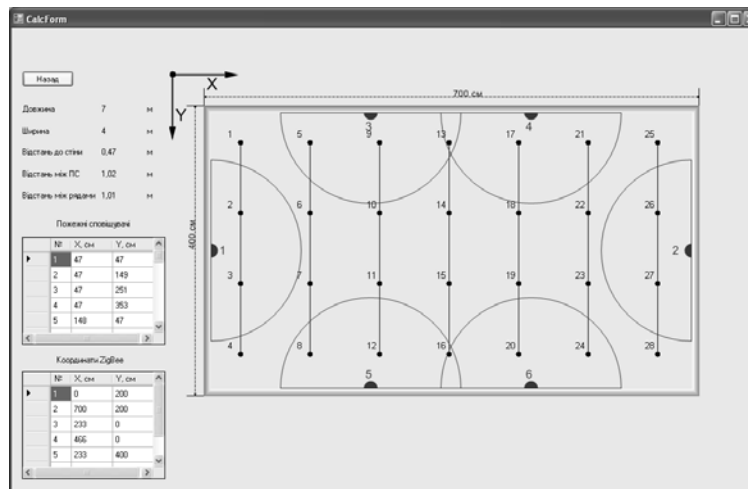


Рис. 3. Вікно програми побудови єдиної мережі ПС

Використання запропонованого методу провідно-безпровідного зв'язку між ПС при спільному розміщенні стельових і настінних ПС дозволяє незначно, але зменшити кількість радіомодулів (за рахунок підключення деякої кількості ПС провідним зв'язком до сусідніх ПС з радіомодулем). Для підрахунку виграшу бралася приміщення 40x40x4 м з 57 ПС [3]: 54 стельовими і трьома настінними ПС. При використанні нового методу отримана схема з 55 модулями – два інших ПС з'єднані провідним зв'язком.

Висновки.

Таким чином, в роботі розроблений метод розміщення пожежних сповіщувачів всередині будівлі для побудови ефективних провідно-безпровідних пожежних сигналізацій. Розроблено програмний продукт, в якому реалізовані отримані положення. Проведені підрахунки, які показали виграш у зменшенні кількості модулів при застосуванні запропонованого методу розміщення пожежних сповіщувачів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мусієнко М. П. Моделирование беспроводных локальных сетей пожежних сповіщувачів всередині будівель / М. П. Мусієнко, В. І. Томенко, Д. О. Полоз, С. В. Куценко // Науковий вісник УкрНДІПБ. – № 2(22). – Київ, 2010. – С. 126–130.
2. Мусієнко М. П. Томенко В. И. Выбор беспроводной технологии в автоматизированных системах передачи данных // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – Черкаси, ЧДТУ. – 2007. – № 3–4. – С. 164–169.

3. Куценко С. В. Модели, методы и компоненты для компьютерных систем пожарных сигнализаций на базе технологии ZigBee: Диссертация канд. техн. наук: 05.13.05. – Черкассы, 2011. – 178 с.
4. Мусієнко М. П. Розрахунок втрат розповсюдження радіохвиль в комунікаційних системах на транспортних засобах / М. П. Мусієнко, В. І. Томенко // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2008. – № 1. – С. 122–126.
5. Веселовский К. Системы подвижной радиосвязи / К. Веселовский; пер. с польск. И.Д. Рудинского; под. ред. А. И. Ледовского. – М. : Горячая линия-Телеком, 2006. – 536 с.
6. Куценко С. В. Побудова полісенсорних реконфігурованих пожежно-охоронних систем у приміщеннях на базі технології ZigBee / С. В. Куценко, В. І. Томенко, М. П. Мусієнко, Р. В. Лиходід // Пожежна безпека: теорія і практика: Збірник наукових праць. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2009. – № 4. – С. 67–70.
7. Деревянко А. А. Применение и эксплуатация приборов пожарной автоматики : [Практическое пособие] [Текст] / А. А. Деревянко, А. А. Антошкин, С. Н. Бондаренко, В. А. Дурев, М. Н. Муринов. – Х. : УГЗУ, 2007. – 205 с.

С. В. Куценко,

Черкасский институт пожарной безопасности им. Героев Чернобыля,
г. Черкассы, Украина,

Р. А. Бакарджиев,

Таврический государственный агротехнологический университет,
г. Мелитополь, Украина,

А. О. Корецкая,

Черноморский национальный университет им. Петра Могилы,
г. Николаев, Украина,

М. П. Мусиенко,

Черноморский национальный университет им. Петра Могилы,
г. Николаев, Украина

МЕТОД РАЗМЕЩЕНИЯ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ ПРОВОДНО-БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ ВНУТРИ ЗДАНИЯ

В статье рассмотрен разработанный метод размещения пожарных извещателей внутри здания для построения эффективных проводно-беспроводных пожарных сигнализаций. Разработан программный продукт, в котором реализованы полученные положения. Проведены подсчеты, которые показали выигрыш в уменьшении количества модулей при применении предложенного метода размещения пожарных извещателей.

Ключевые слова: пожарный извещатель; потолочные и настенные извещатели; проводная и беспроводная связь.

S. Kutsenko,

Cherkasy Institute of fire safety named heroes of Chernobyl NUCS,
Cherkassy, Ukraine,

R. Bakardzhyjev,

Taurian State Agrotechnological University,
Melitopol, Ukraine,

O. Koretska,

Petro Mohyla Black Sea National University,
Mykolaiv, Ukraine,

M. Musiyenko,

Petro Mohyla Black Sea National University,
Mykolaiv, Ukraine

METHOD OF PLACING THE DETECTORS OF WIRE-WIRELESS FIRE ALARM SYSTEM INSIDE THE BUILDING

The article considers the developed method of placing fire detectors inside a building to build efficient wire-wireless fire alarms. The analysis of technical problems arising during the construction of a fire network is analyzed. The issues related to the selection of the necessary equipment are considered. A

software product has been developed in which the received provisions are realized. Calculations were carried out, which showed a gain in reducing the number of modules when applying the proposed method for placing fire detectors. An example of the work of a software product is given.

Key words: *fire detector; ceiling and wall detectors; wired and wireless communication.*

Рецензенти: д. т. н., проф. **М. Т. Фісун;**
к. т. н., доц. **І. М. Журавська.**

© Куценко С. В., Бакарджиєв Р. О., Корецька О. О., Мусієнко М. П., 2016

Дата надходження статті до редколегії 28.09.16