

МЕТОД ПРОЕКТУВАННЯ РОЗМІЩЕННЯ ДАТЧИКІВ БЕЗДРОТОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ

¹Гордійко Н.О., ²Томашевська Т.В.

¹*Фізико-технічний інститут КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна*

²*Національна академія статистики, обліку та аудиту*

E-mail: natalygor22@gmail.com; tomas_tat@ukr.net

METHOD OF DESIGN OF LOCATION OF SENSORS OF THE WIRELESS SENSOR NETWORK

The article describes approaches to determining the optimal coverage of sensors in the sensor network based on the solution of the problem of finding the local optimum distribution of sensing areas.

В доповіді пропонується підхід для визначення розміщення датчиків сенсорної мережі як рішення задачі оптимального покриття за допомогою наближеного методу пошуку локального оптимуму.

Служба моніторингу стану довкілля потребує отримання своєчасної та точної інформації, яка б могла забезпечити оперативне реагування у випадках надзвичайних ситуацій, оскільки їх розвиток може призвести до втрат цінних природних ресурсів та загроз життю та майну. Так, з метою уникнення значних витрат на ліквідацію наслідків, визначення потенційного забруднення ґрунтів потребує якомога більш раннього проведення.

Останні технологічні досягнення призвели до розвитку бездротових мережевих технологій, які можна використовувати для вирішення зазначених вище проблем.

Бездротові сенсорні мережі складаються з сукупності датчиків, що мають можливість повідомляти або реагувати на події всередині їх поля зондування. Відповідно до характеру проблем, для яких використовуються датчики, типи пристроїв, що входять до загального датчика, розрізняються за своїм складом.

Хоча кожен датчик може вимірювати характеристики середовища (наприклад, температуру, вологість, концентрацію забруднення тощо) у певному місці, за допомогою мережі розподілених спостережень фізичне поле певної характеристики може бути реконструйовано шляхом розв'язання оберненої задачі [1].

На оцінку фізичного поля суттєво впливає кількість вузлів датчиків та їх просторове розташування, що тісно пов'язано з покриттям, вартістю сенсорів, споживанням енергії. Тому визначення найменшої кількості необхідних вузлів датчиків та їх розміщення є основним питанням при проектуванні сенсорної мережі [2].

Отже, проблема побудови поля фізичної характеристики певного явища полягає у пошуку найменшої кількості необхідних датчиків, що забезпечують зондування області з точністю, відповідною заданим вимогам. Тобто необхідно

розв'язати оптимізаційну задачу наступного виду:

$$\min_k S(k) \text{ при } \mu(U_{S(k)}) < \varepsilon, \quad (1)$$

де k – кількість датчиків;

$S(k)$ – певна конфігурація розподілу k датчиків;

U_k – реконструйоване значення фізичного поля на основі даних k датчиків;

$\mu(X)$ – функція близькості, яка визначається як відстань в просторі характеристики;

ε – задана точність.

Дана задача є задачею про покриття з обмеженнями. Очевидно, що прямий метод розв'язання такої задачі полягає в оцінці ефективності всіх можливих комбінацій різної кількості датчиків з наступним вибором множини з найменшим числом вузлів датчиків, що задовольняє необхідній точності оцінки. Але, враховуючи, що алгоритм про покриття належить до NP-складних задач, такий підхід неможливо реалізувати, якщо потенційна кількість датчиків є великою [2].

На сьогодні сформувалися два принципово різних підходи до розв'язання NP-повних задач: або оптимізувати не поліноміальний метод розв'язання або, у випадках, коли це доречно, обмежитися пошуком наближеного розв'язку.

Існує велика кількість методів побудови алгоритмів для розв'язання NP-повних задач. Основними з них є [3-4]:

- наближені й евристичні методи – застосування евристик для вибору елементів розв'язку;
- псевдополіноміальні алгоритми – підклас динамічного програмування;
- метод локальних поліпшень – пошук більш оптимального розв'язку в околі деякого поточного розв'язку;
- метод гілок і меж – відкидання свідомо неоптимальних розв'язків цілими класами відповідно до деякої оцінки;
- метод випадкового пошуку – представлення вибору послідовністю кількох випадкових виборів.

Визначення покриття сенсорних датчиків також залежить від моделі покриття, що використовується для кожного датчика. Загальноприйнятим є припущення, що кожна область зондування для датчика є ізотропною областю (в двовимірному просторі – коло, в тривимірному просторі – сфера). Доволі часто це припущення не відповідає дійсності та суттєво залежить від типу датчиків, типу області моніторингу. Особливості задачі моніторингу навколишнього середовища можуть потребувати нерівномірного розташування датчиків – збільшення кількості датчиків в одній частині області та їх розрідження в інших частинах.

Виходячи з наведених умов, пропонується використовувати опуклі неправильні п'ятикутники, що вкривають площину без розривів та перетинів. Крім того, їх використання дає змогу ущільнювати або навпаки розріджувати кількість датчиків розбиття в області моніторингу, збільшуючи або зменшуючи розміри п'ятикутників без зміни загальної форми області [5,6].

Для визначення близькості між точками пропонується використовувати функцію вигляду

$$\mu(X) = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^d u_{ij}^w d^2(X_j, X_i). \quad (2)$$

Функцію відстані визначаємо таким чином:

$$d^2(X_j, X_i) = \|X_j - X_i\|^2 = (X_j - X_i)^T (X_j - X_i). \quad (3)$$

Параметр u_{ij}^w визначається як властивість датчиків охоплювати зондуванням відповідну територію з коефіцієнтом впевненості w (зазвичай, дорівнює 2)

$$u_{ij}^w = \frac{1}{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^k \left(\frac{d^2(X_j, X_i)}{d^2(X_j, X_i)} \right)^{\frac{1}{w-1}}}. \quad (4)$$

Після вибору першого наближення відбувається пошук локального оптимуму задачі (1) на основі запропонованих функцій (2)–(4).

На основі наведеного підходу можна побудувати алгоритм визначення оптимального покриття сенсорною мережею довільної області. Такий алгоритм є актуальним при виборі геометричної конфігурації сенсорної мережі.

Література

1. V. Akbarzadeh, J.-C. Lévesque, C. Gagné and M. Parizeau, "Efficient Sensor Placement Optimization Using Gradient Descent and Probabilistic Coverage", *Sensors* 2014, 14, 15525-15552; doi:10.3390/s140815525
2. C. Jiang, Y. C. Soh, and H. Li, "Sensor placement by maximal projection on minimum eigenspace for linear inverse problems", arXiv:1506.00747v3 [cs.DS] 5 Nov 2016.
3. Кормен, Т., Лейзерсон, Ч., Ривест, Р., Штайн, К. Алгоритмы: построение и анализ – Introduction to Algorithms /Под ред. И. В. Красикова. Млсква : Вильямс, 2005. 1296 с.
4. Ахо А., Хопкровт Дж., Ульман Дж. Построение и анализ вычислительных алгоритмов, Москва: Мир, 1979. 536 с.
5. Гордійко Н.О., Лисенко О.І., Томашевська Т.В. Застосування методу використання геометричних фракталів для оптимального розміщення сенсорів при екологічному моніторингу / Н.О. Гордійко, О.І. Лисенко, Т.В. Томашевська. Зб. матеріалів XI Міжнар. наук.-тех. конференції «Проблеми телекомунікацій» ПТ-2017, (м.Київ, 18–21 квітня 2017), с.392-394
6. Застосування п'ятикутного покриття для визначення оптимального розташування сенсорів у задачах екологічного моніторингу // Наукові праці Другої міжнар. наук.-практ. конф. «Сучасні тенденції розвитку інформаційних систем і телекомунікаційних технологій», 19 грудня 2019 р. (Київ, Україна), 2019. – С.32-34