

ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ СЕНСОРІВ БЕЗДРОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ

Якорнов Є.А., Цуканов О.Ф.

Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail:yakornov@its.kpi.ua

Determination of coordinates of sensors wireless sensor network

The method of determination of coordinates of elements of wireless sensory network is offered by modification of algorithm of MDS of MAP. The estimation of rectangular coordinates and cross-correlation matrix of errors is carried out at local the system of coordinates taking into account the errors of measuring of distances, it allows to promote exactness of determination of coordinates of elements of network.

Можливість вирішення широкого спектру завдань, на підставі використання останніх наукових і технологічних досягнень робить актуальною технологією бездротових сенсорних мереж (БСМ). Однак існує ряд проблем технологічного та експлуатаційного характеру, які вимагають ретельного розгляду, однією з таких яких є визначення місця розташування окремих елементів мережі [1]. Відомі ряд методи та алгоритми визначення координат елементів БСМ, наприклад, метод APS [2] та алгоритм «MDS-MAP» [3].

APS являє собою набір алгоритмів визначення координат (АВК) в БСМ, при цьому кожний об'єкт шукає свої координати самостійно. Алгоритм краще всього працює в однорідних мережах, де відстані між елементами приблизно однакові та дозволяє отримати лише грубі оцінки координат.

Алгоритм «MDS-MAP» є прикладом централізованого АВК. В якості вихідних умов передбачається що кожен об'єкт мережі знає про наявність навколо прилеглих сусідів, а також відстані до них. Частина об'єктів мережі визначає свої координати самостійно, координати інших вершин розраховуються за результатами роботи алгоритму. Для кожної пари об'єктів оцінюється найкоротша відстань один до одного. Коли об'єкти є безпосередніми сусідами один одного, цією оцінкою є безпосередній вимір відстані. Недоліком даного алгоритму є те що визначення координат окремих об'єктів без урахування помилок вимірювань відстаней, що не дозволяє розраховувати помилки визначення координат.

Пропонується метод на основі алгоритму «MDS MAP», який передбачає що кожен об'єкт мережі має інформацію про відстані до сусідніх елементів r_{ij} $i, j = \overline{1, M}$ та середньоквадратичну помилку (СКП) визначення відстаней, крім того елементи БСМ розташовані нерівномірно.

Сутність методу полягає в тому, що для кожної пари об'єктів оцінюється найкоротша відстань один до одного. При цьому місцева система координат орієнтована таким чином, що перший елемент знаходиться в началі системи координат (рис.1), а другий на вісі абсцис. Обов'язковою умовою є те, що для

визначення прямокутних координат елемента потрібно мати як мінімум два елемента БСМ з відомими координатами.

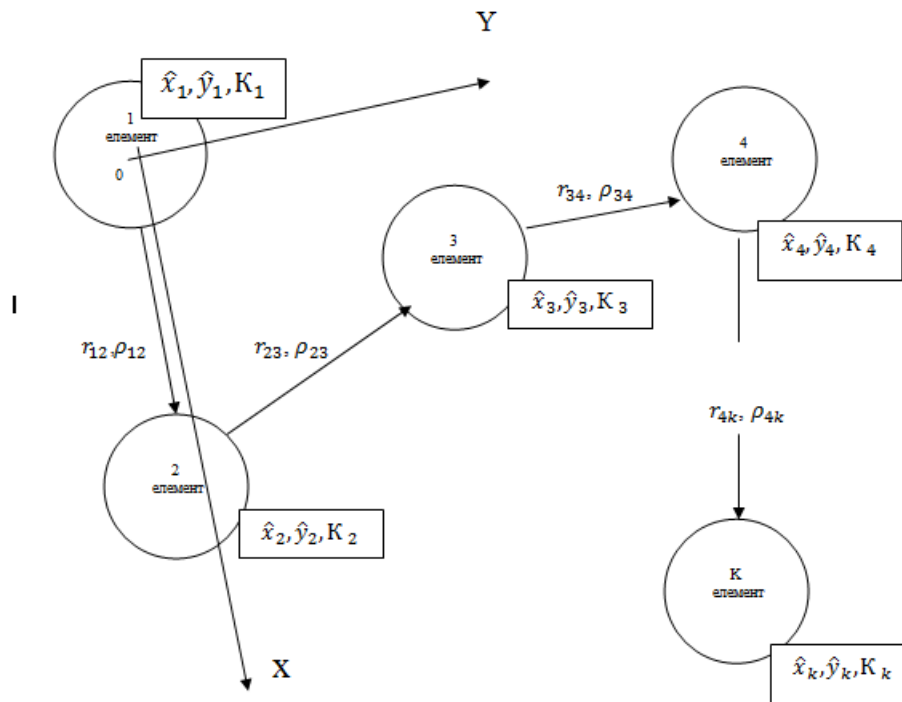


Рис. 1. Місцева система координат

Якщо елементи БСМ є безпосередніми сусідами один одного, цією оцінкою є безпосередній вимір відстані. В результаті будується стричкова матриця відстаней виду:

$$R = \begin{pmatrix} 0 & \widetilde{r}_{12} & 0 \\ \widetilde{r}_{21} & 0 & \widetilde{r}_{23} \\ 0 & \widetilde{r}_{32} & 0 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де $r_{ij} = 0, i, j = \overline{1, M}$,

та матриця СКП визначення відстаней

$$\Sigma = \begin{pmatrix} 0 & \widetilde{\sigma}_{12} & 0 \\ \widetilde{\sigma}_{21} & 0 & \widetilde{\sigma}_{23} \\ 0 & \widetilde{\sigma}_{32} & 0 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

де $\widetilde{\sigma}_{ij} = 0, i, j = \overline{1, M}$.

Найкоротший шлях меж елементами БСМ можна розрахувати за допомогою алгоритму Дейкстри [2].

Визначення координат окремих елементів БСМ $(x_i, y_i), i = [1, \dots, M]$ здійснюється шляхом рішення задачі багатомірної мінімізації функціоналу (3) з урахуванням помилок вимірювань (2):

$$\min \sum_{i < j} (\hat{r}_{ij} - r_{ij})^T \widetilde{\sigma}_{ij}^{-1} (\hat{r}_{ij} - r_{ij}). \quad (3)$$

За результатами мінімізації (3) отримаємо декілька значень \hat{r}_{ij} в залежності від кількості сусідніх елементів $j=\overline{1, m^*}$, де m^* - кількість сусідніх елементів до яких відома відстань r_{ij} .

Тоді координати елементів БСМ (x_i, y_i) можливо визначати: за результатами розрахунку кожного значення \hat{r}_{ij} .

$$(x_i, y_i) = \frac{1}{m^*} \sum_{j=1}^{m^*} (x_{ij}, y_{ij}) \quad (4)$$

Значення координат елементів БСМ (x_i, y_i) отримується в місцевій системі координат, тому потребує перетворення до центральної системи координат. Кореляційна матриця (КМ) помилок оцінки K_{xy} визначення координат в місцевій координат обчислюється наступним чином:

$$K_{xy} = A^T A \sigma_{ij}^*,$$

де A - матриця часткових похідних прямокутних координат (x, y) по r_{ij} .

Елементи КМ уточнюються шляхом урахування інформації про кількість сусідніх елементів БСМ:

$$K_{ij}^* = \frac{1}{\sqrt{m^*}} \sum_{j=1}^{m^*} K_{ij} \quad (5)$$

Запропонований метод дозволяє отримати оцінку координат елементів та КМ помилок на підставі використання одноразово наявних даних по відстані до сусідніх елементів. Кореляційна матриця розраховується на підставі інформації про кількість сусідніх елементів до яких відома відстань. За таких випадках алгоритм дозволяє підвищити точність визначення координат підвищується на $\sqrt{m^*}$ разів (5).

Слід зазначити переваги запропонованого алгоритму:

- 1) відсутність потреби маршрутизації мережі на початковому етапі;
- 2) відсутність необхідності та підтримки зв'язку між об'єктами мережі, які не є безпосередніми сусідніми елементами;
- 3) алгоритм не потребує обов'язкової наявності базової станції БСМ.

Література

1. Yi Shang .Localization from mereconnectivity, // Wheeler Ruml, Ying Zhang, Markus Fromherz, Proceedings of the 4th ACM international symposium on Mobile ad hoc networking & computing Maryland, USA, 2003, page. 201-212.
2. Mohinder S "Global Positioning Systems, Inertial Navigation and Itegration" // Grewall, Lawrence R. Weill, Angus R. Andrews, Изд-во "John Wiley & Sons Inc", 2007.
3. Иванов Е.В., Козлов В.Н., Курикса В.А. "Экспериментальное определение координат в сетях стандарта IEEE 802.15.4" // Труды 63-й научной сессии РНТОРЭС им. А.С. Попова, Москва, 2008, 256 с.