

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОНФИГУРАЦИИ СЕНСОРНОЙ СЕТИ НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ TDOA- И RSS- ИЗМЕРЕНИЙ

Товкач И.О., Жук С.Я.

*Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”
E-mail: tovkach.igor@gmail.com*

Analysis of the influence the sensor network configuration on the accuracy of determining the radio source location with complex use TDOA- and RSS- measurements.

With the help of statistical modeling, the effect of the sensor network configuration and the number of its sensors on the accuracy of determining the location of the radio source with complex use TDOA- and RSS- measurements sensor networks using an isoline family was analyzed. The configurations possessing both directional and non-directional properties are considered.

Для интегрального описания точностных характеристик сенсорной сети, использующей TDOA- и RSS- измерения, применяется семейство изолиний СКО ошибки измерения дальности σ_r источника радиоизлучения (ИРИ),

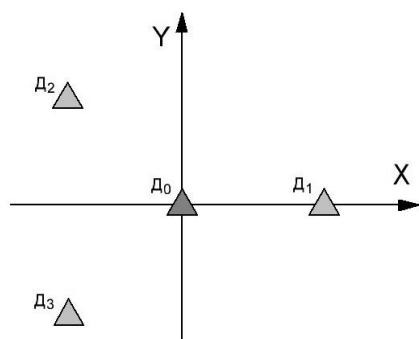


Рис. 1

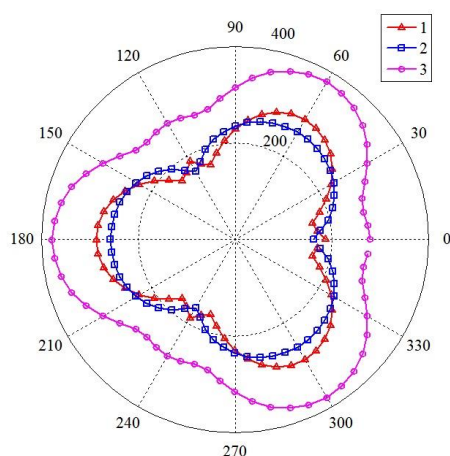


Рис. 2

построенных в координатах x, y [1,2]. Каждая изолиния, начиная от центра, ограничивает область, где ошибка не превосходит заданного значения $\sigma_r \leq \sigma_{r_{дон}}$. По скорости изменения расстояний между изолиниями можно также выявить азимутальные направления, где ошибки по мере удаления от центра растут более медленно или более быстро.

Графики семейства изолиний для случая СКО ошибки измерения разности расстояний $\sigma_{\Delta} = 3\text{м}$, измерения мощности $\sigma_p = 1.5\text{дБ}$, построены для двух конфигураций сенсорной сети с разным числом датчиков расположенных на окружности 100 м.

Первая конфигурация сенсорной сети состоит из четырех датчиков рис. 1. При комплексном использовании TDOA- и RSS- измерений рис. 2 (кривая 3), СКО ошибки определения местоположения, в зависимости от

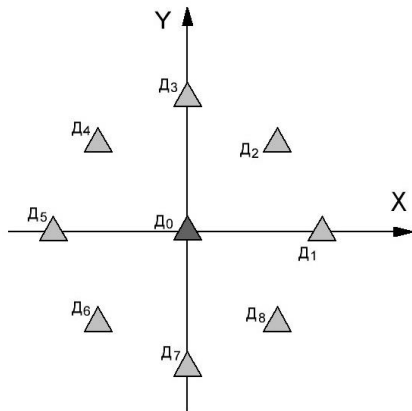


Рис. 3

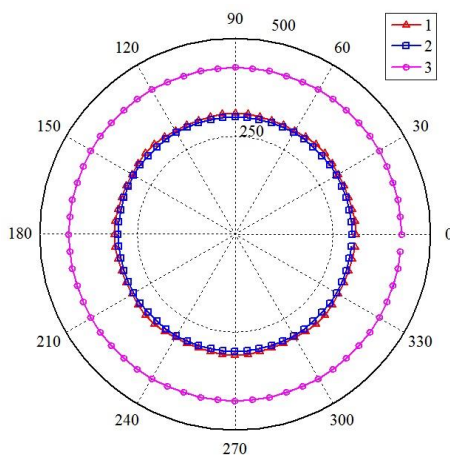


Рис. 4

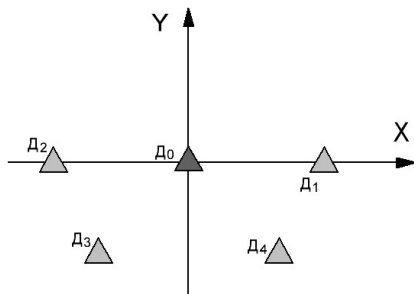


Рис. 5

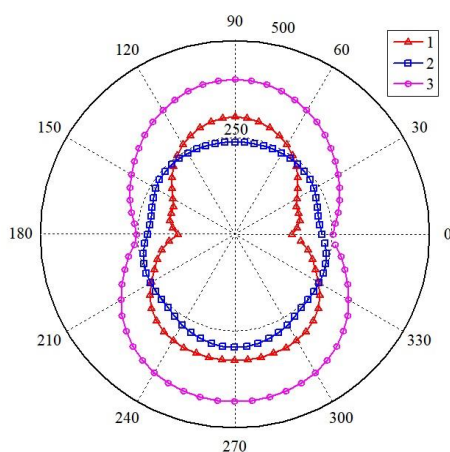


Рис. 6

направления носит неравномерный характер. В направлениях 60° , 180° , 300° оно растет наиболее медленно и на расстоянии 379 м не превышает допустимого значения $\sigma_r \leq 50$ м. На азимутах 0° , 120° , 240° СКО ошибки растет наиболее быстро и на расстоянии 271 м не превышает допустимого значения $\sigma_r \leq 50$ м. Комплексное использование данных позволяет увеличить область, где ошибка не превосходит заданного значения на 45%-62%, по сравнению с их отдельным использованием TDOA-измерения (кривая 1) [3] и RSS-измерения (кривая 2).

Вторая конфигурация сенсорной сети состоит из девяти датчиков рис. 3. При комплексном использовании TDOA- и RSS-измерений рис. 4 (кривая 3), СКО ошибки на азимутах 0° - 360° растут равномерно и на расстоянии 426 м не превышает допустимого значения $\sigma_r \leq 50$ м. Комплексное использование данных позволяет увеличить область, где ошибка не превосходит заданного значения на 40%, по сравнению с их отдельным использованием TDOA-измерения (кривая 1) и RSS-измерения (кривая 2).

При увеличении числа датчиков изолинии сохраняют форму концентрических окружностей и при этом существенного прироста в точности определения местоположения ИРИ не происходит. Поэтому, рассмотренная топология сети из девяти датчиков, может быть рекомендована для использования на практике, если направление появления цели неизвестно.

Была также исследована конфигурация сенсорной сети из пяти датчиков, которая обладает направленными свойствами рис. 5.

При комплексном использовании TDOA- и RSS-измерений рис. 6 (кривая 3), СКО ошибки определения местоположения: при азимуте 90° растет более медленно и на расстоянии 400 м не будет превышать допустимого значения $\sigma_r \leq 50$ м; при азимуте 270° также растет более

медленно и на расстоянии 433 м не превышает допустимого значения $\sigma_r \leq 50$ м; при азимутах $0^\circ, 180^\circ$ растет более быстро и на расстоянии 252 м не превышает допустимого значения $\sigma_r \leq 50$ м. Комплексное использование данных позволяет увеличить область, где ошибка не превосходит заданного значения на 12%-32%, по сравнению с их отдельным использованием TDOA-измерения (кривая 1) и RSS-измерения (кривая 2).

Рассмотренная конфигурация сенсорной сети из пяти датчиков, позволяет в заданных секторах получить более высокие точностные характеристики при меньшем числе датчиков по сравнению с конфигурацией сети из девяти датчиков, обеспечивающей равномерную зону покрытия.

Выводы. Конфигурация из девяти датчиков, восемь из которых расположены равномерно на окружности, обеспечивает равномерную область покрытия. При дальнейшем увеличении числа датчиков, существенного прироста в точности определения местоположения ИРИ не происходит, и она может быть рекомендована, если направление появления цели неизвестно. Рассмотренная конфигурация сенсорной сети из пяти датчиков, которая обладает направленными свойствами, позволяет в заданных секторах получить более высокие точностные характеристики при меньшем числе датчиков по сравнению с равномерной конфигурацией сети. При этом комплексное использование данных позволяет увеличить область, где ошибка не превосходит заданного значения по сравнению с их отдельным использованием.

Литература

1. I.O. Tovkach, S.Ya. Zhuk (2017). Recurrent Algorithm for TDOA Localization in Sensor Networks, J. Aerosp. Technol. Manag., São José dos Campos, Vol.9, №4, pp.489-494, Oct.-Dec., 2017. <http://dx.doi.org/10.5028/jatm.v9i4.727>.
2. Симаков В.А. Построение адаптивных систем пассивной радиолокации на принципах разностно-дальномерной координатометрии / В.А. Симаков // Научные ведомости Белгородский государственный университет . — 2005. — №2. — С. 221.
3. Товкач І.О. Аналіз впливу конфігурації сенсорної мережі на точність визначення місцеположення джерела радіовипромінювання на основі TDOA-вимірювань / І.О.Товкач, С.Я.Жук // Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали та системи». Київ, 19 — 25 березня 2018 р.: матеріали конференції — Київ, 2018. — С. 38 — 40.