

УДК 004.94

ПЕЛЕНГАТОР БЕЗ ЄДИНОГО ЦЕНТРУ СИНХРОНІЗАЦІЇ НА ОСНОВІ ПРОГРАМНО ВИЗНАЧЕНОЇ РАДІОСИСТЕМИ

Виниченко Сергій Борисович

д.т.н., професор каф. КСПТ Фомін Олександр Олексійович.
Національний університет «Одеська політехніка», УКРАЇНА

АНОТАЦІЯ. Робота присвячена вирішенню задачі визначення напрямку розташування радіовипромінювання на основі технологій програмно-визначуваних радіосистем (SDR). Пропонується підхід для побудови системи пеленгації з просторово-рознесених приймачів SDR без єдиного центру синхронізації.

Вступ. В даний час пристрої пеленгації широко використовуються як у цивільному застосуванні, так і для військових цілей. Є гостра необхідність точно визначити напрямок джерел радіосигналу та визначення їхнього розташування [1,2]. Для цього існує безліч сучасних засобів, побудованих на різних принципах роботи. Основні проблеми використання цих засобів зводяться до знаходження методів підвищення точності визначення положення джерел радіосигналів, зниження рівня перешкод та хибних спрацьовувань. Також треба враховувати, масо-габаритні параметри використовуваних пристроїв і складності модернізації в навколишніх умовах, що швидко змінюються.

Програмно-визначувані радіоприймачі дозволяють гнучко реконфігурувати під широкий спектр додатків у межах одного устаткування [3]. Сьогодні існує низка методик побудови пристроїв пеленгації на основі SDR [4,5]. Використання таких приймачів ідеально підходить для пеленгації, оскільки дозволяють працювати в широкому діапазоні частот, змінювати ширину пропускання в режимі реального часу і адаптувати алгоритми обробки сигналів в умовах швидкого розвитку видів бездротового зв'язку [6].

У пристроях пеленгації, побудованих на основі фазового методу необхідно забезпечити синхронність роботи приймачів (когерентність) визначення різниці фаз прийнятого сигналу з метою знаходження кута на джерело радіовипромінювання. При цьому відомо, чим далі рознесені пеленгуючі приймачі, тим точніше може бути запеленговано напрям випромінювання і навіть дальність до джерела випромінювання [7]. Проте, що далі рознесені приймачі, то складніше їм забезпечити єдиний центр синхронізації, а за відсутності можливості синхронізації «по кабелю» між приймачами, проблема ще більше посилюється. Тому цікавий розгляд проблем і можливостей пеленгації за відсутності можливості забезпечення єдиного центру синхронізації.

Метою роботи є розробка підходу у реалізації можливості пеленгації фазовим методом на базі SDR, за відсутності синхронізації використовуваних приймачів.

Це завдання може бути вирішене шляхом введення в систему N приймачів еталонного передавача. При цьому взаємне розташування приймачів між собою і передавача може бути не визначено задалегідь. Такий спосіб пеленгації назвемо пеленгацією з використанням еталонного передавача без єдиної синхронізації SDR-приймачів або умовно пеленгацією з використанням еталонного радіоканалу.

Основна частина роботи. Відомо, що при фазових методах радіопеленгації про направлення на джерело судять по різниці фаз напруги на рознесених у просторі приймальних антенах. Для випадку наведеного на рисунку 1 потрібну різницю фаз не складно порахувати.

$$\varphi = 2\pi(R_1 - R_2) \quad (1)$$

де R_1 – відстань між точками А та М; R_2 – відстань між точками В та М.

У більшості випадків $R_1 \gg d$; $R_2 \gg d$, то

$$\varphi = 2\pi d \sin \alpha \quad (2)$$

де d – база радіопеленгатора, α – кут між напрямком на джерело і нормалі до бази

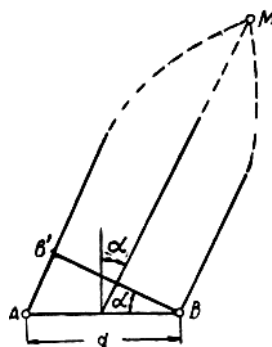


Рисунок1-Джерело сигналу та приймачі на площині

Маючи відоме розташування елементів системи, в момент вимірювання, і отриману різницю фаз на окремих приймачах, можна вирішити обернену задачу і знайти помилку вимірювання фаз для пар приймачів. Для підвищення точності визначення напрямку, завдання потрібно узагальнити на випадок системи з N приймачів. У загальному вигляді схема розташування еталонного передавача і приймачів приведена на рисунку 2.

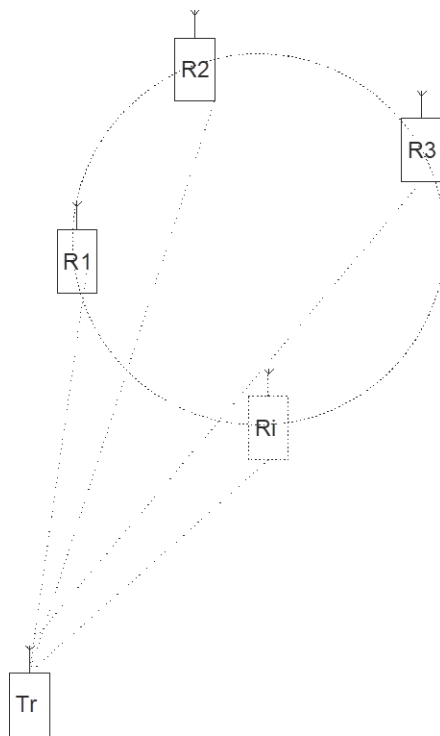


Рисунок2–Схема розташування приймачів та еталонного передавача

Підхід до використання не синхронізованих приймачів для визначення напрямку приходу сигналу може бути реалізований декількома способами:

1. Кожен із рознесених приймачів має у своєму складі додатковий радіо канал (працюючий синхронно з основним), відмінний від каналу пеленгації і за допомогою цього додаткового каналу забезпечується обчислення поточної різниці фаз між локальними генераторами кожного з приймачів ($R1, R2, R3, Ri$) та еталонного передавача (Tr), отже може бути визначена взаємна різниця фаз генераторів всіх приймачів. Безумовно, визначення такої різниці фаз можливе лише з точністю до періоду частоти дискретизації АЦП, що ускладнює завдання точності пеленгації це є проблемою, яку слід розглянути та визначити як її вплив, так і граничні умови її вирішення, за яких досягається потрібна точність пеленгування.

2. Рознесені приймачі не мають додаткового радіоканалу, але основний канал іноді переключасться на канал еталонного передавача, обчислюючи потрібну різницю фаз.

Тоді, окрім розгляду описаної вище проблеми, необхідно розглянути проблеми, викликані відходом різниці фаз генераторів кожного з учасників пеленгової мережі, зокрема, визначивши максимально можливий період між перемиканням основного каналу на канал передавача. При розгляді останнього аспекту, припустимо, що частота тактування всіх приймачів АЦП однакова (з точністю до похибки кожного з тактових генераторів) та у запропонованому методі пеленгування враховується лише зміна частоти кожного з конкретних приймачів за період між перемиканнями каналу.

3. Рознесені приймачі не мають додаткового радіоканалу, але еталонний передавач перебудовується слідом за основним каналом приймачів і періодично включається для пошуку різниці фаз пеленгуючих приймачів.

Як у попередньому пункті, необхідно буде розглянути проблему відходу різниці фаз генераторів учасників мережі та визначити максимально можливий період між синхронізаціями.

Висновки. Розглянуто способи реалізації системи визначення напрямку приходу сигналу на основі не синхронізованих SDR-приймачів. Використовуючи в основі побудови системи технології програмно визначених радіосистем, з'являється можливість зміни логіки роботи, управління та зміни процесів обробки радіосигналу в широкому діапазоні завдань, аж до реалізації нових специфічних алгоритмів роботи.

Практична користь такого підходу полягає у можливості побудови системи пеленгації з приймачів, які не мають можливості бути фізично синхронізованими, що підвищить гнучкість використання та модернізації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Jaks, Rein. "UAV Direction Finding Using Phase Difference."
2. Swindlehurst, A. Lee, et al. "Applications of array signal processing." Academic Press Library in Signal Processing. Vol. 3. Elsevier, 2014. 859-953.
3. Acevedo, Javier, Marian Ulbricht, and Dongho You. "Integrating software-defined radios." Computing in Communication Networks. Academic Press, 2020. 413-427.
4. Hrabal, Josef, et al. "The radio direction finding with advantage of the software defined radio." Computer Information Systems and Industrial Management: 15th IFIPTC8 International Conference, CISIM 2016, Vilnius, Lithuania, September 14-16, 2016, Proceedings 15. Springer International Publishing, 2016.
5. Cwalina, Krzysztof, Piotr Rajchowski, and Jarosław Sadowski. "Wideband Radio Direction Finder Implemented in Software Defined Radio Technology." Applied Mechanics and Materials. Vol. 817. Trans Tech Publications Ltd, 2016.
6. PĂUN, Mirel, Răzvan TAMAS, and Ion Marghescu. "A Software-Defined Radio Approach for Direction Finding." UPB Sci. Bull., Series C 77.4 (2015).
7. Poirier-Quinot, David. Design of a radio direction finder for search and rescue operations: estimation, sonification, and virtual prototyping. Diss. Université Pierre et Marie Curie-Paris VI, 2015.

DIRECTION FINDER WITHOUT A SINGLE SYNCHRONIZATION CENTER BASED ON A SOFTWARE-DEFINED RADIO SYSTEM

Serhii Vynychenko

Dr. of Tech. Sciences, Associate Professor, Oleksandr Fomin

Odessa Polytechnic National University, UKRAINE

ANNOTATION. The work is devoted to solving the problem of determining the direction of the location of radio radiation based on the technologies of software-defined radio systems (SDR). An approach is proposed for building a direction-finding system from spatially dispersed SDR receivers without a single synchronization center.