

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ДЖЕРЕЛА ВИПРОМІНЮВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СТАЦІОНАРНИХ БАГАТОПОЗИЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ПРОГРАМНО-ВИЗНАЧАЄМИХ ПРИЙМАЧІВ

Сулейманов Е.А.о, Сулейманов С.А.о, Мартинчук О.О., Білик О.С.

Кафедра інфокомунікаційної інженерії ім. В.В. Поповського,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
Україна.

E-mail: samir.suleimanov@nure.ua,
elmir.suleimanov@nure.ua,
oleksandr.martynchuk@nure.ua,
oleksandr.bilyk@nure.ua

Abstract

The article presents separate results of research on the amplitude method of radiation source localization using three or more stationary receivers placed separately on the site. The appropriate technologies of software-defined receivers are used as receivers. The parameters of the receivers, antennas, power of the radiation source are assumed to be known. It is shown that thanks to the use of WebSDR amateur application technology, it is possible to localize the radiation source on the terrain map by the method of calculating and comparing amplitudes. The use of this method can be useful as an additional method of localization of the radiation source when solving both radio monitoring tasks and other special tasks

Вступ

Основні завдання радіочастотного моніторингу – проведення заходів щодо забезпечення електромагнітної сумісності радіообладнання та випромінювальних пристроїв, що експлуатуються в смугах радіочастот загального користування на підставі присвоєнь радіочастот, виявлення дії джерел радіозавад, виявлення джерел радіовипромінювання (ДРВ), що експлуатуються з порушенням чинного законодавства, вжиття заходів в межах компетенції щодо припинення їх застосування [1]. У такому випадку важливим є завдання локалізації такого джерела випромінювання на карті місцевості, оцінки координат. Представляє певну зацікавленість використання технології WebSDR з можливістю оцінки амплітуд сигналів, що приймаються для вирішення завдань локалізації джерел випромінювання, що і визначає актуальність та новизну теми дослідження.

Об'єктом дослідження амплітудний метод локалізації ДРВ, а предметом дослідження - процес використання амплітудного методу локалізації джерела випромінювання з використанням технології WebSDR та програмно-визначаємих приймачів.

Основна частина

До відомих методів локалізації, визначення місцезнаходження ДРВ відносять наступні методи: кутомірний (триангуляційний) метод; часовий метод; модифікований часовий метод; амплітудні методи; метод локалізації джерела в одній точці; різницево-далекомірний метод [1]. За цього випадку можна говорити щодо використання амплітудного методу локалізації джерела випромінювання з використанням трьох і більше стаціонарних приймачів, що розміщено окремо на місцевості. Як

приймачі використовуються відповідні технології програмно-визначених приймачів. Параметри приймачів, антен, потужності джерела випромінювання вважаються відомими. Показано, що завдяки використанню технології аматорського застосування WebSDR можлива локалізація джерела випромінювання на карті місцевості методом розрахунку та порівняння амплітуд. Використання цього методу може бути корисним як додатковий спосіб локалізації джерела випромінювання при вирішенні як завдань радіомоніторингу, так і інших спеціальних задач.

У таблиці 1 наведено відомі методи локалізації ДРВ та принципи їх роботи[1].

Таблиця 1. Методи локалізації, визначення місцезнаходження

	Метод	Англомова назва	Принцип роботи
1	Кутомірний (триангуляційний) метод	Angle of arrival, OAO	Визначення точки перетину пеленгів
2	Часовий метод	Time of arrival, TOA, Time of flight, TOF	Аналіз часу приходу випромінюваних передавачем часових міток
3	Модифікований часовий метод	Round trip time, RTT	Оцінка часу розповсюдження випромінюваної часової мітки до передавача та випромінюваної (перевипромінюваної) назад
4	Амплітудні методи	Received single strength, RSS, Power of arrival, POA	Відстань до об'єкта розраховується на основі аналізу потужності (або - динаміки зміни потужності) прийнятого сигналу
5	Метод локалізації джерела в одній точці (в КХ діапазоні)	Single source location, SSL	Аналіз азимуту та кута падіння іоносферної (просторової) хвилі
5	Різницево-дальномірний метод	Time difference of arrival, TDOA	Аналіз різниць приходу сигналів від одного й того ж джерела до кількох пар приймальних пунктів

Використання амплітудного методу локалізації засновано на оцінюванні потужності або амплітуди сигналу, що за технології WebSDR засновано на використанні програмно-визначеного радіо.

Програмно-визначене радіо (SDR) - це система радіозв'язку, у якій компоненти, які традиційно реалізовані в аналоговому апаратному забезпеченні (змішувачі, фільтри, підсилювачі, модулятори / демодулятори, детектори тощо), реалізуються за допомогою програмного забезпечення на персональному комп'ютері або вбудованій системі [2].

Базова система SDR може складатися з персонального комп'ютера, оснащеного звуковою картою або іншим аналого-цифровим перетворювачем, якому передую певна форма радіочастотного інтерфейсу. Значні обсяги обробки сигналів передаються процесору загального призначення, а не спеціальному обладнанню (електронним схемам). Така конструкція створює радіоприймач, який може приймати та передавати різноманітні радіо протоколи виключно на основі використовуваного програмного забезпечення [3].

Програмні радіостанції мають значну користь для військових і стільникових телефонних служб обидві з яких повинні обслуговувати широкий спектр змінних радіо протоколів у режимі реального часу. У довгостроковій перспективі програмно визначені радіостанції, як очікують такі прихильники, як Wireless Innovation Forum (Форум бездротових інновацій), стануть домінуючою технологією в радіозв'язку. SDR разом із програмно визначеними антенами є засобом когнітивного радіо.

Принцип роботи програмно-визначаємих приймачів

У супергетеродинамих приймачах використовується VFO (генератор змінної частоти), змішувач і фільтр для налаштування потрібного сигналу на загальну проміжну частоту (ПЧ) або смугу модулів. Зазвичай у SDR цей сигнал потім дискретизується аналого-цифровим перетворювачем. Однак, у деяких програмах немає необхідності налаштовувати сигнал на проміжну частоту, і радіочастотний сигнал безпосередньо дискретизується аналого-цифровим перетворювачем (після підсилення), що показано на Рисунок 1 та Рисунок 2 [3].

Справжнім аналого-цифровим перетворювачам не вистачає динамічного діапазону, щоб сприймати субмікровольтні радіосигнали нановатної потужності, створені антеною. Таким чином, підсилювач з низьким рівнем шуму повинен передувати етапу перетворення, і цей пристрій створює власні проблеми. Наприклад, якщо присутні паразитні сигнали (що типово), вони конкурують з бажаними сигналами в динамічному діапазоні підсилювача. Вони можуть вносити спотворення в потрібні сигнали або повністю блокувати їх.

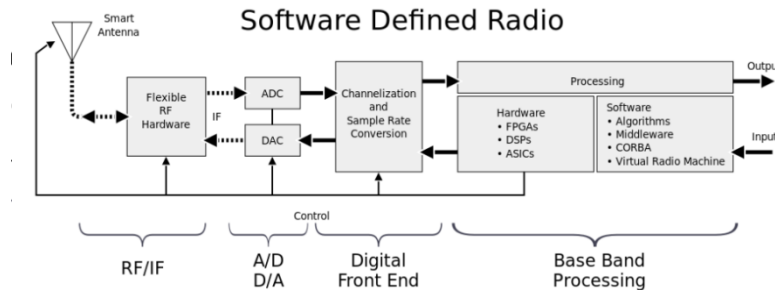


Рис. 1. Програмно визначена концепція радіо, передавальна частина

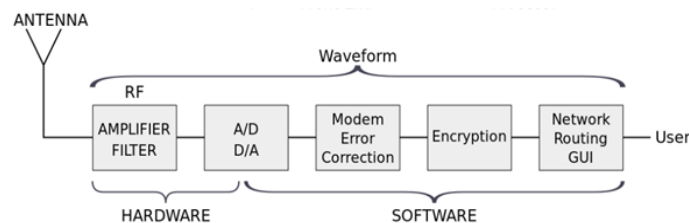


Рис. 2. Програмно визначена концепція радіо, приймальна частина

Стандартним рішенням є встановлення смугових фільтрів між антеною та підсилювачем, але вони зменшують гнучкість радіо. Справжні програмні радіостанції часто мають два або три фільтри аналогових каналів з різною смугою пропускання, які вмикаються та вимикаються [3]. Таким чином, використання програмно-визначаємих приймачів дозволить реалізувати достатньо просто різні види обробки сигналів та виконати оцінку амплітуди сигналів.

Принцип локалізації ДРВ

Принцип локалізації ДРВ показано на рис. 3. Розрахунок дальності з трьох та більше позицій приймання сигналу надає можливість побудувати лінії (кола за ідеальних умов) рівної потужності сигналів, що приймаються. Точки перетину вкажуть на область ймовірного знаходження ДРВ. Відстань до об'єкта розраховується на основі аналізу потужності (або - динаміки зміни потужності) прийнятого сигналу.

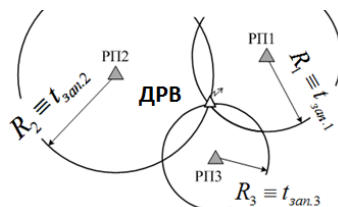


Рис. 3. Принцип локалізації ДРВ

На підставі виміру амплітуди сигналу джерела випромінювання та з урахуванням згасання при розповсюдженні радіохвиль можна оцінити дальність до джерела випромінювання [1]. Для перевірки можливості локалізації джерела випромінювання амплітудним методом було вибрано сигнал станції DCF77. DCF77 - це німецька довгохвильова радіостанція для передачі сигналу часу та стандартної частоти. Основний і резервний передавач розташовані на 50°0'56"N 9°00'39"E в Майнфлінгені, приблизно за 25 км на південний схід від Франкфурта-на-Майні, Німеччина. Передавач генерує

номінальну потужність 50 кВт, з яких близько 30-35 кВт може випромінюватися через Т-подібну антену [4].

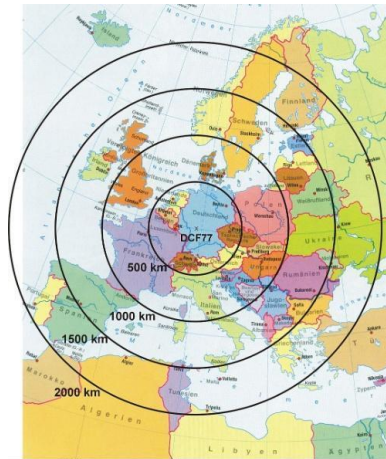


Рис. 4. Зона прийому DCF77 від Майнфлінгена

Результати оцінки місцезнаходження ДРВ DCF77 знаходиться в межах 10 км, що свідчить про необхідність більш точного врахування параметрів розповсюдження радіохвиль у даному діапазоні та вимагає уточнення реальних параметрів передавача.

Висновки

Результати дослідження свідчать про можливість використання амплітудного методу локалізації джерела випромінювання з трьох і більше стаціонарних позицій приймачів та технології WebSDR для локалізації джерела випромінювання. Обмеженнями є необхідність знання основних параметрів ДРВ та параметрів приймачів SDR. Використання цього методу може бути корисним як додатковий спосіб локалізації джерела випромінювання при вирішенні як завдань радіомоніторингу, так і інших спеціальних задач

Література

1. Теорія і практика управління використанням радіочастотного ресурсу: Навч. посібник / За ред. д-ра техн. наук, проф. В. Г. Кривуци.— К.: ДУІКТ, 2012.—596 с.
2. Романюк В.А. Мобільні радіомережі – перспективи бездротових технологій // Мережі та телекомунікації. – 2003. – № 12. – С. 62 – 68.
3. Міночкин А.І., Романюк В.А. Методологія оперативного управління мобільними радіомережами // Зв’язок. – 2005. – № 2. – С. 53 – 58.
4. <https://en.wikipedia.org/wiki/DCF77>.