

МЕТОДИ ОПТИМАЛЬНОГО ПРИСВОЄННЯ ЧАСТОТ В СИСТЕМАХ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ НОВИХ ПОКОЛІНЬ

Селіванов К.О.

Здобувач кафедри «Інфокомунікаційної інженерії
ім. В.В. Поповського», ХНУРЕ, Україна

E-mail: sunright@yandex.ua

Abstract

The main methods of optimal assignment of frequencies to a group of radio-electronic means are considered. The analysis of the advantages and disadvantages of the considered methods is carried out, and the possibilities of their application in the problems of frequency mastering of new generation mobile communication systems are determined. Proposed the method of analysis of the states of the grouping of radioelectronic devices in the group use of the frequency resource, which is based on a dynamic model of multiple interactions of n-elements of a complex system.

Всесвітня тенденція сучасного розвитку засобів інфокомунікацій йде шляхом глобалізації та персоналізації зв'язку в усьому світі, завдячуючи інтенсивному створенню нових засобів, систем та мереж як наземного так і супутникового базування і їх широкій інтеграції в різних країнах світу. В цьому аспекті в рамках задачі якості функціонування радіоелектронних засобів (РЕЗ) передачі і прийому інформації головною проблемою виступає забезпечення електромагнітної сумісності (ЕМС) різних засобів безпроводових інфокомунікацій, оскільки спостерігається збільшення нових глобальних інфокомунікаційних мереж і систем, інтенсивний розвиток корпоративних мереж зв'язку, значне зростання персональних засобів зв'язку і обсягів послуг, що ними надаються.

При проведенні тих чи інших заходів, що пов'язані зі зміною електромагнітної обстановки (ЕМО) в угрупованні радіоелектронних засобів, наприклад в результаті введення нових РЕЗ, гостро виникає необхідність аналізу умов роботи даних РЕЗ в угрупованні з метою забезпечення їх якісного функціонування при належному виконанні умов ЕМС.

В останнє десятиріччя все частіше виникає потреба в реформуванні планів використання частотних смуг. Це пов'язано, в першу чергу, зі зміною вимог до систем мобільного зв'язку нових поколінь, оскільки радіочастотний спектр поступово перерозподіляється для забезпечення сучасних потреб інформаційного суспільства.

Забезпечення радіочастотним ресурсом великої кількості стаціонарних і мобільних РЕЗ сучасних безпроводових систем різного призначення в умовах його дефіциту призводить до необхідності розробки і застосування нових методів призначення радіочастот.

Вирішення даної задачі та її умови відрізняються широким різноманіттям, яке обумовлено кількістю і щільністю розміщення РЕЗ на заданій території, ступенем їх електромагнітного взаємовпливу, обсягом наданого частотного ресурсу при обмеженні на його використання. Для розробки методів оптимального частотного планування при різних умовах експлуатації РЕЗ, необхідна розробка нових алгоритмів призначення частот, прийнятних за швидкодією і точністю з урахуванням властивостей і специфіки технологій мобільного зв'язку нових поколінь. Ця задача тісно пов'язана з проблемою електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів.

В даний час знаходять застосування наступні методи оптимального призначення частот: методи розмальовки графа, рішення задачі комівояжера, нумерації графа, послідовних наближень і методи теорії ігор.

Завдання розмальовки графа може бути вирішена точними (при невеликому числі РЕЗ) або

наближеними алгоритмами, відповідно до цього і отримане рішення буде оптимальним або квазіоптимальним [1]. До переваг даного методу можна віднести високу швидкість і можливість знаходження точного рішення, до недоліків – вузьке коло вирішуваних завдань.

Завдання призначення частот в групі однотипних РЕЗ при обліку небажаних впливів по сумісним і сусіднім каналам прийому і взаємовпливу РЕЗ в дуельних ситуаціях зводиться до задачі комівояжера [2]. До переваг даного методу можна віднести високу швидкість і можливість знаходження точного рішення, до недоліків – неможливість призначення частот в групі різнотипних засобів.

Необхідність обліку впливу завад не тільки по сумісним і сусіднім каналам прийому, але також і по побічних каналах прийому в дуельних ситуаціях вимагає розгляду ряду умов взаємовпливу РЕЗ. Цим умовам відповідає граф більш складної конфігурації, ніж в зазначених вище випадках.

Наявність декількох заборонених співвідношень номерів каналів викликає необхідність кожній парі вершин графа ставити у відповідність кілька ребер, що має місце у мультиграфах. При цьому ребра мультиграфа в разі призначення частот різнотипним засобам будуть орієнтованими, оскільки умови взаємовпливу в такому випадку несиметричні.

За своїм змістом дана задача належить до комбінаторної оптимізації і в даний час називається завданням маркування графа, яка узагальнює розглянуті вище завдання розмальовки та комівояжера, для вирішення якої використовуються "жадібні" алгоритми послідовної (покрокової) оптимізації, що забезпечують наближене рішення задачі [3]. До переваг даного методу можна віднести можливість його застосування для призначення частот на різнотипні РЕЗ з урахуванням всіх можливих каналів впливу завад, до недоліків – наближений розв'язок задачі і неможливість обліку групового впливу завад.

Метод послідовних наближень [4] застосовується при вирішенні задач призначення частот різнотипним РЕЗ з урахуванням впливу завад по сумісним і сусіднім каналах прийому в дуельних ситуаціях. Метод послідовних наближень в більшості випадків забезпечує більш ефективне рішення задачі призначення частот в порівнянні з методами нумерації графа, проте він не враховує взаємовплив РЕЗ по побічним каналам прийому, так як функція частотно-територіального розподілу задається у вигляді релейної функції [5].

Для присвоєння частот в угрупованнях різнотипних РЕЗ з урахуванням групового впливу завад по всіх можливих каналах прийому в даний час застосовуються методи теорії ігор [6]. Їх суть полягає в умовному призначенні РЕЗ здатністю до адаптивного вибору частоти, і на імітаційній математичній моделі відтворюється процес колективної поведінки цих РЕЗ. Дану задачу можна розглядати як безкоаліційну гру кількох осіб з протилежними інтересами і повною апріорною інформацією.

До переваг даного методу можна віднести його універсальність і можливість застосування практично в будь-яких завданнях присвоєння частот, до недоліків – наближений розв'язок задачі виходячи із специфіки розглянутого методу.

Різноманіття розглянутих обмежень не дає можливості розробити єдиний універсальний метод присвоєння частот, так як багато відомих методів мають обмеження як за розмірністю задачі, так за точністю одержуваних результатів.

Тому актуальною науковою задачею є розробка ефективного методу аналізу стану угруповання радіоелектронних засобів при груповому використанні частотного ресурсу, що заснован на динамічній моделі множинних взаємодій n -елементів складної системи, в якій враховано характер міжелементних зв'язків і фазових станів. Побудова даного методу дозволить вирішити задачу оптимального розподілу частотного ресурсу угруповання радіоелектронних засобів системи мобільного зв'язку в умовах нелінійних електромагнітних впливів [7].

Література:

1. Яньшин С.Н., Эффективность алгоритмов раскраски графов в задачах оптимального присвоения частот / Яньшин С.Н. Т. В. Харченко, Д. В. Володин, С. А. Сорокин // Электросвязь. 2004. № 1.
2. Хэйл У. К. Присвоение частот: теория и приложения // ГИИЭР. 1980. № 12.
3. Соловьев В. В. Оптимальное присвоение частот в телевизионных сетях // Радиотехника. 1999. № 6.
4. Беденко С.В., Определение минимальной полосы частот для ЭМС радиоэлектронных средств / С. В. Беденко, А. В. Занозин, Т. А. Михайлова, М. В. Селиванов, П. А. Сай // Электросвязь. 2000. №

- 9.
5. Электромагнитная совместимость РЭС и систем / Под ред. Н. М. Царькова. М.: Радио и связь, 1985.
6. Ермаков А. И., Устойчивость децентрализованного управления частотами в группе РЭС с коллективным доступом / А. И. Ермаков, В.В. Соловьев // Радиотехника. 1995. № 1-2.
7. Kashmoola M.A., Model of dynamics of the grouping states of radioelectronic means in the problems of ensuring electromagnetic compatibility / Kashmoola M.A., Alsaleem M.Y.A., Alsaleem N., Moskalets M. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. №6/9 (102) P. 12-20. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.188976>