

МЕТОДИ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛЕННЯ РАДІОЧАСТОТНОГО РЕСУРСУ У МЕРЕЖАХ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ НОВИХ ПОКОЛІНЬ

Савченко Р.О., Селіванов К.О., Москалець М.В.

Кафедра «Інфокомунікаційної інженерії ім. В.В. Поповського»,
Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна

E-mail: roman.savchenko1@nure.ua,
mykola.moskalets@nure.ua,
sunright@yandex.ua

Abstract

The purpose of the work is to develop issues of methods for optimal distribution of radio frequency resources in 4G LTE mobile networks. The issues of constructing a method of radio frequency resource allocation in mobile communication networks on the basis of optimal algorithms for assigning frequencies to a group of electronic means are considered.

До основних методів оптимального присвоєння частот групі радіоелектронних засобів: методи розмальовки графа, рішення задачі комівояжера, числовий нумерації графа, послідовних наближень і методи теорії ігор. Оцінені переваги і недоліки розглянутих методів, а також визначені можливості їх застосування в задачах призначення частот.

Розвиток сучасних радіосистем різного призначення тягне за собою використання великої кількості стаціонарних і мобільних радіоелектронних засобів (РЕЗ). Забезпечення їх радіочастотним ресурсом в умовах його дефіциту призводить до необхідності розробки і застосування методів призначення частот. Умови вирішення даного завдання відрізняються різноманіттям, обумовленим кількістю і щільністю розміщення РЕЗ, ступенем їх взаємовпливу, об'ємом виділеного частотного ресурсу і обмеженнями на його використання, що не дозволяє розробити універсальний метод присвоєння частот, так як багато відомих методи мають обмеження або по розмірності задачі, або по точності одержуваних результатів. Для розробки методів частотного планування при різних умовах експлуатації РЕЗ, придатних для реалізації радіочастотними органами, необхідний пошук оптимальних алгоритмів призначення частот, прийнятних за швидкістю і точності. Тому актуальним є аналіз ефективності існуючих методів оптимального присвоєння частот.

РЕЗ в задачах забезпечення їх електромагнітної сумісності (ЕМС) можна групувати за такими основними показниками:

- за типами засобів в угрупованні – групи з однотипними і різнотипними РЕЗ;
- за типами враховуються небажаних впливів – по сумісним, внеполосной (сусіднім) і побічних каналах прийому;
- по щільності розміщення РЕЗ в групі – "розріджені" і "зосереджені" групи. В "розріджених" угрупованнях враховуються дуельні ситуації взаємовпливу РЕЗ, а в "зосереджених" проводиться облік групового впливу завод.

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

Постановку задачі призначення частот групі РЕЗ можна сформулювати наступним чином. Нехай задана група РЕЗ $n = \overline{1, N}$ розміщених в територіальному районі $A \times A$ випадковим чином по рівномірному закону розподілу. Кожному варіанту розміщення РЕЗ відповідає матриця

взаємних вилучень, $\|R_{ij}\|$, $R_{ij} \neq 0, i = \overline{1, N}, j = \overline{1, N}$. Задано безліч частотних каналів $\{f_m\}, m = \overline{1, M}, M \geq N$, які можуть бути присвоєні РЕЗ зазначеної групи, або смуга частот $\{f_{min} \dots f_{max}\}$, доступна для призначення. Потрібно при призначенні робочих частот РЕЗ мінімізувати сумарну кількість присвоєних номерів каналів або займану групою РЕЗ смугу частот.

Методи розмальовки графа в задачах присвоєння частот використовуються в разі призначення частот в групі однотипних РЕЗ при обліку небажаних впливів по поєднаним (основним) каналам прийому і взаємовпливу РЕЗ в дуельних ситуаціях. В даному випадку при $R_{ij} > R_{B3}$ i -е та j -е РЕЗ можуть працювати на співпадаючих частотних каналах (R_{B3} - мінімально допустиме взаємовидалення i -го та j -го РЕЗ на співпадаючих частотних каналах), а при $R_{ij} \leq R_{B3}$ збіг частотних каналів для цих РЕЗ неприпустимо. При цьому матриця взаємодії видалень $\|R_{ij}\|$ відображається в матрицю взаємовпливу РЕЗ на співпадаючих частотних каналах где $\|V_{ij}\|$, де $\|V_{ij}\| = 1$, якщо $R_{ij} \leq R_{B3}$ та $\|V_{ij}\| = 0$, якщо $R_{ij} > R_{B3}$.

Матриця $\|V_{ij}\|$ інваріантна простому реберному графу G в якому вершини i та j об'єднані ребром, якщо відповідні РЕЗ на співпадаючих частотах створюють неприпустимі взаємні завади. У цьому випадку задача призначення частот формулюється як задача розмальовки графа: потрібно розфарбувати вершини отриманого графа G так, щоб ніякі суміжні вершини графа не були пофарбовані в однаковий колір, а число фарб, необхідне для розмальовки графа, було мінімальним (хроматичне число графа).

Задача розмальовки графа може бути вирішена точними (при невеликому числі РЕЗ) або наближеними алгоритмами, відповідно до цього і отримане рішення буде оптимальним або квазіоптимальним. 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 внеполосной (сусіднім) каналам прийому і взаємовпливу РЕЗ в дуельних ситуаціях зводиться до задачі комівояжера. В даному випадку в якості опції частотно-територіального розносу (ЧТР) використовується функція виду:

$$\Delta f_{доп\ i\ j} = \begin{cases} \Delta f_0 \left(\frac{R_{B3}^2}{R_{ij}^2} - 1 \right)^{\frac{lg \mu}{3}} & \text{при } R_{ij} > R_{B3}; \\ 0 & \text{при } R_{ij} \leq R_{B3}, \end{cases} \quad (1)$$

де $\Delta f_{доп\ i\ j}$ – мінімально допустима частотна расстройка робочих частот i -го та j -го РЕЗ, при якій відсутній їх взаємовплив; Δf_0 – ширина смуги пропускання приймача РЕЗ на рівні – 3 дБ; μ – коефіцієнт прямокутності АЧХ приймача; R_{B3} – параметр, що характеризує відстань взаємовпливу при $\Delta f_{доп\ i\ j} = 0$; R_{ij} – взаємовидалення i -го та j -го РЕЗ.

Література

1. Хэйл У. К. Присвоение частот: теория и приложения // ГИИЭР. 1980. № 12.
2. 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>