

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИСВОЕНИЯ ЧАСТОТ РАДИОЛИНИЯМ

А.А. КАРПУК

*ОАО «АГАТ – системы управления», управляющая компания холдинга
«Геоинформационные системы управления»
пр. Независимости, 117, г. Минск, 220114, Республика Беларусь
A_Karpuk@yahoo.com*

Построена математическая модель задачи оптимизации присвоения рабочих частот радиoliniям по критерию минимизации уровня помех между радиосредствами, отличающаяся от известных математических моделей учетом всех возможных внеполосных и побочных излучений и каналов приема. Предложены приближенные алгоритмы решения задачи.

Ключевые слова: присвоение частот радиoliniям, электромагнитная совместимость.

В информационно-аналитических системах для оценки качества и оптимизации сетей радиосвязи после ввода в базу данных характеристик всех радиoliniй (РЛ) проверяется возможность совместной работы этих РЛ на указанных рабочих частотах с учетом их электромагнитной совместимости и внешней электромагнитной обстановки. При невозможности совместной работы РЛ система предоставляет пользователю возможность оптимизации сетей радиосвязи, включая оптимизацию присвоения рабочих частот радиoliniям. Известно, что если учитывать помехи только по основным каналам излучения и приема, то задачу оптимизации присвоения рабочих частот РЛ можно свести к задаче раскраски графа, а если учитывать помехи только по основным и внеполосным каналам излучения и приема, то к задаче о коммивояжере [1]. Несмотря на то, что обе эти задачи являются NP – трудными, для их решения разработаны эффективные алгоритмы. Однако в реальных задачах оптимизации присвоения рабочих частот РЛ требуется учитывать также помехи по побочным каналам излучения и приема, в том числе по комбинационным и интермодуляционным каналам.

Автором построена математическая модель задачи оптимизации присвоения рабочих частот РЛ по критерию минимизации уровня помех между радиосредствами (РС), отличающаяся от известных математических моделей учетом всех возможных внеполосных и побочных излучений и каналов приема РС. РЛ, входящую в сеть радиосвязи, назовем простой, если в любой момент времени эта РЛ может работать только на одной частоте из некоторого числа $m_i \geq 1$ присвоенных частот, независимо от того, на каких частотах работают остальные РЛ сети радиосвязи. В работе [2] показано, что любую сеть радиосвязи, в состав которой входят симплексные РЛ, одноканальные и многоканальные дуплексные РЛ, одноканальные и многоканальные РЛ с псевдослучайным переключением частот можно свести к сети радиосвязи, состоящей только из простых РЛ. Если все РЛ сети радиосвязи простые, то РС любой РЛ могут создавать электромагнитные помехи только для РС других РЛ, причем уровни этих помех зависят только от характеристик и пространственного расположения РС двух РЛ и частот, на которых работают РЛ. РС любых двух простых РЛ могут создавать интермодуляционные электромагнитные помехи только для РС третьей простой РЛ, причем уровни этих помех зависят только от характеристик и пространственного расположения РС трех РЛ и частот, на которых работают РЛ.

В качестве целевой функции в математической модели задачи оптимизации присвоения частот РЛ прием минимизацию суммы штрафов за использование частот в

РЛ, за наличие и величину уровней электромагнитных помех между РС РЛ и за наличие и величину уровней интермодуляционных электромагнитных помех между РС РЛ. Введем матрицу $X = (x_{ij}), i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$, элемент которой x_{ij} равен 1, если простой РЛ RL_i присвоена частота f_j , и равен 0 в противном случае. Тогда целевую функцию можно записать в виде

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} x_{ij} + \frac{1}{2} \sum_{i_1=1}^n \sum_{j_1=1}^m \sum_{i_2=1}^n \sum_{j_2=1}^m c_{i_1 j_1 i_2 j_2}^{(2)} x_{i_1 j_1} x_{i_2 j_2} + \\ + \frac{1}{6} \sum_{i_1=1}^n \sum_{j_1=1}^m \sum_{i_2=1}^n \sum_{j_2=1}^m \sum_{i_3=1}^n \sum_{j_3=1}^m c_{i_1 j_1 i_2 j_2 i_3 j_3}^{(3)} x_{i_1 j_1} x_{i_2 j_2} x_{i_3 j_3} \rightarrow \min.$$

В качестве ограничений в модели выступают требования о присвоении каждой простой РЛ $RL_i, i = \overline{1, n}$, ровно m_i частот:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = m_i \text{ для всех } i = \overline{1, n}.$$

Следующую группу составляют ограничения на область значений параметров и переменных:

$$a_{ij} \geq 0, c_{i_1 j_1 i_2 j_2}^{(2)} \geq 0, c_{i_1 j_1 i_2 j_2 i_3 j_3}^{(3)} \geq 0, m_i \geq 1, x_{ij} \in \{0, 1\} \text{ для всех } \\ i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, i_1 = \overline{1, n}, j_1 = \overline{1, m}, i_2 = \overline{1, n}, j_2 = \overline{1, m}, i_3 = \overline{1, n}, j_3 = \overline{1, m}.$$

Предложенная математическая модель названа многомерной задачей о назначениях с совместительством, поскольку отличается от классической задачи о назначениях тем, что одного претендента можно назначить на несколько должностей, и любое подмножество из двух или трех должностей может оказаться занятым претендентами, конфликтующими между собой. Эта задача является NP – трудной, поэтому для ее решения разработаны приближенные алгоритмы: жадный алгоритм и алгоритмы локального поиска в заданной окрестности [3]. В этих алгоритмах используются оценки электромагнитной совместимости любых двух и трех РС, работающих на заданных частотах. Вопросы вычисления этих оценок и поиска оптимальных рабочих частот для двух и трех РС рассмотрены в работах [4, 5]. Вычислительные эксперименты показали, что в реальных задачах оптимизации присвоения частот РЛ при достаточно высокой плотности РС различных РЛ и ограниченном частотном ресурсе жадный алгоритм крайне редко приводит к оптимальному решению. Зато детерминированный алгоритм локального поиска в 1 – окрестности и 2 – окрестности, начинающий работу с решения, полученного жадным алгоритмом, почти в 80% случаев находит оптимальное решение за приемлемое время. В остальных случаях найденное решение является достаточно близким к оптимальному решению.

Список литературы

1. Соловьев В.В. Методы оптимального присвоения частот. М. НПФ «Гейзер». 2001.
2. Карпук А.А. // Информатика. 2006. № 4 (12). С. 5–13.
3. Карпук А.А. // Информатика. 2008. № 2 (18). С. 5–13.
4. Карпук А.А. // Матер. междунар. научн. конф. «Современные проблемы математики, механики, информатики». Тула. 2007. С. 230–233.
5. Карпук А.А. // Современные проблемы информатизации в экономике и обеспечении безопасности: Сб. трудов. Вып. 15. Воронеж. 2010. С. 86–89.