

АНАЛИЗ МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИИ ЧАСТОТНОГО РЕСУРСА В КОГНИТИВНЫХ РАДИОСЕТЯХ

Гримова Н. А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(61166, Харьков, пр.Науки,14, каф.Инфокоммуникационной инженерии, тел. (057)
702-13-20)

e-mail: nataliia.roi@nure.ua факс (057) 702-13-20

An algorithm for frequency resource allocation in cognitive radio networks with frequency reuse. Using of this method allows reduce bandwidth in 2 and 3 times.

Концепция когнитивного радио может быть охарактеризована как радио с изучением возможностей, т.е. как радио, которое в состоянии получить знания о радио среде и корректировать свои эксплуатационные параметры и протоколы соответственно. Свойство когнитивности подразумевает способность радиосистемы решать следующие задачи: переход от одного стандарта к другому; использование нескольких стандартов; перестройку частоты; возможность участия в динамическом распределении спектра; возможность к вторичному использованию спектра; динамическую оптимизацию емкости; регулировку антенн; реконфигурацию транспортной сети. Таким образом, оптимизация распределения частотного ресурса в когнитивных радиосетях является актуальной научной задачей.

В работе предложен алгоритм распределения частотного ресурса в когнитивных радиосетях с повторным использованием частот. Задача минимизации полосы частот формулируется следующим образом. Известно, на данный текущий момент расположение в пространстве N абонентских станций (АС) в зоне обслуживания базовой станции (БС) в виде матрицы взаимных расстояний $\|d_{ij}\|, i, j = 1, 2, \dots, N$. Условия совместного использования АС в зоне обслуживания БС определяются функцией частотно-территориального разноса (ЧТР), которая представляет собой монотонно убывающую функцию допустимой расстройки рабочих частот АС Δf от их взаимного удаления d :

$$\Delta f = g(d). \quad (1)$$

Каждой i -й АС требуется присвоить рабочую частоту $f_i, i = 1, 2, \dots, N$ так, чтобы при выполнении условий электромагнитной совместимости (ЭМС) занимаемая ими полоса частот

$$\Delta F = \max_{1 \leq i \leq N} f_i - \min_{1 \leq i \leq N} f_i \quad (2)$$

была минимальной, а ее минимальное значение соответствовало бы заданной частоте $f_{\min}$:

$$f_{\min} = 2f_{cp} - \max_{1 \leq i \leq N} f_i. \quad (3)$$

По известной матрице $\|d_{ij}\|$ и заданной функции ЧТР (1) условия ЭМС АС в зоне обслуживания БС можно записать в виде матрицы допустимых частотных расстроек между АС $\|\Delta f_{ij}\|$, элементы которой ограничивают выбор рабочих частот с помощью соотношений

$$|f_i - f_j| \geq \Delta f_{ij}, (\Delta f_{ij} = g(d_{ij}), i, j = 1, 2, \dots, N, i \neq j). \quad (4)$$

Тогда в области, определяемой ограничениями (3) и (4), необходимо найти такие значения переменных f_i , при которых целевая функция (2) принимает наименьшее

значение. Алгоритм разработан на основе использования метода локальной оптимизации. В данном случае условием локальной оптимальности является то, что присваиваемая очередной АС рабочая частота должна быть ближайшей к присвоенной на предыдущем шаге частоте при условии соотношений (4).

В работе проведен анализ эффективности алгоритма распределения частотного ресурса в когнитивных радиосетях для сети LTE.

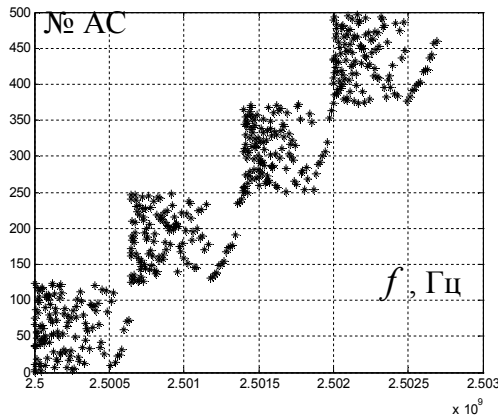


Рис. 1. Присвоение частот АС сети LTE

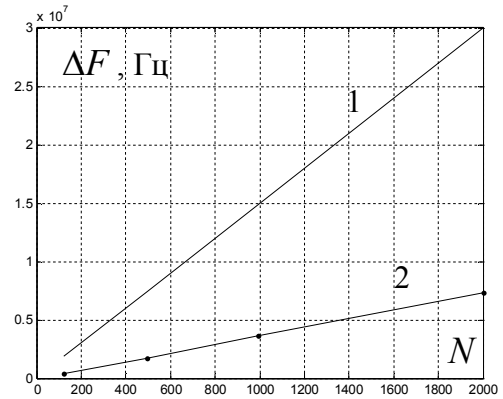


Рис. 2. Зависимость ΔF от N сети LTE

Произведено распределение частотного ресурса между АС в диапазоне от 2,5 до 2.5027 ГГц с соответствующим присвоением им частот. Пример такого присвоения частот показан на рис.1. При этом, как видно из рис.1 в пределах свободного частотного диапазона выделено 496 дополнительных каналов. На рис. 2. представлена зависимость ширины полосы частот ΔF от количества обслуживаемых АС N сети LTE. Кривая 1 соответствует случаю распределения частотного ресурса без использования предложенного метода, а кривая 2 с использованием предложенного метода. Анализ показал, что использование данного метода позволяет в 2 -3 раза сократить полосу частот. Также можно сделать вывод о том, что с ростом числа одновременно обслуживаемых АС эффективность метода повышается.

Наиболее важной задачей в перспективных радиосетях является обеспечение качества связи. Таким образом, алгоритм распределения частотного ресурса в сети мобильной связи с обеспечением качества связи является актуальной научной задачей.

В данное время, АС сетей радиосвязи проводится выделение частотного ресурса (выделение каналов связи) по алгоритмам обеспечения экстремального $Q_{36}^{\max}$ или необходимого $Q_{36}^{\text{необх}}$ значения качества связи для приоритетных или равноправных каналов связи (КС). Критерием эффективности КС выступает качество связи Q_{36} с допустимыми потерями достоверности:

$$Q_{36} \left(P_{\text{ном}} \leq P_{\text{ном}}^{\text{дон}} \right) \text{ або } Q_{36} \left(P_{\text{пр}} \geq P_{\text{пр}}^{\text{мин}} \right), \text{ де } P_{\text{ном}} \text{ і } P_{\text{ном}}^{\text{дон}} -$$

соответственно вероятность ошибочного приема сигнала и допустимая вероятность ошибочного приема сигнала, $P_{\text{пр}}$ и $P_{\text{пр}}^{\text{мин}}$ - вероятность правильного приема сигнала и минимально допустимая вероятность правильного приема сигнала.

Для приоритетных КС управления частотным ресурсом сводится к назначению АС частоты f из доступного частотного ресурса $f = 1, \bar{n}$ через показатель отношения

мощности сигнала АС к мощности помехи. Общая постановка задачи оптимального распределения частотного ресурса в равноправных КС формулируется следующим образом. Нужно найти вектор распределения ресурса $f^n = \{f_1, \dots, f_M\}$ между M АС, при котором будет обеспечено максимально возможное качество связи во всех сложившихся КС.

При децентрализованном использовании частотного ресурса такие задачи решаются с целью максимизации среднего числа КС, обслуживаемых с требуемым качеством. Это может привести к тому, что в одни КС выделяется ресурс, обеспечивающий возможность правильного приема, что значительно превышает требуемые значения, а в других - ресурс, который не обеспечивает качество связи. Предложено оптимальное распределение частотного ресурса на радиосети осуществлять по критерию гарантированного качества связи, в большинстве случаев обеспечит максимальную равномерность качества в группировке равноприоритетных АС. Для решения задачи оптимального распределения частот в группировке АС принято критерий вида:

$$f^n = \max_m \min_n Q_{зв}^{(mn)} \left(P_{np}^{(mn)} \geq P_{np}^{\min} \right), n = \overline{1, N}, m = \overline{1, M},$$

где $Q_{зв}^{(mn)}$ качество связи в КС, создана m -й АС на n -й частоте.

При такой постановке задачи, назначение частот в группировке АС при одинаковых требованиях к качеству связи осуществляется по максиминному критерию, то есть в качестве критерия принимается максимум качества связи в КС, образованном АС в худшей СЗО. Задача назначения частот заключается в следующем. Пусть на радиосеть, состоящую из M АС, выделено N частот. Причем необходимо соблюдать условия $N \geq M$. При назначении n -й частоты m -й АС в образованном КС обеспечивается вероятность правильного приема $P_{np}^{(mn)}$. Нужно найти такой вариант назначения частот, при котором будет обеспечиваться максимальная вероятность правильного приема в КС с АС, которая имеет плохое состояние с точки зрения ЭМС. Обозначим F через матрицу распределения частот, элементы которой f_{mn} принимают значения 0 или 1 и определяются из следующих условий:

$$f_{mn} = \begin{cases} 1, & n - \text{а частота, яка закріплена за } m - \text{ю АС;} \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

Тогда из множества $\{F\}$ необходимо найти такую матрицу присвоения частот $F^* = \{f_{mn}^*\}$ при которой достигается $F^* = \max_{\{F\}} \min_m P_{np}^{(mn)}(f_{mn})$ оптимальный вариант присвоения частот ($P_{np}^{(mn)}(f_{mn})$ - вероятность правильного приёма в КС, которая находится в худших условиях при назначении m -й АС n -й частоты). Для решения этой задачи рассчитывают значения вероятности правильного приёма, которые подаются в виде матрицы:

$$P_{np}^{(mn)} = \begin{vmatrix} P_{np}^{11} & P_{np}^{12} & \dots & P_{np}^{1N} \\ P_{np}^{21} & P_{np}^{22} & \dots & P_{np}^{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{np}^{M1} & P_{np}^{M2} & \dots & P_{np}^{MN} \end{vmatrix}.$$

Алгоритм распределения частотного ресурса сети приведем в виде такой последовательности операций:

1. С элементов матрицы строится вариационный ряд:

$$P_{ij}^{(1)} > P_{ke}^{(2)} > \dots > P_{pq}^{(\gamma)} > \dots > P_{rd}^{(v)}, r = \overline{1, M}; d = \overline{1, N}.$$

2. На первом шагу принимается $\gamma = M$.

3. Складывается матрица $F_{ij}^{(\gamma)}$, учитывая

$$F_{ij}^{(\gamma)} = \begin{cases} 1, & P_{ij} - P_{ij}^{(\gamma)} \geq 0; \\ 0, & P_{ij} - P_{ij}^{(\gamma)} < 0. \end{cases}$$

4. Определяется число M^* независимых единичных элементов матрицы $F_{ij}^{(\gamma)}$, то есть таких, которые никакие два из указанных элементов не лежат в одном и том же рфяду и в одном и том же столбце этой матрицы: если $M^* < M$, то $\gamma = \gamma + (M - M^*)$ перейти к п.3; если $M^* = M$, то перейти к п.5.
5. Складывается матрица назначений сформированных КС при назначении частот.

Список литературы:

1. Ермаков А.И. Алгоритмы оптимизации выделяемой полосы частот для группы однотипных радиоэлектронных средств по условиям обеспечения их ЭМС/Ермаков А.И., Соловьев Н.В.// Радиотехника. Научно-техн. и теор. журнал. - М.: Радио и связь. – 1983. - №3.
2. Коляденко Ю.Ю. Анализ алгоритмов управления частотным ресурсом в системах сотовой связи /Коляденко Ю.Ю. - Международная научная конференция «Интеллектуальные системы принятия решений и прикладные аспекты информационных технологий» (ISDMIT'2006). – Евпатория. - 2006 г. С.56-57.