

МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНЫМ СПЕКТРОМ В КОГНИТИВНОЙ СЕТИ СВЯЗИ

Билык В.А., Панченко Р.С.

Кафедра «Инфокоммуникационной инженерии
имени В.В. Поповского», Харьковский нацио-
нальный университет радиоэлектроники,
Украина.

E-mail: makoveliprod@gmail.com

Abstract

The entry describes cognitive approach to the solution of a problem of fuzzy control of a radio-frequency spectrum in a radio network. The entry describes cognitive approach to the solution of a problem of fuzzy control of a radio frequency spectrum in a radio network. Actuality of electronic environment data at each frequency channel is ensured by a continuous cyclic analysis of the environment condition. Method of formation of dynamic rating of frequencies according to their suitability for ensuring of communication is presented.

Стремительное развитие беспроводных телекоммуникационных систем, таких как: системы сотовой и спутниковой радиосвязи, локальные беспроводные сети и Интернет по технологии Wi-Fi и Wi-MAX, обнаружило серьезную проблему.

В ходе развития беспроводных телекоммуникационных систем, среди них такие как: системы сотовой и спутниковой радиосвязи, локальные беспроводные сети и Интернет по технологии Wi-Fi и Wi-MAX, была обнаружена серьезная проблема: весь частотный ресурс к этому времени уже распределен и лицензирован, что существенно замедляет процесс внедрения и перехода к более новым технологиям. Однако, исследования, проведенные Федеральной комиссии связи США показывают, что спектр, как ресурс, на данный момент используется не достаточно неэффективно.

Существенным образом повысить эффективность использования спектра позволяет механизм динамического управления спектром, согласно которому вторичными пользователями (не закрепленными за данным частотным диапазоном) предоставляется возможность использовать диапазоны первичных пользователей (закрепленных за данным диапазоном) на время, пока этот диапазон не используется первичными пользователями.

Свойство когнитивности подразумевает способность системы динамически управлять излучаемым сигналом в реальном времени: смена модуляции радиосигнала, перестройка частоты, возможность переиспользования спектра, оптимизацию ширины радиоспектра в зависимости от нагрузки, регулировку антенн и т.д.

Таким образом, оптимизация распределения радиочастотного ресурса в когнитивных сетях и разработка алгоритма распределения частотного ресурса с повторным использованием частот является актуальной научной задачей.

Необходимо разработать способ динамического управления сетевыми частотными ресурсами, на основе знаний, формируемых в ходе постоянного коллективного изучения (базовой станцией и абонентскими устройствами) состояния выделенных для осуществления связи рабочих частот.

Радиоканал связи представляет собой канал с аддитивным белым гауссовским шумом (АБГШ)

$$s'(t) = s(t) + n(t), \quad (1)$$

где $s(t)$ – полезная составляющая исходного сигнала, $n(t)$ – АБГШ, $s'(t)$ – суммарный сигнал на входе приемника. Учитывая, что места размещения абонентских станций и базовой станции различны, со-

стояння робочого и резервних радіоканалов также могут быть различни. Данное обстоятельство обуславливается наличием помех различного происхождения и различием условий распространения в местах размещения абонентских и базовой станции. С учетом воздействия внешних помех, формула (1) принимает вид:

$$\hat{s}(t) = s(t) + n(t) + n_n(t) = s(t) + n_{\text{шн}}(t), \quad (2)$$

где $n_n(t)$ – помеха, а $n_{\text{шн}}(t)$ – суммарный сигнал АБГШ и помехи. Отношение сигнал/шум на входе приемника в общем виде определяется как:

$$SNR = \frac{P_c}{(P_m + P_n)}, \quad (3)$$

Очевидно, что при появлении в радиоканале длительной помехи увеличение может быть достигнуто путем выбора частоты с более низким ее уровнем. При этом радиоэлектронная обстановка (РЭО) может быть описана с помощью числовых характеристик случайных величин - математическое ожидание (МО) и среднеквадратичное отклонение (СКО) уровня помех (помеха + шум). Предполагается, что измерение характеристик радиоканалов осуществляется дискретно:

$$T = Jt_0, \quad (4)$$

где T – период наблюдения, t_0 – время между отсчетами, а J – количество отсчетов для оценки характеристик случайной величины. Следовательно, МО уровня шумов и помех в z -м канале может быть определено как среднее его значение:

$$M_{P_{\text{шн}}^i} = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J P_{\text{шн}}^{i,j}, \quad (5)$$

где $P_{\text{шн}}^{i,j}$ – уровень шума и помехи (далее – помехи), измеренная в j -й отсчет времени в z -м канале. При достаточно большом значении J оценка МО уровня помехи состоятельна. Значение СКО определяется как:

$$\sigma_{P_{\text{шн}}^i} = \sqrt{M_{P_{\text{шн}}^i}^2 - (M_{P_{\text{шн}}^i})^2}, \quad (6)$$

где $M_{P_{\text{шн}}^i}$ – математическое ожидание квадрата уровня помехи в i -м канале ($P_{\text{шн}}^i$). В процессе функционирования каждая АС и БС осуществляют сбор первичных статистических данных о РЭО в точке приема на частотах выделенного диапазона $D_f = \{f_1 \dots f_I\}$ с цикловой периодичностью T . Первичные статистические данные для каждой i -ой точки контроля РЭО представляют собой матрицу $[P_{i,j}]_n$ размерностью $I \times J$, где I – количество частотных каналов, J – количество временных отсчетов, n – номер точки контроля (АС или БС).

Ячейки матрицы заполняются измеренными значениями уровня помехи. Мониторинг РЭО осуществляется непрерывно за счет цикличности перезаписи данных в матрице. Тем самым достигается актуальность данных и непрерывность анализа. После первого заполнения всех ячеек матрицы первичных данных (а затем с заданной периодичностью или по требованию), выполняется расчет МО и СКО уровня мощности помехи в каждом канале согласно формул (5) и (6), на основании чего каждая АС и БС формируют две вектор–строки вида:

$$\vec{M}_{P_{\text{шн}}^n} = [M_{P_{\text{шн}}^i}]_n, \quad (8)$$

$$\vec{\sigma}_{P_{\text{шн}}^n} = [\sigma_{P_{\text{шн}}^i}]_n, \quad (9)$$

где n – номер АС (или БС), i – номер частотного канала. Сформированные вектор–строки передаются в конце каждого цикла анализа (по каналу управления) на базовую станцию, где формируется две матрицы данных РЭО размерностью $N \times I$:

$$M_{P_{\text{шн}}} = [M_{P_{\text{шн}}^n, i}], \quad (10)$$

$$\sigma_{P_{\text{шп}}} = [\sigma_{P_{\text{шп}}} n, i], \quad (11)$$

также обновляемые по мере поступления данных от АС. Далее по результатам обработки данных из обеих матриц формируется матрица рейтинга частотных каналов размерности $N \times I$:

$$R_f = [R_{f_{n,i}}], \quad (12)$$

где значения ячеек соответствуют весовым коэффициентам частотных каналов (их рейтингу согласно пригодности для обеспечения связи). При этом формирование коэффициентов осуществляется для каждого элемента матрицы отдельно, на основе применения аппарата нечеткой логики. Методика определения весовых коэффициентов рассмотрена ниже.

Над полученной матрицей весовых коэффициентов проводится операция свертки по строкам (абонентам сети) исходя из критерия минимума весового коэффициента для каждого частотного канала (присвоение минимальных весовых коэффициентов частотным каналам по всей сети), в результате чего формируется вектор-строка весовых коэффициентов частотных каналов:

$$\vec{R}_f = \left[\min_{i \in f} [R_{ni}] \right] = [R_{fi}]. \quad (13)$$

Сформированная вектор-строка рассылается всем абонентам для формирования перечня запасных частот.

По результатам анализа полученной вектор-строки по критерию максимума весового коэффициента определяется наилучший для обеспечения связи частотный канал:

$$f_{\text{шп}} = f_i, \quad (14)$$

где i – соответствует номеру частотного канала с максимальным весовым коэффициентом:

$$f_i \sim \max[R_{fi}]. \quad (15)$$

В результате чего формируется рейтинг частотных каналов по пригодности к обеспечению связи. Переход на запасной частотный канал осуществляется автоматически по команде базовой станции при ухудшении качества канала связи или невозможности обеспечения связи с заданным качеством на текущем канале.

Литература:

1. Tafazolli R. Technologies for the Wireless Future, volume 2, Wireless World Research Forum/Tafazolli R., Wiley J. - Chichester, England. 2006 – 349 p.
2. Теория и методы электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств / Под редакцией Ю.А. Феоктистова. - М.: Радио и связь, 1988. – 216 с.
3. Mitola J. Cognitive Radio. An Integrated Agent Architecture for Software Defined Radio/ Mitola J. - Doctor of Technology Dissertation, Royal Institute of Technology, Sweden, May 2000.
4. Коляденко Ю.Ю. Метод оценки параметров радиоканалов сети LTE/ Коляденко Ю.Ю., Алали А.М./ Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics. 2015, vol. 15, no. 2, pp. 32–41 DOI: 10.14529/ctcr150204.