

# РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ ДВУХИНДЕКСНОЙ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ КАНАЛОВ В МНОГОКАНАЛЬНЫХ MESH-СЕТЯХ СТАНДАРТА IEEE 802.11

Лемешко А. В., Гаркуша С. В., Ахмед Хасан Абед  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
просп. Ленина, 14, г. Харьков, 61166, Украина  
тел.: (057) 7025592, e-mail: sv.garkusha@mail.ru

**Аннотация**— Представлена двухиндексная модель распределения частотных каналов в многоканальных многоадресных беспроводных *mesh*-сетях (*multichannel multiradio wireless mesh networks* — *MC MR WMN*) стандарта IEEE 802.11. Данная модель описывает процесс распределения частотных каналов в однородных и неоднородных *MC MR WMN*. В работе проведен анализ влияния территориального разнесения станций и технологических особенностей многоканальных многоадресных *mesh*-сетей на качество решения задачи распределения частотных каналов.

## I. Введение

Одним из наиболее перспективных направлений развития современных телекоммуникационных технологий являются беспроводные сети, направленные на расширение диапазона предоставляемых пользователю услуг, что в свою очередь требует повышения производительности и улучшения основных показателей качества обслуживания. Выполнение данных требований во многом связано с использованием *MC MR WMN*, производительность которых во многом определяется способом распределения частотных каналов (ЧК) между радиоинтерфейсами (РИ) *mesh*-станций [1].

В этой связи актуальной представляется задача, связанная с выбором или разработкой моделей и методов распределения частотных каналов между радиоинтерфейсами станций в *MC MR WMN* стандарта IEEE 802.11.

## II. Модель распределения частотных каналов

Требованиям, сформулированным в работе [2], наиболее полно соответствует модель распределения ЧК, представленная в работах [3, 4]. Однако ее трехиндексный характер определяет высокую размерность задачи по распределению ЧК в *mesh*-сети, решение которой необходимо обеспечивать в реальном времени.

В этой связи предлагается двухиндексная математическая модель распределения частотных каналов в *MC MR WMN* [2], при разработке которой были использованы следующие исходные данные: множество *mesh*-станций; общее количество неперекрывающихся ЧК используемых в *WMN* (в технологии IEEE 802.11 *b/g* доступно 3÷4 неперекрывающихся ЧК, а в технологии IEEE 802.11 *a* — 12 неперекрывающихся ЧК); множество зон устойчивого приема; минимально необходимое число неперекрывающихся ЧК, выделенных для *n*-й *mesh*-станции, которое как правило равно единице; число поддерживаемых РИ на *n*-й *mesh*-станции, которое, как правило, равно 1÷3.

В рамках предлагаемой модели, по аналогии с моделью предложенной в [3, 4], в ходе решения поставленной задачи необходимо обеспечить расчет булевых управляющих переменных, определяющих порядки распределения ЧК между *mesh*-станциями *WMN*.

Новизна данной модели заключается в том, что по сравнению с моделью, предложенной в работах [3,4], снижено общее количество управляющих переменных, т.к. в явном виде не производится учет количества РИ, используемых на станциях *mesh*-сети.

Результатом расчета управляющих переменных является разбиение *mesh*-сети в целом и каждой зоны устойчивого приема в отдельности на связные между собой домены коллизий, в рамках которых станции работают на одном и том же ЧК. В связи с этим, при расчете искомого переменных в каждой отдельно взятой зоне устойчивого приема необходимо выполнить ряд важных условий ограничений:

- 1) условие включения *n*-й *mesh*-станции в сеть;
  - 2) условие выделения *n*-й *mesh*-станции количества ЧК, не превышающего количество РИ;
  - 3) условие работы двух *mesh*-станций друг с другом (в рамках одной зоны устойчивого приема) не более чем на одном ЧК;
  - 4) условие того, что произвольная *mesh*-станция на используемом ею ЧК работает хотя бы с одной *mesh*-станцией своей зоны устойчивого приема;
  - 5) условие отсутствия эффекта «скрытой станции»;
  - 6) условие связности *mesh*-сети (доменов коллизий) в каждой зоне устойчивого приема;
  - 7) условие работы одной из множества *mesh*-станций находящихся на пересечении нескольких зон устойчивого приема, более чем на одном ЧК;
  - 8) условие того, что одна из множества *mesh*-станций, находящихся на пересечении нескольких зон устойчивого приема и работающих не менее чем на двух ЧК, должна работать на этих ЧК в разных зонах устойчивого приема;
  - 9) условие балансировки числа *mesh*-станций по создаваемым доменам коллизий в зависимости от территориальной удаленности и количества зон устойчивого приема.
- На выходе модели сформулирована оптимизационная задача, связанная с минимизацией количества *mesh*-станций по доменам коллизий, взвешенного относительно активности и территориальной удаленности самих станций.

## III. Анализ результатов распределения частотных каналов

В результате проведенного анализа было установлено, что на качество получаемых решений в значительной степени влияют такие особенности *mesh*-сети, как используемая технология беспроводной связи и территориальное разнесение станций, поэтому более детально остановимся именно на этих показателях.

Также установлено, что увеличение числа используемых неперекрывающихся ЧК позволяет уменьшить размер создаваемых доменов коллизий и, тем

самым, повысить общую производительность mesh-сети. Проведенные исследования показали, что использование каждого дополнительного неперекрывающегося ЧК позволяет повысить производительность mesh-сети дополнительно на (20...25)%.

Также в ходе анализа определено, что уменьшение размера зоны устойчивого приема приводит к снижению размеров создаваемых доменов коллизий, что в свою очередь способствует повышению общей производительности mesh-сети. Также уменьшение размера зоны устойчивого приема может быть направлено на уменьшение количества используемых неперекрывающихся ЧК без потери качества получаемых решений. Уменьшение количества используемых неперекрывающихся ЧК, в свою очередь, способствует улучшению электромагнитной обстановки в зоне действия беспроводной mesh-сети.

Уменьшение степени перекрытия зон устойчивого приема позволяет повысить качество получаемых решений, т.е. уменьшить размер создаваемых доменов коллизий, тем самым повышая общую производительность mesh-сети. Также повышения производительности mesh-сети можно добиться путем устранения неоднородности между используемыми зонами устойчивого приема, т.е. выполняя балансировку размеров зон устойчивого приема формирующих mesh-сеть.

#### IV. Заключение

В работе предложена математическая модель распределения частотных каналов в MR MC WMN, вычислительная сложность которой значительно ниже чем в известных решениях, предложенных в [3, 4]. Сама оптимизационная задача относится к классу задач смешанного целочисленного нелинейного программирования (MINLP) для решения которой была использована система *MatLab*, в рамках которой была задействована программа *minlpAssign* пакета оптимизации *TOMLAB*. В результате использования предложенной модели была сформирована связанная структура доменов коллизий, которая позволяет обеспечить информационный обмен между произвольной парой станций MC-MR WMN.

В результате анализа установлено, что на качество получаемых решений в значительной степени влияют такие параметры mesh-сети, как число используемых неперекрывающихся частотных каналов, степень перекрытия зон устойчивого приема, неоднородность топологии mesh-сети, размер зоны устойчивого приема, число включенных радиointерфейсов на станциях mesh-сети. Уменьшение размера зоны устойчивого приема позволяет повысить качество получаемых решений, а также уменьшить число используемых частотных каналов. Использование каждого дополнительного частотного канала позволяет повысить пропускную способность беспроводной mesh-сети на (20...25)%.

#### V. Список литературы

- [1] *Akyildiz I., Wang W.* A survey on wireless mesh networks // *IEEE Communications Magazine*. 2005. Vol. 43. No. 9. P. 523—530.
- [2] *Гаркуша С. В.* Разработка и анализ двухиндексной модели распределения частотных каналов в многоканальной mesh-сети стандарта IEEE 802.11 // *Проблемы телекоммуникаций*. 2011. № 3 (5). С. 38—57. URL: [http://pt.journal.kh.ua/2011/3/1/113\\_garkusha\\_mesh.pdf](http://pt.journal.kh.ua/2011/3/1/113_garkusha_mesh.pdf). (дата обращения: 07.08.2012).

- [3] *Gogolieva M.* Mathematical model of distribution of frequency channels in multichannel mesh-networks // *Proc. of Xth International Conference "Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science" (TCSET'2010)*. (Lviv-Slavsko, Febr. 23—27, 2010). Lviv-Slavsko: Publishing House of Lviv Polytechnic, 2010. P. 31.
- [4] *Gogolieva M., Garkusha S., Abed A. H.* A mathematical model of channel distribution in multichannel mesh networks 802.11 // *Proc. of 11th International Conference "The Experience of Designing and Application, CAD Systems in Microelectronics" (CADSM'2011)*. (Polyana-Svalyava, Febr. 23—25, 2011). Polyana-Svalyava: Publishing House of Lviv Polytechnic, 2011. P. 71—73.

### DESIGN AND ANALYSIS OF TWO-INDEX MODEL OF FREQUENCY CHANNELS DISTRIBUTION IN A MULTICHANNEL MESH-NETWORK OF IEEE 802.11

Lemeshko A. V., Garkusha S. V., Ahmed Hasan Abed  
*Kharkov National University of Radioelectronics*  
14, Lenin Str., Kharkov, 61166, Ukraine,  
Ph.: (057) 7025592, e-mail: [sv.garkusha@mail.ru](mailto:sv.garkusha@mail.ru)

*Abstract* — The article introduces a double index model of the distribution frequency channels in the multichannel multi-radio wireless mesh-networking standard IEEE 802.11. The influence of stations territorial separation and technological characteristics of multiradio multichannel mesh networking upon the quality of the allocation of channels problem solution are analyzed.

#### I. Introduction

One of the most promising areas of modern telecommunications technology wireless networks concerns expanding the range of services provided by the user, which in turn requires the increase in productivity and improves the basic quality of service. Committing these requirements is largely due to the use of MR-MC WMN, and its performance is largely determined by the method of allocation of channels between radio network interface cards (NICs) mesh stations [1].

Thus the problem is in the selection or development of models and methods of distribution channels between the NIC stations in MR-MC WMN standard IEEE 802.11.

#### II, III. Main Part

The model presented in [2, 3] is the most completely matches the above mentioned requirements. However, its three-index nature specifies the high dimensionality of the problem on the distribution of the channels in the mesh network solution which is necessary to provide in real time.

In accordance with the requirements a two-index mathematical model of distribution of the channels in MC-MR WMN was proposed.

In order to assess the quality of the solutions of the channels distribution problem, using the two-index mathematical model has been analyzed and its dependence on stations territorial separation and technological characteristics of multiradio multichannel mesh networking has been studied.

#### IV. Conclusion

The paper presents a mathematical model of the distribution of channels in MR MC WMN. There was provided the analysis of the solutions obtained by performing a mathematical model. The transmission range size decreasing allows increasing the obtained solutions quality and lessening the number of the used channels. We also found out that the use of each additional channel can increase the bandwidth of wireless mesh network for (20...25)%.