

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ ВАРИАНТОВ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ СЕТЕЙ LTE

Безрук В. М., Иваненко С. А., Чеботарёва Д. В.

Харьковский национальный университет радиоэлек-
троники, Украина.

E-mail: bezruk@kture.kharkov.ua

Abstract

New stage of development of mobile wireless networks 4G network. Examines the use of technology LTE as the most promising implementation of the concept of 4G. The network of this generation характеризуется higher band-width, full convergence with wired IP networks, adaptive management of the frequency spectrum and high quality of service for multimedia traffic. Currently it is rather important question is the planning and optimization of communication networks 4G. First, if the methods of planning of mobile communication networks of previous generations are well developed, for 4G networks they are on the stage of development. Secondly building networks 4G is very costly, which does not allow to conduct large-scale experiments to build a network in real conditions. Defines the main aspects of planning LTE networks. The advantages obtained by using technology OFDM and MIMO. Also provides basic method of estimating the efficiency of projected networks. Provides the basic tasks and methods of selection of optimal design options when planning for mobile networks based on LTE technology. Analysis of the frequency spectrum of Ukraine, with the purpose of introduction of LTE technology.

Введение

Мобильные технологии вплотную подошли к своему новому этапу развития, который диктуется современными требованиями потребителей - к сетям связи 4-го поколения (4G). Сети связи 4G характеризуются более высокой пропускной способностью, полной конвергенцией с проводными IP-сетями, адаптивным управлением частотным спектром и высоким качеством обслуживания мультимедийного трафика [1]. Актуальными являются вопросы планирования и оптимизации таких сетей. Если методы планирование сетей мобильной связи предыдущих поколений хорошо развиты, то для сетей 4G они находятся в процессе развития [2]. Кроме того, важным является учет при их планировании на строго формализованном уровне совокупности притворечивых требований к основным техническим характеристикам таких сетей, что определяет необходимость использования при планировании методов многокритериальной оптимизации [3-5].

В работе рассмотрены вопросы планирования и оптимизации сетей мобильной связи на основе технологии LTE, которая является наиболее перспективной реализацией концепции 4G. Приводятся особенности использования методов многокритериальной оптимизации при планировании сетей LTE для выбора оптимальных проектных вариантов с учетом совокупности противоречивых показателей качества.

Особенности планирования сетей LTE

Планирование сетей LTE, включает следующие аспекты. Во-первых, это анализ трафика в сети, позволяющий провести имитацию работы сети. Абонентов, распределенных по территории случайным образом (однако с учетом статистического распределения по типам местности), подключают к базовым станциям с учетом требуемой емкости. Это позволяет оценить загрузку каждой базовой станции, а также количество абонентов, которые не будут обслуживаться из-за отсутствия канальной емкости на базовых станциях. Для анализа трафика необходимо предварительно провести расчет радиопокрытия и анализ интерференции сети. Во-вторых, выбор оптимальных частотных параметров сети для минимизации интерференции (т.е. территории, которые не обслуживаются из-за внутренних помех). В-третьих, оптимизация сети, в процессе которой подбираются параметры базовых станций:

частоты, азимуты и углы места антенн, мощность, высоту подвески, сайт. В результате планирования должны быть получены оптимальные значения совокупности показателей качества сети, в частности, зоны обслуживания, уровней интерференции, нагрузки трафика на базовые станции, скорости передачи, вероятности ошибок и др.

Оптимизация сети включает в себя большое количество итераций с многократным расчетом покрытий и интерференций. Результатом оптимизации сети являются параметры базовых станций сети с соответствующим покрытием сети, интерференциями и нагрузкой базовых станций.

Планирование сетей LTE выполняется с использованием эффективных антенных систем; алгоритмов динамического управления частотным ресурсом и полосы пропускания канала связи; модуляции OFDM; кодирования и шифрования информации в каналах связи. Планирование таких сетей имеет некоторые отличия от аналогичного процесса для других технологий. Отличия обусловлены типом многостанционного доступа на базе OFDM, наличием двух типов дуплекса - частотного (FDD) и временного (TDD). При планировании сетей с временным дуплексом приходится искать компромисс между радиопокрытием и емкостью сети. При определении частотного плана применяются секторные антенны для организации радиопокрытия территории и уменьшения уровня взаимных помех каналам. Используются технологии множественного приема/передачи (Multiple-Input Multiple-Output, MIMO), что способствует повышению скорости передачи данных и росту эффективности использования спектра. Используются системы MIMO для подавления эффектов замирания сигнала и для повышения пропускной способности. Применяются современные методы помехоустойчивого кодирования, скремблирования, модуляции, обработки MIMO, оценивания и выравнивания канала.

Применение методов многокритериальной оптимизации при планировании сетей мобильной связи

Рассмотрены практические аспекты выбора оптимальных проектных решений при планировании сетей мобильной связи (СМС), основанные на теории многокритериальной оптимизации. При этом процесс нахождения оптимальных проектных вариантов СМС с учетом совокупности показателей качества включает такие этапы:

- задание исходного множества вариантов построения СМС, которые характеризуются выделенной полосой частот, количеством и активностью абонентов, обслуживаемой территорией, секторизацией и высотой подвеса антенн, мощностью передатчиков базовых станций и др.;
- выбор совокупности показателей качества, учитывающих противоречивые технико-экономические требования к СМС, и задание критерия оптимальности сетей;
- формирование допустимого множества вариантов выполняется с учетом ограничений на структуру и параметры сетей, ограничений на значение выбранных показателей качества и др.;
- выделение подмножества Парето-оптимальных вариантов СМС и исключение безусловно худших вариантов по безусловному критерию предпочтения;
- анализ Парето-оптимальных вариантов СМС и оценивание многомерных потенциальных характеристик (МПХ) и многомерных диаграмм обмена (МДО) введенных показателей качества СМС;
- сужение подмножества Парето до единственного проектного варианта СМС, который используется для последующих этапов проектирования.

Показатели качества СМС могут быть трех типов; нейтральными, согласованными между собой и противоречивыми между собой. В первых двух случаях оптимизация проектных вариантов может осуществляться в отдельности по каждому из показателей качества. В третьем случае достигнуть потенциального значения каждого из показателей в отдельности не представляется возможным. При этом может быть достигнут лишь согласованный оптимум показателей качества - оптимум по критерию Парето. Такой оптимум означает, что дальнейшее улучшение каждого из показателей может быть достигнуто лишь за счет ухудшения остальных показателей качества сетей. При этом важным является получение многомерных диаграмм обмена показателей качества сетей.

При формировании исходного множества вариантов СМС рационально использовать морфологический подход, который основан на задании разных вариантов сетей, определяемых допустимыми комбинациями структуры и параметров сетей.

Проанализированы особенности применения ординалистического и кардиналистического подходов при задании критерия оптимальности СМС. Ординалистический подход апеллирует к порядку (лучше-хуже) и основан на введении некоторых бинарных отношений на множестве допустимых ва-

риантов сетей. При этом решение называется оптимальным по выбранному бинарному отношению, если не существует других вариантов, для которых было справедливо это бинарное отношение. Кардиналистический подход к описанию предпочтения вариантов приписывает каждому варианту значение некоторой целевой функции. При этом целевая функция определяет соответствующий порядок на множестве допустимых вариантов и выбор оптимального варианта сети.

Рассмотрены разные методы выбора Парето-оптимальных вариантов сети с учетом совокупности показателей качества, в частности, весовой метод, метод рабочих характеристик, метод главного критерия, метод последовательных уступок. При использовании каждого из этих методов многокритериальная задача оптимизации проектных вариантов сводится к решению некоторой совокупности скалярных оптимизационных задач.

Приведены также разные методы сужения подмножества Парето-оптимальных вариантов сетей до единственного проектного варианта, которые основаны на теории полезности, теории нечетких множеств, лексографических отношениях, методе анализа иерархий. При этом используется дополнительная информация для построения некоторой скалярной целевой функции, использование которой приводит к выбору единственного варианта сети.

Изложены особенности применения методологии многокритериальной оптимизации сетей для решения разных задач выбора оптимальных проектных вариантов при планировании сетей СМС технологии LTE. Выбраны соответствующие показатели качества сети LTE. Сформировано множество допустимых вариантов сетей, найдены Парето-оптимальные проектные варианты путем исключения, безусловно, худших проектных вариантов сети. На заключительном этапе оптимизации введена некоторая скалярная целевая функция и выбран единственный проектный вариант сети из подмножества Парето. Для автоматизированного выбора оптимальных проектных вариантов СМС с учетом совокупности показателей качества создан специальный программный комплекс, который реализует указанные процедуры оптимизации. Приводится описание программного комплекса, а также результаты его работы. Программный комплекс является основой технологии автоматизированного проектирования СМС, отличительной особенностью которого является применение математических методов и программных средств ЭВМ при планировании СМС. Использование автоматизированного проектирования позволит сократить сроки и стоимость проектирования СМС.

Литература:

1. *Tikhvinskiy V., Terentiev S., Urchuk A.* LTE mobile networks: Technologies and Architecture. – Moscow: Eco-Trends, 2010. – 284 p.
2. *Mishra A. R.* Advanced Cellular Network Planning and Optimisation. 2G/2.5G/3G Evolution TO 4G. /Edited by Ajay R. Mishra. – UK: John Wiley & Sons Ltd, 2007. – 542 p.
3. *Grosan C., Abraham A., Hassainen A.* Designing resilient networks using multicriteria metaheuristics // Telecommunication System. – 2009. – №40. – P. 75 – 88.
4. *Chebotareva D.V., Bezruk V.M.* Multicriterion optimization of the design decisions in planning networks of cellular mobile communication. - Kharkov: SMIT. 2013. – 148 p.
5. *Bezruk V.M., Bukhanko A. N., Chebotaryova D. V., Varich V. V.* Multicriteria optimization in telecommunication networks planning, designing and controlling // Open Book “Telecommunications Networks”. - Chapter 11. – Rijeka: INTECH, 2012. – p. 251 – 274.
6. *Bezruk V.M., Буханько А.Н.* Принятие оптимальных решений в телекоммуникационных сетях с учетом совокупности показателей качества. Часть 1. Методология многокритериальной оптимизации систем [Электронный ресурс] // Проблемы телекоммуникаций. – 2012. – № 1 (6). – С. 52 – 66. – Режим доступа: http://pt.journal.kh.ua/2012/1/1/121_bezruk_multicriteria.pdf.