

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СРЕДНЕЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТИ СТАНДАРТА LTE

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Иодко А.А.

Журавлев Д.В. – м.т.н., начальник сектора, АГАТ – системы управления

В работе предлагается новая методика оценки средней пропускной способности сети стандарта LTE. Благодаря учету помеховой обстановки становится возможным решить комплексную задачу синтеза сети начального приближения. Предлагаемая методика позволяет вычислить в первом приближении «гарантированное» значение пропускной способности как отдельного фрагмента, так и всей сети в целом. Таким образом, производимая оценка позволяет построить оптимальную сеть начального приближения стандарта LTE с точки зрения выполнения требований по абонентской емкости, пропускной способности.

Планирование сетей мобильной связи является сложной и многокритериальной задачей, решаемой в рамках общей методики построения сетей мобильной радиосвязи [1, 2]. Однако разработка частных методик, позволяющих учитывать специфику того или иного стандарта связи, также необходима. На сегодняшний день данный вопрос наиболее актуален для активно развивающихся сетей стандарта LTE.

Данная работа посвящена решению частной задачи, решаемой в рамках синтеза начального приближения сети LTE, – оценки средней пропускной способности как отдельной соты, так и сети в целом.

Как показывает практика, требуемая пропускная способность на линии «вверх» в сетях LTE составляет $\approx 23\%$ от общей требуемой пропускной способности, что, в целом, соответствует ярко выраженной тенденции к асимметричности трафика в сетях мобильного радиодоступа [3]. Приняв во внимание данный факт, целесообразно ввести допущение о необходимости расчета средних пропускных способностей только по линии «вниз».

Для расчета средней пропускной способности соты T_{cell} необходимо получить распределение скоростных колец в соте. Естественно, на данном этапе радиусы модуляционно-кодирующих схем не будут выражаться в км, а будут отнесены к радиусу R всей соты. Например, зона действия высокоскоростной, но слабо помехозащищенной модуляционно-кодирующей схемой (MCS – modulation and coding scheme) с соответствующей ей индексом индикатора качества канала (CQI – Channel Quality Indication № 13 (модуляция 64-QAM, скорость кода равна 0,75) равна $0,2 R$, а помехоустойчивой и низкоскоростной MCS № 2 (модуляция 4-QM, скорость кода 0,12) $0,9 R$ соответственно.

Итого, для расчета средней пропускной способности соты необходимо:

- Рассчитать относительные радиусы модуляционно-кодирующих схем.
- Рассчитать % площади от целой соты, который занимает тот или иной сегмент.
- Рассчитать пропускную способность для каждого скоростного сегмента.
- Определить среднюю пропускную способность соты.

Для снижения уровня внутрисистемной интерференции в сетях LTE реализована технология внутрисотовой координации помех ICIC (Inter-cell Interference Coordination), предусматривающая управление канальным ресурсом в частотной и временной областях. В частотной области задачи ICIC состоят в координации использования отдельных участков рабочего диапазона соседними eNB. Во временной области возможно снижение уровня мощности (или полное прекращение передач) в отдельных субкадрах соты «агрессора» с тем, чтобы существенно снизить создаваемые ею помехи в сотах «жертвах». Несмотря на реализацию этой технологии в реальных сетях, её моделирование при оценке пропускной способности не представляется возможным в виду сложности имитации алгоритма работы. Фактической расплатой в сетях LTE за существенное снижение уровня внутрисистемной является существенное снижение общей пропускной способности сети [4]. Это связано с тем, что перед технологией ICIC ставится задача создания динамической кластерной структуры, где в большинстве случаев для совокупности близлежащих сот не допускается одновременное использование двумя и более eNB одного и того же частотно-временного ресурса. Очевидно, что степень такого «вмешательства» технологии ICIC в управление частотно-временным ресурсом будет зависеть от исходных пространственно-технических параметров, определенных на этапе построения сети начального приближения.

Таким образом, при расчете скоростных зон соты, исходя из оценки бюджета потерь или статистических данных, полученные распределения скоростей не будут отражать в полной мере уровень внутрисистемной интерференции.

Из всего вышесказанного следует вывод о том, что для оценки распределения скоростей необходимо задаться окружением БС (т.е. фактически выбрать кластерную структуру), которое позволит в дальнейшем оценить уровень внутрисистемных помех и получить распределение скоростей рассчитанное, исходя из помеховой обстановки. Сформируем ряд критериев выбора оптимальной кластерной структуры:

- удовлетворение требований к пропускной способности абонентской емкости;
- максимизация коэффициента повторения частотного ресурса сети в каждой соте;

– удовлетворение заданным требованиям уровня внутрисистемной интерференции на границе соты;

В качестве примера приведем соотношения радиусов некоторых MCS (табл.) для несекторированного кластера с дробным повторным распределением частотного ресурса, состоящего из 3-х сот. Конфигурация ММО 2×2, выделенный частотный ресурс на кластер равен 20МГц (10МГц на соту), условия приема сигнала абонентским терминалом ЕРА, 5 Гц. Сетевая загрузка равна 70 % [5,6].

В таблице 1 приведены соотношения скоростных колец в соте.

Таблица 1 - Соотношения скоростных колец в соте

Индекс СQI, соответствующий MCS	Модуляция	Скорость кода, R_{code}	Средняя пропускная способность зоны, Мбит/с	Относительный радиус, $R_{отн}$	Доля от общей площади соты [%]
1	4-ФМ	0,08	2,0	1	15,36
2	4-ФМ	0,12	3,08	0,92	17,4
.
14	64-КАМ	0,85	67,2	0,23	1,29
15	64-КАМ	0,93	73,0	0,2	4

При равномерном распределении абонентов по территории обслуживания сети их количество в том или ином скоростном сегменте любого eNB будет пропорционально его площади. Следовательно, долю площади, занимаемую той или иной скоростной зоной можно принять в качестве весового коэффициента для пропускной способности каждой из зон.

Таким образом, среднюю пропускную способность соты находим по формуле:

$$Th_{cell}(DL) = \sum_{i=1}^{15} (Th_{MCSi} \times S_{MCSi} + Th_{MCS2} \times S_{MCS2} + \dots + Th_{MCS15} \times S_{MCS15})$$

Следует отметить, что основная сложность при оценке средней пропускной способности на линии «вверх» состоит в учете взаимных внутрисистемных помех, создаваемых абонентскими терминалами. Однако с учетом того, что на сегодняшний день трафик в мобильных сетях носит ассиметричный характер (доля трафика на линии «вверх» составляет 20~30), его можно пренебречь ввиду низкой вероятности одновременного занятия абонентами общего частотно-временного ресурса.

Таким образом, методика расчета уровня взаимных помех для различных конфигураций кластерных структур позволяет получить оценку интерференционной картины для наихудшего сценария, что, в свою очередь, позволяет в первом приближении гарантировать минимально-возможную среднюю пропускную способность сети.

Список использованных источников:

3. В. О. Тихвинский, С. В. Терентьев, А. Б. Юрчук. Сети мобильной связи LTE. Технологии и архитектура. - М.: Эко-Трендз, 2010. - 284 с.
4. Берлин А. Н. Цифровые сотовые системы связи. - М.: Эко-Трендз, 2007. - 296 с.
5. Ерохин С. Д. Анализ профилей абонентского интернет трафика // Т-Сотм: Телекоммуникации и транспорт. 2012. Т. 6. № 6. С. 17–18.
6. Рыжков А. Е., Сиверс М. А., Бабкин А. С., Пыленок А. М., Трофимов А. П. Сети стандарта LTE. Развитие технологий радиодоступа: монография. СПб.: СПбГУТ, 2015. 256 с.
7. 3GPP TS 136.104: "Base Station (BS) radio transmission and reception" (Release 9). April 2011.
8. 3GPP TS 136.101: "User Equipment (UE) radio transmission and reception" (Release 11). November 2012.