

УЛУЧШЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИ LTE ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ АЛГОРИТМОВ АДАПТАЦИИ И ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ КАНАЛА СВЯЗИ

Запороженко В.В., группа ТКС- 09 м
Руководитель доцент, к.т.н., Бессараб В. И.

Характеристики покрытия для радиосетей являются одними из важнейших показателей их работоспособности. Рассматриваемая технология ориентирована на приложения, чувствительные к задержке и пропускной способности, поэтому вопрос качества связи в ней стоит особенно остро. Повысить качество связи позволяет заложенные в LTE механизмы диспетчеризации радиоканала и адаптации к его условиям.[1] Чтобы исследовать эти механизмы необходимо начать с модели распространения радиосигнала в пространстве.

В настоящее время исследователями выделяются три группы моделей(методов) расчета зоны покрытия радиосети :

- статистические;
- детерминированные;
- квазидетерминированные.

Многую будут использованы статистические модели. К ним относятся модели Okumura-Hata, COST231-Hata Walfish-Ikegami и пр. В их основе лежат обобщенные статистические формулы затухания радиосигнала в различных типах застройки (городская, пригородная, сельская). Точность расчета зависит от тщательного подбора эмпирических коэффициентов, основанного на анализе карт местности. В настоящий момент большинство операторов сотовой связи использует для планирования сетей программные продукты, основанные именно на этих моделях, однако несовершенство компьютерных карт

местности и усредненные коэффициенты приводят к достаточно большой ошибке. К числу достоинств данных моделей можно отнести сравнительно небольшое время расчета.

Модель Okumura-Nata позволяет рассчитать среднестатистическое значение затухания радиосигнала между изотропными передающей и приемной антеннами. Модель COST231-Nata является модифицированным вариантом модели Okumura-Nata для диапазона частот 1500-2000 МГц. Модель Walfish-Ikegami не учитывает реальный рельеф местности, вместо этого в параметрах модели указывается тип городской застройки. [2]

Предлагаю сравнительную характеристику моделей. В таблице 1 приведены ограничения моделей, а в таблице 2 – область применения.

Таблица 1 – Ограничения для рассматриваемых моделей

Модель	Частотный диапазон, МГц	Высота передающей антенны, м	Высота приемной антенны, м	Расстояние между антеннами, км
Okumura-Nata	150...1500	30...200	1...10	1...20
COST231-Nata	1500...2000	30...200	1...10	1...20
Walfish-Ikegami	800...2000	4...50	1...3	0.02...5

Таблица 2 – Область применения рассматриваемых моделей

Модель	Большой город	Города средних и малых размеров	Пригородная зона	Сельская местность
Okumura-Nata	+	+	+	+
COST231-Nata	+	+	-	+
Walfish-Ikegami	+	+	-	-

Таким образом, исследование известных математических моделей, применяемых для решения этой, выявило два существенных их недостатка. Первый из них связан с пространственной однородностью структуры модели. Вторым недостатком определяется детерминированным характером многочисленных коэффициентов моделей и сложностью их определения в реальной ситуации. Поэтому целесообразным представляется адаптивный характер модели.

Предлагается для моделирования использовать 3 сценария распространения радиоволн, в зависимости от расстояний между базовыми станциями (БС) и других условий:

- пригородная макросота (ориентировочное расстояние между БС 3км);
- городская макросота (ориентировочное расстояние между БС 3км);
- городская микросота (ориентировочное расстояние между БС менее 1км).

Для сценариев пригородных и городских макросот модель распространения сигнала основывается на модифицированной модели COST231-Hata

$$PL[\text{дБ}] = (44,9 - 6,55 \lg(h_{\text{БС}})) \lg\left(\frac{d}{1000}\right) + 45,5 + (33,46 - 1,1h_{\text{МС}}) \lg(f_{\text{Н}}) - 13,82 \lg(h_{\text{БС}}) + 0,7h_{\text{МС}} + C \quad (1)$$

где $h_{\text{БС}}$ - высота поднятия антенны базовой станции (БС), в метрах;

$h_{\text{МС}}$ - высота поднятия антенны мобильной станции (МС), в метрах;

$f_{\text{Н}}$ - несущая частота, в МГц;

d – расстояние между БС и МС, в метрах;

C – константа, для пригородной макросоты $C=0$ дБ, а для городской $C=3$ дБ.

Для сценария городских микросот модель распространения сигнала основывается на модели Walfish-Ikegami:

$$PL[\text{дБ}] = -55,9 + 38 \lg(d) + \left(24,5 + \frac{1,5f_{\text{Н}}}{925}\right) \lg(f_{\text{Н}}) \quad (2)$$

Модель используется при следующих допущениях: $h_{\text{БС}} = 12,5\text{м}$, высота зданий 12м, расстояние между зданиями 50м, ширина улиц 25м, $h_{\text{МС}} = 1,5\text{м}$.

Предлагается использовать следующий алгоритм диспетчеризации, поддерживающий как обычные сервисы, так и сервисы реального времени. Целью является сохранение задержки для каждого типа трафика меньше заранее определенного значения с определенной вероятностью. Требуемые значения задержки и пропускной способности обозначаются как $P_T\{W_i > \tau_i\} \leq \delta_i$ и $T_i > t_i W_i$ задержка пакета при обслуживании с относительным приоритетом для очереди i , где τ_i - максимально допустимое пороговое значение задержки; δ_i - максимально допустимое значение вероятности превышения τ_i ; T_i - текущее пороговое значение пропускной способности.

В каждый момент времени t , выбирается пользователь i у которого максимальное значение $Y_i W_i(t) R_i(t)$ для обслуживания в очереди. $Y_i = a_i / R_i(t)$, $a_i = -\log(\delta_i) / \tau_i$, и $R_i(t)$ – средняя канальная скорость для потока пользователя i . Требование к задержке может быть удовлетворено путем назначения определенных значений параметру Y_i .

Алгоритм основан на экспоненциальном законе, его отличием является использование различных весов для различных видов услуг. Функцию приоритетов, можно выразить следующим образом:

$$U_i(n) = a_i \exp\left(\frac{a_i D_i(n) - \overline{aD(n)}}{1 + \sqrt{aD(n)}}\right) \frac{T_i(n)}{\overline{T_i}} \quad (3)$$

где $U_i(n)$ – значение приоритета для i -го пользователя;

$D_i(n)$ - задержка на обслуживание в очереди для i -го пользователя в n -й момент времени;

$T_i(n)$ - значение скорости для i -го пользователя в n -й момент времени;

$\overline{T_i}$ – среднее значение $T_i(n)$;

$a_i = -(\log \delta_i) / \tau_i \delta_i$ - вероятность потери пакета для пользователя i ;

τ_i – максимальная задержка обслуживания в очереди. $\overline{aD(n)}$ можно рассчитать по формуле:

$$\overline{aD(n)} = \frac{1}{N} \sum a_i D_i(n) \quad (4)$$

где N – количество пользователей использующих потоковые приложения.

Пропускная способность считается наиболее важным критерием для сервисов негарантированной доставки (best effort service), а задержка – для потоковых сервисов. При расчете с использованием экспоненциального закона удовлетворяются требования QoS для сервисов чувствительных к задержке.

Канальная адаптация использует индикатор качества канала CQI как входные данные распределения ресурса и выбора метода MSC. CQI получают из значения SINR для приемника (UE пользовательского оборудования в нисходящем канале и базовой eNodeB для восходящего канала).

Но, при получении значения CQI появляются некоторые неточности, обусловленные квантованием, задержкой, большим периода отчета CQI, усреднением SINR, поэтому целесообразно было делать пересчет значения CQI в eNodeB. Наиболее простой способ - пересчитать значения CQI с помощью определенного ограничения Link Adaptation Margin (LAM). Процесс пересчета можно описать так:

$$[CQI_{eff}] = [CQI] - [LAM] \quad (5)$$

Переменные в формуле – матрицы, определенного размера, зависящего от количества пользователей в соте, частотного ресурса, и количество потоков передачи в случае применения MIMO. LAM – значение, на которое уменьшается CQI до использования в алгоритме адаптации. Если LAM положительное, $[CQI_{eff}]$ будет меньше чем до пересчета, поэтому при адаптации канала выбор будет тяготеть к каналу с низкой скоростью передачи данных, другими словами к более надежному (более устойчивому) методу MSC, чем если бы выбор MSC осуществлялся до пересчета. Если LAM отрицательное, канальная адаптация будет тяготеть к выбору более скоростных каналов связи, то есть менее надежным методам MSC.

Предлагается использовать алгоритм адаптации, представленный на рис.1. Алгоритм основан на применении обратной связи с использованием квитации NACK/ACK. Пошаговый алгоритм должен выполняться параллельно для всех пользователей. WINsize - объем взвешивающего окна или количество передач, в ходе которого подсчитывается BLER(block error rate) . Трудно определить величину окна, потому что вполне возможно, что некоторые пользователи могли не осуществлять передачу данных в течении последнего взвешивающего окна. Поэтому, период расчета BLER определяться как последнее значение WINsize для конкретного пользователя. LOWerr и HIGHerr - пороги для определения уровня BLER.

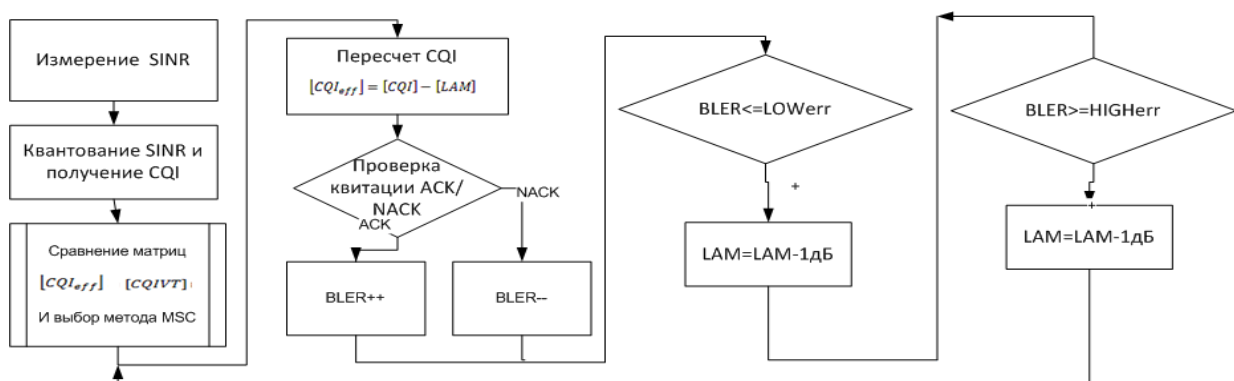


Рисунок 1 - Блок схема алгоритма адаптации канала

На основе данного математического аппарата создана модель в пакете Matlab, с помощью которой проводятся эксперименты по оценке эффективности применения предложенных алгоритмов.

Перечень ссылок

1. Farooq Khan, LTE for 4G Mobile Broadband, Cambridge [Текст]: Cambridge University Press, 2009 – 509 с.
2. Абилов А. В. Распространение радиоволн в сетях подвижной связи [Текст]: Теоретический материал и задачи для практических занятий.- Ижевск: ИжГТУ, 2001. – 24 с.