

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ БАЛАНСИРОВАНИЯ НАГРУЗКИ НА БАЗОВЫЕ СТАНЦИИ В СЕТЯХ LTE

Бенавидес Э.Э., студент; Дегтяренко И.В., доц., к.т.н., (Ph.D.)

(ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, Украина)

С каждым днем в мире увеличивается потребность иметь возможность широкополосного доступа везде, где бывает современный человек, не только дома или в офисе, но и в транспорте, на улицах. Из прогнозируемого числа в 1.8 млрд людей, которые к 2012 году обзаведутся широкополосным доступом, примерно две трети будут пользоваться им в мобильном варианте, причем большинство таких пользователей получают услуги благодаря сетям с поддержкой HSPA (HighSpeedPacketAccess) и LTE (LongTermEvolution).

При внедрении сетей LTE появятся новые услуги, ранее не доступные при мобильном беспроводном доступе, например, интерактивное ТВ, мобильный видео-блоггинг, современные онлайн-игры и др. Повышение пропускной способности позволит в полной мере обеспечить пользователей данными услугами. Опыт, полученный при эксплуатации сетей с поддержкой HSPA показал, что если оператор обеспечивает качественное покрытие, предоставляет необходимые услуги и терминалы, использование мобильного широкополосного доступа быстро обретает популярность.

Для минимизации затрат оператора на развертывание сети LTE можно использовать концепцию SelfOrganizingNetwork – SON. Использование SON позволяет управлять диаграммой направленности антенн, дает возможность балансировать нагрузку на базовые станции. При внедрении уменьшаются операционные затраты за счет автоматизации выполнения типовых работ при планировании, разворачивании и оптимизации работы сети.

1. Постановка проблемы

Во всех мобильных сетях существует такая проблема, что пользователи расположены на территории не равномерно. Это связано со скоплением внутри общественных центров, парков. В следствии, загрузка базовых станций оказывается не равномерной, некоторые базовые станции используются не эффективно.

В сетях LTE базовые станции имеют основную и периферийную зоны. Основные зоны не пересекаются. Периферийные зоны могут пересекаться. В периферийных зонах можно выбрать к какой из базовых станций подключить пользователя. В модели будет реализован критерий выбора.

Критерий должен учитывать скорость на которой может быть обслужен пользователь каждой из базовых станций, затухание, джиттер, задержку сигнала. Таким образом пользователь будет подключен к наименее загруженной базовой станции с наилучшими характеристиками качества обслуживания.

2. Моделирование покрытия

Для реализации модели нужно смоделировать покрытие и расположение абонентов. Количество базовых станций равно 225, абонентов 900.

Для расчета радиуса основной и периферийной зоны будет использована модель распространения радиоволн SUI. Данный метод основан на анализе результатов экспериментальных исследований функционирования сети в частотном диапазоне 1,9 – 3,5 ГГц. Для модели выбран частотный диапазон LTE 2,1 ГГц.

В методе классифицируется три типа местности А, В, С. Нами выбран тип местности В, который

соответствует умеренному затуханию сигнала в радиоканале и характеризуется либо холмистой с небольшой растительностью местностью, либо ровным рельефом с плотной умеренной растительностью.

Затухание будет рассчитываться по формуле:

$$L = \left[A + 10 \left(a - bh_y + \frac{c}{h_y} \lg \left(\frac{d}{d_0} \right) \right) \right] + X_f + X_h + y_v x, \quad (1)$$

где A —определяет потери мощности при распространении волны в свободном пространстве на расстояние, равное опорному расстоянию d_0 ; a, b, c — константы, зависящие от типа местности; h_y — высота подвеса передающей антенны; d — расстояние до передающей антенны; X_f — корректирующий частотный параметр; X_h — корректирующий параметр, обусловленный высотой подвеса приемной антенны h ; y_v — среднеквадратическое отклонение величины ослабления мощности; x — случайная величина, распределенная по нормальному закону с нулевым математическим ожиданием и единичным среднеквадратическим отклонением.

Высоту подвеса передающей антенны можно установить в модели, для опыта выбрана высота 10 м.

Координаты базовых станций задаются случайным образом, но так чтобы основные зоны не пересекались. Расположение абонентов также случайно. Результат моделирования покрытия представлен на рисунке 1.

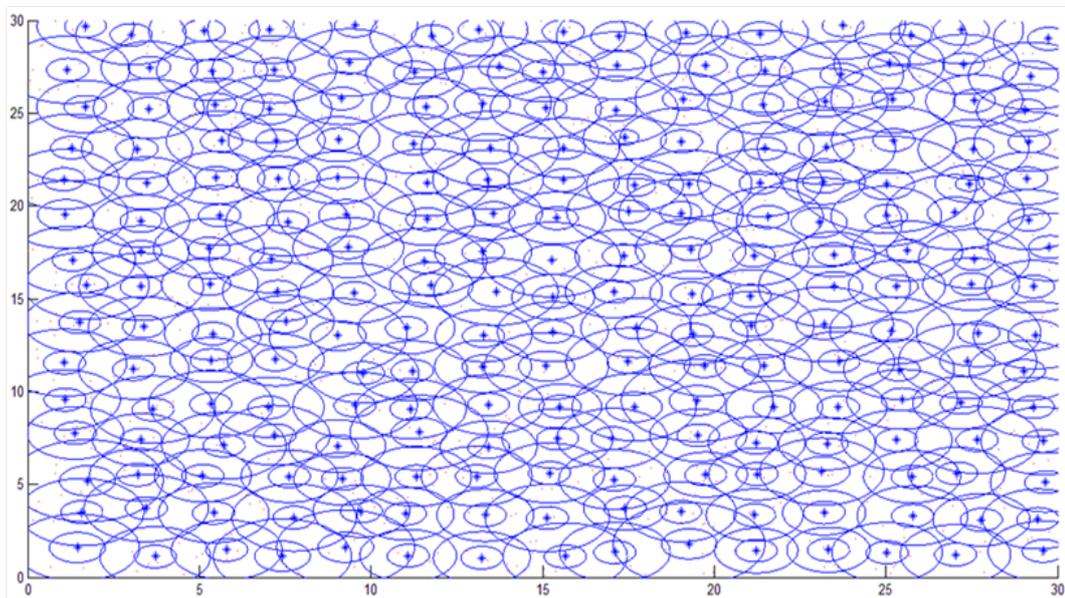


Рисунок 1 – Расположение базовых станций и покрытие

На рисунке представлена территория 30 на 30 километров. Звездочками обозначены базовые станции, точками абоненты. Вокруг каждой базовой станции изображена основная и периферийная зоны. В реальности антенны базовых станций не будут иметь идеальной круговой диаграммы направленности, но в модели допущено данной упрощение.

Как видно на рисунке, пересекаются периферийные зоны двух - четырех базовых станций. Именно для пользователей находящихся в этих зонах нужно выбрать одну из базовых станций

3. Определение оказываемых услуг

Для обеспечения лучших показателей качества, нужно разделить услуги на несколько категорий, чтобы в дальнейшем улучшать показатели QoS отдельно для каждой категории по разному.

Основными услугами для сетей LTE будут: VoIP, IPTV, интернет. Под услугой интернет будем понимать загрузку веб страниц, файлов и другие не учтенные приложения. По каждой из услуг нужно задать скорость на которой будет осуществляться работа. Для VoIP при использовании голосового кодека G.711 требуемая пропускная способность составит 90 кбит/с. Для IPTV зададимся значением 4 Мбит/с, интернет – 5 Мбит/с. Данные значения можно регулировать в модели.

Для голосового трафика будет предоставляться приоритет, скорость соединения будет

оставаться постоянной и снижаться не будет. Для двух других видов услуг при преувеличении нагрузки на базовую станцию, скорость соединения будет снижаться.

Процент от всего количества пользователей будет: VoIP 10%, IPTV 45%, интернет 45%. Это соотношение может меняться, но данные значения выбраны для модели, так как предполагается, что сети LTE будут предоставлять в основном широкополосный доступ.

4. Критерий выбора базовой станции

Нужно определить к какой из базовых станций подключить абонента. Для этого нужно оценить параметры каналов связи, характер трафика, выбрать наиболее выгодный вариант распределения нагрузки с сохранением приемлемого качества обслуживания.

Каждый тип трафика характеризуется своими требованиями к параметрам каналов связи. Если голосовой трафик требователен к задержке и её отклонению, то передача данных - к искажениям и потерям пакетов. Поэтому для каждого типа передаваемых данных целесообразно ввести функцию полезности, которая служит оценкой приемлемости канала связи для передачи этого трафика в данный момент.

Для голосового трафика зависимость функции полезности u от доступной пропускной способности b будет иметь следующий вид :

$$U_b = \frac{\text{sgn}(b - B_{\min}) + 1}{2}, \quad (2)$$

где B_{\min} – минимальная пропускная способность необходимая для работы используемого кодека и протокола голосовой связи; b – предоставляемая пропускная способность.

Передача видео в реальном времени подобна по своим характеристикам к передаче голоса, однако при использовании адаптивных методов кодирования и контроле джиттера задержки допускается значительное снижение пропускной способности.

Наименее требовательной к полосе пропускания является передача данных. Функция полезности для данного типа трафика выглядит так:

$$U_b = \frac{\log(b+1)}{\log(B_{\max}+1)}, \quad (3)$$

где B_{\max} – максимальная пропускная способность; b – предоставляемая пропускная способность.

Значительное влияние на качество обслуживания оказывает задержка доставки данных. Также как и для пропускной способности, зависимость качества обслуживания от задержки у каждого типа трафика своя. Наиболее критичными к задержкам потоковая передача голоса и видео (особенно при использовании алгоритмов с большим коэффициентом сжатия). По рекомендации ITU-TG.114 для обеспечения качества голосовой связи выше среднего сквозная задержка должна быть меньше 400мс. Для передачи видео данных приемлемая задержка составляет 1000мс.

Зависимость функции полезности от задержки в канале связи аналитически можно описать так:

$$U_t = 1 - \frac{1}{1 + (\frac{1}{\varepsilon} - 1)e^{-rt}}, \quad (4)$$

где ε – отношение максимально допустимой задержки к минимальной.

$$r = \frac{2 \ln(\frac{1}{\varepsilon} - 1)}{\tau_{\max}}, \quad (5)$$

где τ_{\max} – максимально допустимая задержка.

Джиттер также в основном влияет на передачу голоса и видео. Ограничение для голоса составляет 10 мс.

Таким образом сформированы зависимости уровня довольности пользователя от задержки, джиттера и пропускной способности, при пользовании каждой из трех услуг. Результирующим критерием будет произведением трех показателей на коэффициент, учитывающий затухание.

$$K = U_b U_t U_j c, \quad (6)$$

где U_b – показатель полезности для пропускной способности; U_t – показатель полезности для задержки; U_j – показатель полезности для джиттера; c – коэффициент учитывающий затухание.

5. Алгоритм работы модели

На рисунке 2 изображен алгоритм основной программы. Все функции которые реализует алгоритм описывались ранее. Остановимся лишь на снижении скорости при перегрузке базовой станции.

В модели максимальная пропускная способность БС составляет 40 Мбит/с. Эта цифра соответствует пропускной способности LTE-FDD(FrequencyDivisionDuplex), при ширине канала 20 Мгц. При нагрузке на базовую станцию более 40 Мбит/с, скорость соединения пользователей IPTV, интернет снижается и при следующем проходе алгоритма будет выбрана другая менее загруженная станция

Данный алгоритм будет выполняться до техпор пока все базовые станции будут загружены менее максимальной пропускной способности.

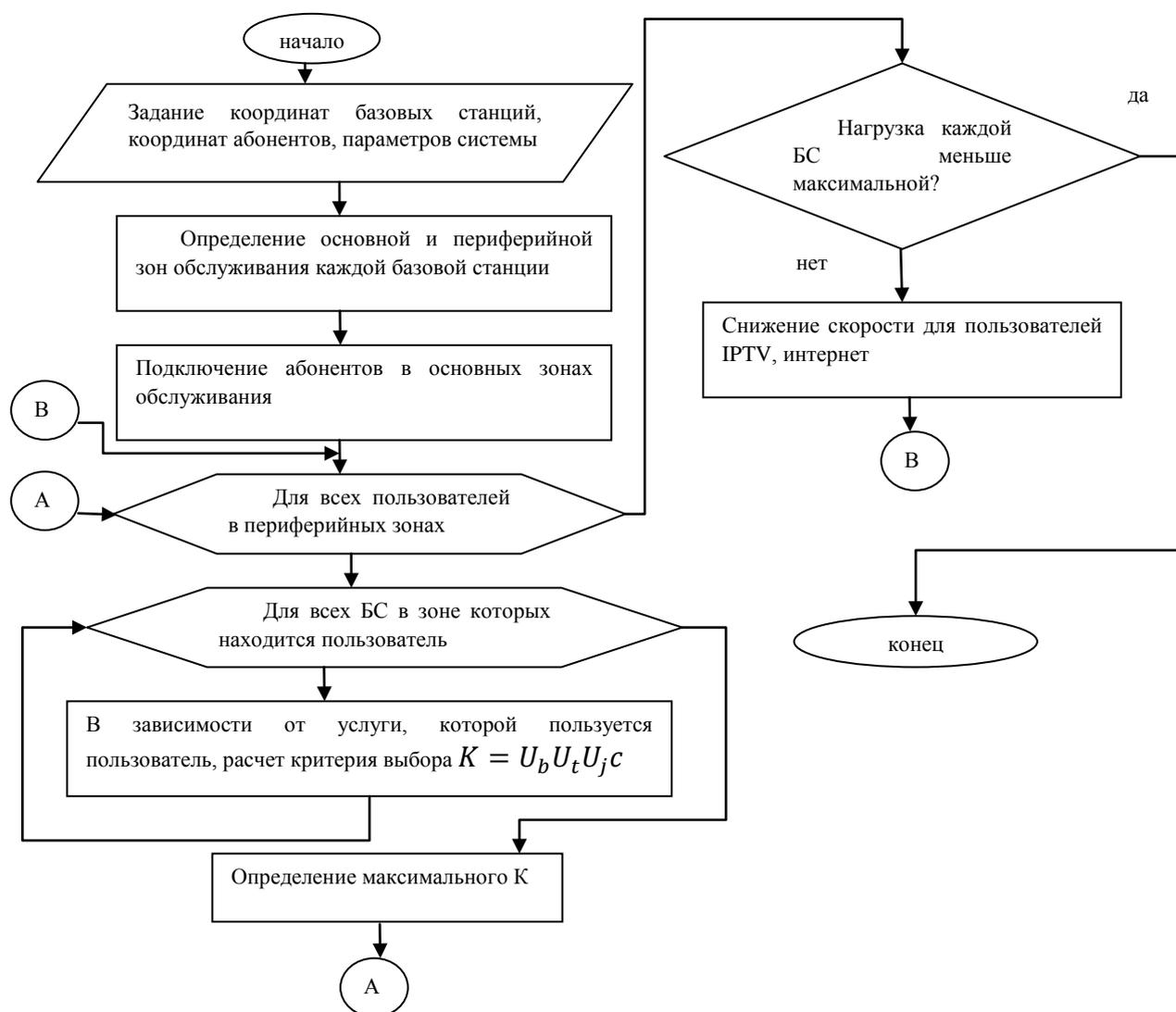


Рисунок 2 - Алгоритм работы модели

6. Анализ результатов моделирования

В результате работы алгоритма все пользователи подключены к базовым станции с наилучшими показателями качества и все базовые станции нагружены более равномерно.

В модели сравнены два подхода, один стандартный, когда абоненты подключаются к

БС в зависимости от соотношения сигнал/шум, второй – предложенный. В модели рассчитано СКО нагрузки базовых станций. При использовании предложенного метода СКО снижается на 6 % . Ниже на рисунке 3 представлены гистограммы нагрузки базовых станций по двум из методов.

На графике по оси X нагрузка базовых станций в кбит/с, по оси y количество базовых станций с загрузкой попадающей в один из 10 интервалов. На гистограммах видно что загрузка базовых станций более равномерна при использовании функций полезности. Данные гистограммы демонстрируют полученный эффект для оператора связи. Так же не следует забывать, что функции полезности отражают уровень «довольности» абонента, т.е. при их использовании гарантировано улучшается качество услуг предоставляемых пользователям.

В дальнейшем планируется улучшить показатели работы алгоритма и исследование, моделирование других алгоритмов для сравнения. Так же планируется задавать траекторию движения всех абонентов, для оценки работы системы в данном режиме и подсчета количества хендверов.

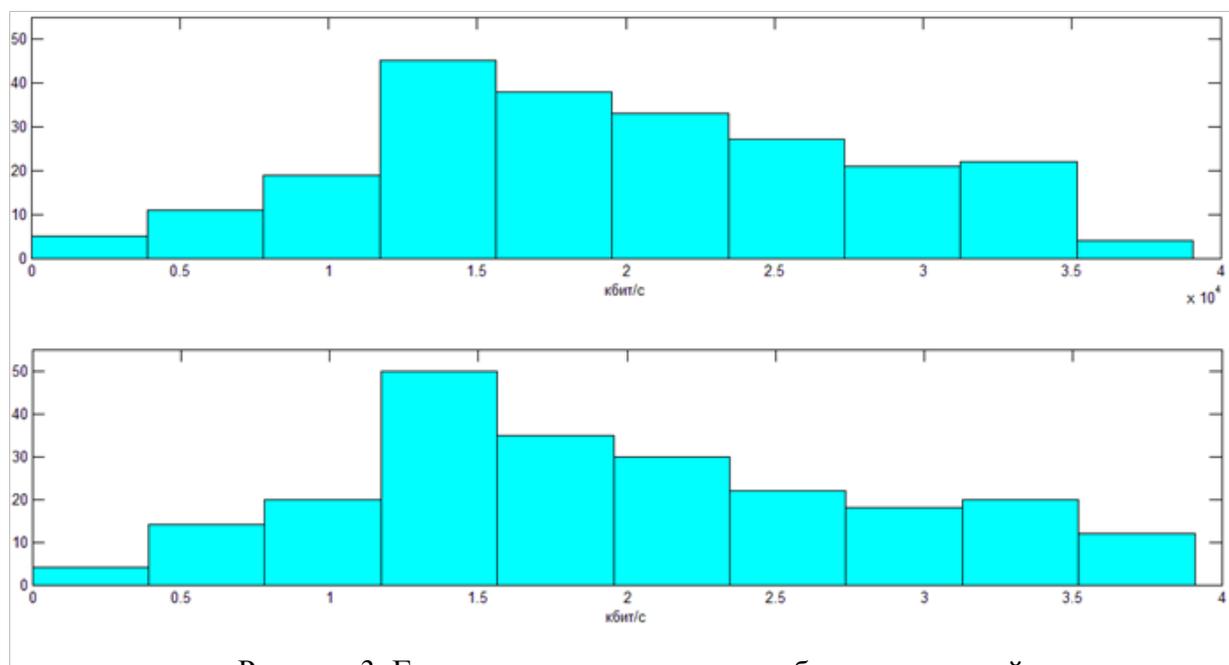


Рисунок 3–Гистограмма загрузженности базовых станций
а - алгорит с использованием функций полезности
б - без использования функций полезности

Перечень ссылок

- 1.ШабунинС.Н.Распространениерадиоволнвмобильнойсвязи :учебноепособие/ С.Н. Шабунин, Л.Л. Лесная. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2009. 103 с.
2. MorayRumney.LTEandtheEvolutionto 4GWireless: DesignandMeasurementChallenges. - Agilent Technologies. – 557 p.
3. Дегтяренко И.В., Шахов Д.С., КнерцерД.А., Орехов А.А. Модель развития сетимобильного оператора при использовании технологии LTE/SON : научная статья