

УДК 621.396.69

Е. С. ЗАРИЛЕНКО, студент;

Ю. И. КАТКОВ, канд. техн. наук, доцент;

Г. И. ГАЙДУР, канд. техн. наук, доцент;

К. П. СТОРЧАК канд. техн. наук, профессор,

Государственный университет телекоммуникаций, Киев

## ОБЗОР СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТЬЮ В LTE ДЛЯ ВОСХОДЯЩЕГО ПОТОКА

**Описаны методы управления мощностью в LTE, основанные на расположении абонентов, а также рассмотрено затухание сигнала абонентов, находящихся в различных радиоусловиях, и исследовано влияние их местоположения на значение отношения сигнал/шум.**

**Ключевые слова:** LTE; Uplink; управление мощностью; частичное управление мощностью; OLPC; CLPC.

### Введение

Управление мощностью является важнейшей функцией радиосетей в системах сотовой связи.

**Цель статьи** — описание новых способов управления мощностью системы сотовой связи EUTRAN LTE для физического восходящего канала (*Physical Uplink Shared Channel*).

Реализация LTE основана на схеме множественного доступа OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) для нисходящего потока и SC-FDMA (*Single Carrier Frequency Division Multiple Access*) — для восходящего потока. Ввиду того, что 3GPP LTE разработана с учетом коэффициента переиспользования частот, равного единице, существованием помех между сотами пренебречь нельзя.

Каналы данных и управляющие каналы, как известно, весьма чувствительны к интерференции, поэтому должен быть обеспечен контроль управления мощностью в восходящем канале для минимизации этого эффекта.

### Основная часть

В LTE для формулы контроля мощности восходящего канала стандартизированы два компонента: **Open Loop** — открытая петля и **Closed Loop** — закрытая петля. В *Open Loop Power Control (OLPC)* мощность передачи устанавливается на оборудовании пользователя с привлечением параметров, полученных от базовой станции. Компонент Closed Loop предназначен для улучшения производительности FPC, с компенсацией быстрых вариаций в канале. В *Closed Loop Power Control (CLPC)* базовая станция отправляет информацию для дальнейшей корректировки мощности передачи оборудования пользователя. Предполагается, что в случае CLPC возникает высокая нагрузка при передаче, но в то же время вводится в действие быстрый механизм компенсации интерференции.

Что же касается OLPC, то этот компонент, обеспечивая более простую реализацию, не позволяет, однако, индивидуально корректировать оборудование пользователя.

Вообще говоря, Open Loop предназначен для компенсации низких вариаций получаемого сигнала, возникающих при его затухании и ослаблении за пределами прямой видимости, а Closed Loop — для дальнейшей корректировки мощности сигнала с целью оптимизации производительности системы.

Имеются две принципиальных схемы.

**1. Схема управления мощностью LTE UL**, согласно которой в оборудовании пользователя устанавливается мощность передачи для восходящего потока. Затухание, измеряемое в

оборудовании пользователя, определяется средним значением принятых пилотных сигналов (RSRP). Указанной информации вполне достаточно, чтобы позволить оборудованию пользователя изначально установить мощность передачи. При этом RSRP, являясь конфигурационным параметром, может измеряться как для одной, так и для двух антенн. Передается RSRP в блоке системной информации.

**2. Схема частичного управления мощностью (Fractional Power Control).** Пороговое отношение сигнал/шум (SINR) изменяется для пользователей в зависимости от их положения внутри соты: чем ближе абонент к базовой станции, тем выше порог SINR как критерий регулировки мощности. Следовательно, вблизи базовой станции абонентский терминал функционирует с более высоким отношением SINR, с более высокой скоростью кодирования и кратностью модуляции, а значит, и с более высокой спектральной эффективностью.

При этом оборудование пользователя, работая с повышенной мощностью, справляется с внутрисистемной интерференцией — подавляет соканальные помехи. А это критично в сетях с коэффициентом переиспользования частот, равным единице. Кроме того, каждая базовая станция LTE контролирует уровень помех от соседних сот. Периодически базовые станции обмениваются индикаторами перегрузки **OI (Overload Indicator)**, указывающими, в каком ресурсном блоке уровень помех превышает пороговое значение. Индикатор OI формируется по результатам измерения базовой станцией уровней помех и фонового шума для каждого частотного блока в соте. Параметры управления мощностью устанавливаются в зависимости от принятого OI: если для какого-либо блока указывается высокий уровень помех, то базовая станция передает команду снизить мощность оборудования пользователя, излучающего в данном ресурсном блоке (см. рисунок).

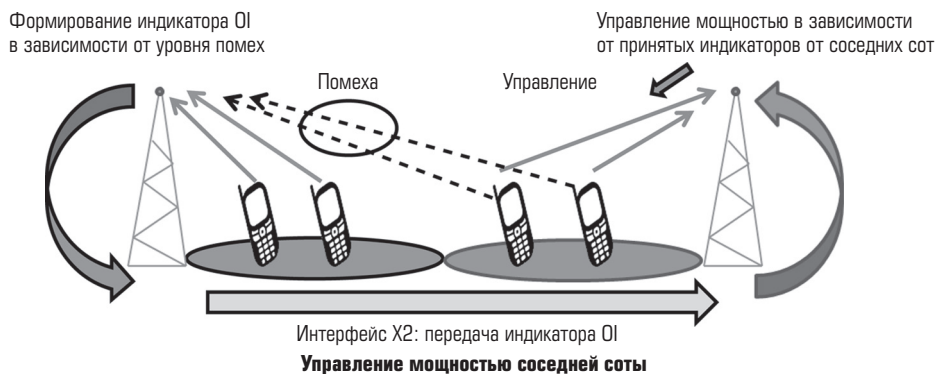
Значительный интерес представляют следующие две схемы.

**1. Closed Loop PC Concept.** В системе CLPC приемник оценивает SINR принятого сигнала и сравнивает его с требуемым значением. Если принятый сигнал имеет SINR ниже заданного, то **Transmit Power Control (TPC)** передает команду пользовательскому оборудованию увеличить или, наоборот, уменьшить мощность передатчика.

В спецификации 3GPP определены два типа команд TPC:

◆ **Absolute:** абонент исходит из значения изменения, полученного командой PC, с использованием начальной мощности OLPC как эталона.

◆ **Cumulative:** абонент использует последнее (недавнее) значение мощности.



Управление мощностью осуществляется при помощи двух механизмов — Open Loop и Closed Loop. Работа Open Loop основана на технике частичного управления мощностью, которая предполагает полную или частичную компенсацию потерь при затухании сигнала. Функция увеличения мощностью частично компенсирует затухание в Open Loop, благодаря

**2. CLPC с постоянным SINR.** Для того чтобы пояснить поведение CLPC, в принятом SINR требуется исследовать Closed Loop при частичном управлении мощностью.

В традиционной схеме CLPC значение SINR остается неизменным для всех абонентов. Однако на практике не все абоненты достигают требуемого значения SINR из-за ограничений, налагаемых на значения мощности. Это абоненты, передающие сигнал на максимально возможной мощности.

Частичное управление мощностью позволяет пользователям, имеющим хорошие радиоусловия (нахождение близко от базовой станции), достигать высокого значения получаемого SINR, с сохранением достаточной пропускной способности на краях соты.

Однако ввиду того, что CLPC устанавливает для всех абонентов равное значение SINR, абоненты с наилучшими радиоусловиями не могут получить ожидаемо высокий коэффициент SINR, что в итоге приводит к снижению средней пропускной способности системы.

Итак, установка более высокого значения SINR означает, что устройство пользователя должно передавать сигнал с более высокой мощностью. В связи с ограничением мощности некоторые пользователи не смогут достичь высокого SINR, что приведет к падению скорости на краях соты. Следовательно, **Closed Loop SINR** — это средство достижения компромисса между средней пропускной способностью системы и скоростью на границах соты.

### Выводы

Управление мощностью сигнала на восходящей линии в системе LTE является гибким, простым и надежным. Оно включает в себя множество реализаций с различными целями, поддерживающими всевозможные сценарии развертывания и сервисы.

дара чему обеспечивается компромисс между пользователями, находящимися на краю соты, с теми, кто пребывает вблизи базовой станции. Такой подход имеет явные преимущества по сравнению с традиционной полной компенсацией в Open и Closed Loop.

Алгоритмы, используемые при реализации Closed Loop, специфичны для каждого поставщика оборудования и все еще находятся в разработке.

### Литература

1. <http://www.3gpp.org/Highlights/LTE/LTE.html>.
2. **3GPP TS 36.213 V9.1.0**. E-UTRA Physical layer procedures.
3. **3GPP TS 36.211 V8.8.0**, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (EUTRA); Physical Channels and Modulation.
4. **R1-073036**. Intra cell Uplink Power Control for E-UTRA — Evaluation of Fractional Path Loss Compensation.
5. **Simonsson, A.** Uplink Power Control in LTE — Overview and Performance / A. Simonsson, A. Furuskar // IEEE Transactions on communications, 2008.
6. **Parkvall, S.** The Evolution of LTE towards IMT-Advanced / S. Parkvall, D. Astely.
7. **Производительность сети TD-LTE в сравнении с WiMAX** [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.mforum.ru/news/article/093817.htm>
8. **Беспроводные сети нового поколения WI-MAX и LTE: анализ производительности при применении на транспорте** [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/besprovodnye-seti-novogo-pokoleniya-wimax-i-lte-analiz-proizvoditelnosti-pri-primenenii-na-transporte>

**Рецензент:** доктор техн. наук, профессор **В. В. Вишнеvский**, Государственный университет телекоммуникаций, Киев.

*Е. С. Зариленко, Ю. І. Катков, Г. І. Гайдур, К. П. Сторчак*

### ОГЛЯД СХЕМ УПРАВЛІННЯ ПОТУЖНІСТЮ В LTE ДЛЯ ВИСХІДНОГО ПОТОКУ

Описано методи управління потужністю в LTE, які спираються на розташування абонентів, а також розглянуто загасання сигналу абонентів, що перебувають у різних радіоумовах, і досліджено вплив їх місцезнаходження на значення відношення сигнал/шум.

**Ключові слова:** LTE; Uplink; управління потужністю; часткове управління потужністю; OLPC; CLPC.

*E. S. Zarylenko, Y. I. Katkov, G. I. Gaydur, K. P. Storchak*

### SURVEY OF POWER CONTROL SCHEMES FOR LTE UPLINK

This paper describes an uplink power control method based on users location. Firstly, the path loss of the different users should be estimated based on the value of SINR. Secondly, these users are placed to different areas according to the size of the path loss.

**Keywords:** LTE, Uplink, power control, fractional power control, OLPC, CLPC.