

АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ ФУНКЦИОНАЛА MLB В СЕТЯХ LTE С ПОДДЕРЖКОЙ SON

М.Т. Аскеров, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, marat.askerov.2000@mail.ru.

УДК 621.391.1

Аннотация. Из-за роста объемов мобильного трафика сети становятся все более сложными системами. Для обеспечения обслуживания всех пользователей и поддержания высокого качества обслуживания разворачивается новая инфраструктура и разрабатываются более сложные протоколы. В этой ситуации операторы сталкиваются с ростом операционных и капитальных затрат. Самоорганизующиеся сети появляются как решение для сокращения этих расходов, а также для улучшения использования ресурсов.

Ключевые слова: SON; MLB; LTE; мобильные сети; eNodeB; 3GPP; алгоритм; PRB; UE.

ANALYSIS OF MLB FUNCTIONAL PRINCIPLES IN LTE NETWORKS WITH SON SUPPORT

Marat Askerov, St. Petersburg state university of telecommunications n/a prof. M.A. Bonch-Bruevich.

Annotation. Due to the growth of mobile traffic, networks are becoming more and more complex systems. To serve all users and maintain a high quality of service, new infrastructure is being deployed and more sophisticated protocols are being developed. In this situation, operators face rising operating and capital costs. Self-organizing networks are emerging as a solution to reduce these costs as well as improve resource utilization.

Keywords: SON; MLB; LTE; mobile networks; eNodeB; 3GPP; algorithm; PRB; UE.

Введение

В настоящее время актуальной является разработка отечественных решений как в части оборудования сетей *LTE*, так и в части программного обеспечения. В связи с этим важно провести анализ принципов функционирования существующих решений зарубежных вендоров и разработать соответствующие алгоритмы и методы, которые впоследствии могут быть реализованы отечественными производителями оборудования.

Самоорганизующаяся сеть – это автоматизированная адаптивная сеть, способная выполнять набор функций с минимальным вмешательством человека [1]. Согласно концепции *3GPP* технические решения для сетей *SON* можно разделить на три категории по решаемым задачам [2]:

- самоконфигурирование сети (*SELF-Configuration*);
- самооптимизация сети (*SELF-Optimisation*);
- самовосстановление сети (*SELF-Healing*).

Самооптимизация сетей SON с помощью MLB

В данной статье рассматривается решение задачи самооптимизации сетей *SON* с помощью одной из ключевых функций этих сетей *Mobility Load Balancing (MLB)* – балансировка и перераспределение нагрузки между сотами, которая

позволяет автоматически перенаправлять трафик между сотами, чтобы уменьшить нагрузку на перегруженных сотах и улучшить производительность сети. *MLB* работает на основе анализа данных о состоянии сети и ее нагрузке, и на основе этого принимает решения о перенаправлении трафика между сотами. Это позволяет распределять нагрузку между сотами более равномерно и предотвращать перегрузку отдельных сот (рис. 1) [3].

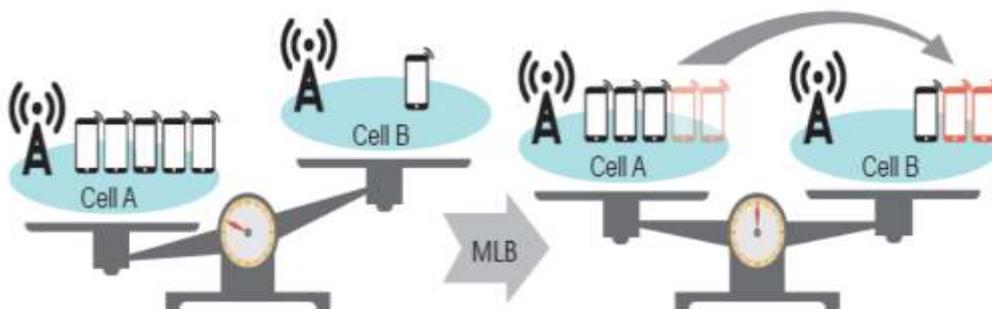


Рисунок 1

На рис. 2 представлен алгоритм балансировки и перераспределения нагрузки между сотами, реализуемый функцией *Mobility Load Balancing* в сетях *LTE* с поддержкой *SON*.

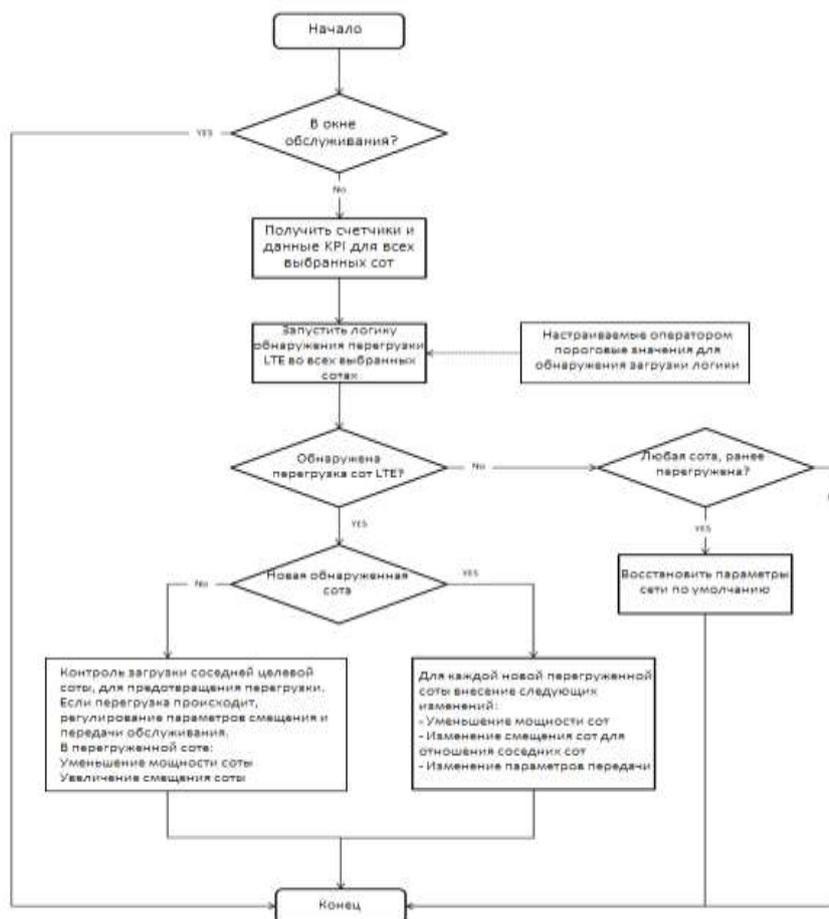


Рисунок 2

Целью применения *MLB* является повышение производительности сети и уменьшение числа неудовлетворенных пользователей. *MLB* включает отчеты о нагрузке между *eNodeB* для обмена информацией об уровне нагрузки и доступной емкости. Периодичность отчетов может быть установлена в диапазоне от 1 до 10 с. Отчет может содержать данные о нагрузке на оборудование, нагрузке на транспортную сеть *S1* и состоянии радиоресурсов. Отчеты о состоянии радиоресурсов формируются отдельно для восходящего и нисходящего каналов и включают в себя общее распределение трафика с гарантированной и негарантированной скоростью передачи данных, процент выделенного блока физических ресурсов (*Physical Resource Block – PRB*) и процент *PRB*, доступных для балансировки нагрузки. Кроме того, механизмы *MLB* определяют условия дисбаланса нагрузок и работают вместе с планировщиком и контролем доступа. Для пользователей с негарантированной скоростью передачи данных (*non-GBR*) нет ограничений на минимальную производительность, которую получают эти пользователи, за исключением максимального количества пользователей на соту (управление доступом) и минимальной пропускной способности, установленной программным модулем *Scheduler* (планировщик). Для пользователей *GBR* планировщик должен гарантировать, что всем однонаправленным радиоканалам предоставлены ресурсы, которые удовлетворяют их конкретной службе. Таким образом, система может считаться «сбалансированной», пока нет пользователей, которым было отказано в ресурсах, и все активные услуги поддерживаются в рамках их потребностей в *QoS*. Простые пороги могут быть реализованы, где условия низкой, средней и высокой нагрузки соответствуют заданному количеству активных пользователей в соте для случая *non-GBR*. Они могут служить триггерами для изменения параметров режима ожидания и/или для передачи обслуживания активных пользователей соседям (т.е., передача обслуживания внутри несущей на границе соты, совмещенная между несущими или совмещенная передача обслуживания между технологиями). Однако для пользователей *GBR* требуется более интеллектуальное измерение, поскольку небольшое количество таких пользователей может «загружать» соту в зависимости от своих требований.

Можно выделить два типа *MLB* [4]:

- *Intra-RAT MLB*, которая передает *UE* в соты *E-UTRAN*.
- *Inter-RAT MLB*, которая передает *UE* в соты других радиотехнологий.

В случае *Inter-RAT* для передачи информации через опорную сеть (*Core*) между базовыми станциями, использующими различные радиотехнологии, будет использоваться протокол управления информацией *RAN (RIM)* с отчетами о нагрузке. Значение класса пропускной способности соты, установленное системой *OAM*, будет использоваться для сравнения и взвешивания пропускной способности радиоинтерфейса различных технологий. В данном случае вся сеть может получить следующие преимущества:

- Снижение нагрузки на соты *E-UTRAN* за счет передачи соответствующих *UE* в соседние соты *inter-RAT*.
- Улучшенное использование ресурсов, увеличение общей емкости сот и улучшенный пользовательский интерфейс.

В случае *intra-rat MLB* достигаются такие преимущества, как:

- Устранение дисбаланса нагрузки между сотами для более эффективного использования ресурсов.
- Улучшение качества обслуживания и средней пропускной способности.

- Снижение риска перегрузки соты.

Существует несколько методов передачи нагрузки. В *MLB* абоненты могут передаваться посредством хэндоверов для *UE* в режиме подключения (*Connected Mode*) и реселекции соты для *UE* в режиме ожидания. С помощью хэндоверов *eNodeB* передает *UE* в определенные соты. Этот метод применим при наличии одной или нескольких целевых сот на соседней частоте *E-UTRA* для *MLB*. Рис. 3 иллюстрирует хэндоверы для *UE* в *Connected Mode*.

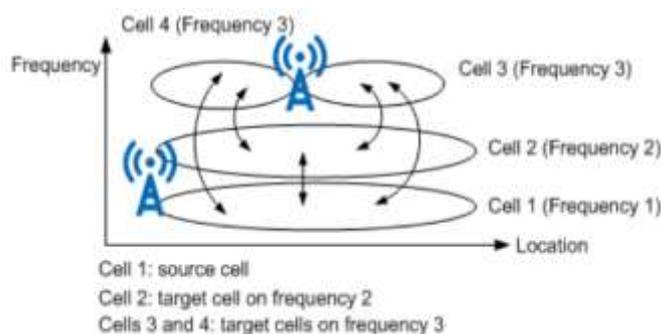


Рисунок 3

При повторном выборе соты *eNodeB* переводит *UE* на необслуживаемые частоты. В этом процессе *eNodeB* устанавливает приоритеты повторного выбора соты для некоторых необслуживаемых частот выше, чем обслуживаемые частоты *UE*, используя сообщения *RRC Connection Release*. Повторный выбор соты применяется, когда только одна целевая сота работает на соседней частоте *E-UTRA*. Рис. 4 иллюстрирует сценарии повторного выбора соты для *UE* в режиме ожидания.

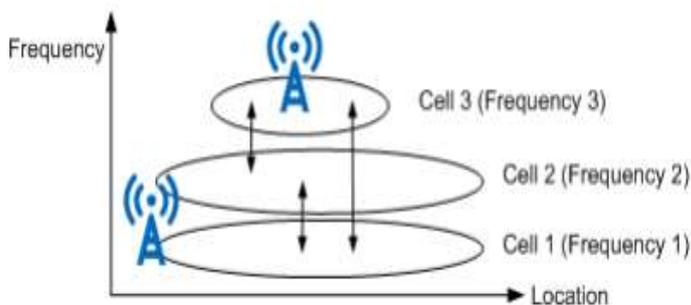


Рисунок 4

По сравнению с хэндоверами для *UE* в подключенном режиме, повторный выбор соты для *UE* в режиме ожидания не требует межчастотных измерений и накладных расходов на хэндовер и оказывает меньшее влияние на работу пользователя во время передачи [5].

Одним из основных способов достижения баланса нагрузки является перевод *UE* в режим ожидания и выравнивание нагрузки в режиме ожидания на основе количества пользователей. Ключевые параметры данного способа в реализации *Huawei* представлены в табл. 1 [6].

Таблица 1.

Имя параметра	ID параметра	Опция примечания к настройке
Переключатель	<i>CellAlgoSwitch.MLBAalgoSwitch</i>	<i>InterFreqMLBSwitch</i>

Имя параметра	ID параметра	Опция примечания к настройке
алгоритм балансировки нагрузки		Для включения <i>MLB</i> необходимо выбрать данную опцию
Режим триггера балансировки нагрузки мобильности	<i>CellMLB.MLBTriggerMode</i>	Установить для этого параметра значение <i>UE_NUMBER_ONLY</i>
Тип передачи <i>InterFreq MLB</i>	<i>CellMLB.InterFreqUETrsfType</i>	<i>IdleUE</i> Выбрать данную опцию
Усовершенствованный переключатель алгоритма <i>MLB</i>	<i>CellAlgoSwitch.EnhancedMLBAlgoSwitch</i>	Установить для этого параметра рекомендуемое значение: <i>ActiveUEBasedLoadEvalSw</i>
Пороговое значение номера <i>Inter-Freq idle MLB UE</i>	<i>CellMLB.InterFreqIdleMLBUE NumThd</i>	Рекомендуется установить для этого параметра значение 1, если выбрана опция <i>ActiveUEBasedLoadEvalSw</i> параметра <i>CellAlgoSwitch.EnhancedMLBAlgoSwitch</i> . Если при настройке <i>MLB</i> выбрана опция передачи <i>UE</i> в режиме ожидания с синхронизацией по восходящей линии, установить для этого параметра значение, меньшее, чем значение параметра <i>CellMLB.InterFreqMLBUE NumThd</i>
Период оценки межчастотной нагрузки	<i>CellMLB.InterFreqLoadEvalPrd</i>	Если для параметра <i>CellMLB.FreqSelectStrategy</i> задано значение <i>PRIORITYBASED</i> и в качестве целевых частот выбраны как соседняя частота <i>E-UTRA</i> , так и соседняя частота <i>UTRA</i> , необходимо, чтобы параметры <i>CellMLB.InterFreqLoadEvalPrd</i> и <i>CellMLB.InterRatLoadEvalPrd</i> были установлены на одно и то же значение
Индикатор настройки приоритета повторного выбора соты	<i>EutranInterNFreq.CellResel PriorityCfgInd</i>	Установить этот параметр на <i>CFG</i> для частот, участвующих в <i>MLB</i>
Приоритет повторного выбора соты	<i>EutranInterNFreq.CellResel Priority</i>	Установить этот параметр на основе плана сети
Поправочный коэффициент номера <i>UE</i> в режиме ожидания <i>MLB</i>	<i>CellMLB.MLBIdleUENumAdj Factor</i>	Рекомендуемое значение находится в диапазоне от 5 до 10

Имя параметра	ID параметра	Опция примечания к настройке
Переключатель статистической оптимизации <i>MU-MIMO PRB</i>	<i>CellMLB.MuMimoPrbStatOpt Switch</i>	Рекомендуется установить для этого параметра значение <i>ON</i> в сценариях <i>MU-MIMO</i> . При расчете спектральной эффективности соты общее количество <i>PRB</i> , используемых в соте, увеличивается только на единицу, если <i>PRB</i> используется несколькими <i>UE</i> одновременно

Ключевые параметры конфигурации модуля *MLB* в реализации *Nokia* представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Имя параметра	Описание параметра	Значение по умолчанию/диапазон/ шаг
<i>PRB threshold</i>	Порог срабатывания для настройки занятости <i>PRB</i> в течение периода измерения	80 0...100 1
<i>Buffer Delay QCI</i>	Максимальное количество времени, в течение которого данные, запланированные для пользователя, могут задерживаться в <i>eNB</i>	30 10...100 10
<i>Userdefined_L_RAC</i>	Пороговое значение процентной доли блокировки из-за управления нагрузкой и доступом до активации балансировки нагрузки	5 0...100 1
<i>Userdefined_Time_No_Res</i>	Пороговое значение в процентах для блокировки из-за нехватки ресурсов <i>eNodeB</i> в течение периода измерения	5 0...100 1
<i>HOHysteresis</i>	Порог для увеличения частоты отказов <i>HO</i> между целевой и исходной сотой	10 0...100 1
<i>SNRThreshold</i>	Порог допустимого уровня помех для определенного процента всех измерений <i>SINR</i> перед уменьшением нагрузки на соту.	10 0...100 1
<i>RedOffset</i>	Значение, на которое может быть уменьшена величина смещения <i>CIO</i>	1 0...2 1
<i>IncOffset</i>	Значение, на которое может быть увеличена величина смещения <i>CIO</i>	1 0...2 1

Целью *Mobility Load Balancing* является разумное распределение пользовательского трафика по радиоресурсам системы по мере необходимости, чтобы обеспечить качественное взаимодействие с конечным пользователем и производительность, одновременно оптимизируя пропускную способность системы. Кроме того, *MLB* может потребоваться для формирования нагрузки на

систему в соответствии с политикой оператора или для «разгрузки» одной соты или несущей для достижения экономии энергии. Автоматизация этого минимизирует вмешательство человека в задачи управления сетью и оптимизации.

Данные, полученные в результате анализа принципов работы функционала *MLB*, позволяют разработать алгоритмы, которые могут быть использованы отечественными производителями при создании программного обеспечения для сетей мобильной связи *LTE*. Дальнейшие исследования в данном направлении будут посвящены разработке блока имитационной модели сети *LTE*, реализующего функционалы *SON*.

Литература

1. Maria Gonzalez. «Self-Organizing Networks», June, 2018. – pp. 3-9.
2. 3GPP TS 32.500 «Self-Organizing Networks (SON); Concepts and requirements».
3. Huawei technologies co., LTD, eRAN15.1 Draft B (2019-01-10), «Intra-RAT Mobility Load Balancing Feature Parameter Description». – pp. 11-12.
4. Huawei technologies co., LTD, eRAN15.1 Draft A (2019-01-05), «Inter-RAT Mobility Load Balancing Feature Parameter Description». – pp. 5-6.
5. Huawei technologies co., LTD, eRAN15.1 Draft B (2019-01-10), «Intra-RAT Mobility Load Balancing Feature Parameter Description». – pp. 13-14.
6. Huawei technologies co., LTD, eRAN15.1 Draft B (2019-01-10), «Intra-RAT Mobility Load Balancing Feature Parameter Description». – pp. 30-33.