

*М. А. Загородников, Д. В. Давыдова**

ОБЪЕДИНЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ LTE-СИГНАЛОВ НЕСКОЛЬКИХ ОПЕРАТОРОВ СОТОВОЙ СВЯЗИ

Мобильный интернет предоставляет доступ к сети Интернет при перемещении абонентской станции в пределах зоны обслуживания оператора сотовой связи. При этом качество (пропускная способность) сильно зависит от условий распространения LTE-сигнала.

Теоретическим скоростным пределом является 326,4 Мбит/с в нисходящем направлении (от базовой станции к абоненту) и 172,8 Мбит/с – в восходящем (от абонента к базовой станции). Однако теоретическая пропускная способность достижима только в условиях отсутствия нагрузки на базовую станцию оператора связи и помех. В условиях большой нагрузки на базовую станцию оператора сотовой связи и большого удаления от нее пропускная способность падает до 0,8...1,0 Мбит/с, что сравнимо с ее отсутствием [1, 2].

Каким образом увеличить пропускную способность в плохих условиях приема сигнала базовой станции и при передвижении абонента по местности?

Требования к разрабатываемому программно-аппаратному комплексу (далее – Комплекс):

1. Мобильность Пользователя.
2. «Неразрывность» трафика.

Пользователь не должен замечать переключений между операторами связи. При использовании разных операторов мы сталкиваемся с проблемой разного адресного и маршрутного пространств. Пользователь может заметить этот эффект при посещении сайтов с обязательной аутентификацией. Ошибки аутентификации и постоянные re-login.

3. Гарантированная полоса пропускания. Полоса пропускания должна быть не менее 3 Мбит/с. Данной скорости достаточно для работы сервисов реального времени, а нехватку полосы Пользователь заметит только при скачивании больших объемов данных или просмотре видео в разрешении 720 p.

4. Обязательная оценка качества подключения к ресурсам оператора связи. Передача информации по соединению без оценки возмож-

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВО «ПГТУ» С. А. Васильева.

ной пропускной способности приводит к потере трафика, и, как следствие, к отказу в обслуживании.

5. Единая система настройки с минимальными параметрами, доступными для Пользователя. Задействовано большое количество протоколов.

6. Исполнение в едином корпусе с возможностью масштабирования до 19” варианта.

Для выполнения требований к комплексу необходимо решить следующие задачи:

- 1) обеспечить «неразрывности» передаваемой информации;
- 2) оценить качество LTE-сигнала операторов связи в конкретных условиях;
- 3) на основе качества сигналов принять решение об операторе связи и пропускной способности, используемой для передачи полезного трафика;
- 4) на основе принятого решения скорректировать настройки элементов комплекса.

Задача 1. Обеспечить «неразрывности» передаваемой информации.

При нахождении Пользователя в зоне доступа одной базовой станции (рис. 1, а, БС № 1) комплексу присваивается IP-адрес из адресного пространства данной базовой станции оператора связи. При перемещении Пользователя из зоны доступа одной базовой станции (рис. 1, а, БС № 1), зону доступа другой базовой станции (рис. 1, а, БС № 2) комплексу присваивается IP-адрес из адресного пространства «новой» базовой станции оператора связи. Изменение адресации комплекса приводит к изменению таблицы маршрутизации, что в свою очередь, приводит к потере информации Пользователя.

Данную задачу можно решить следующими методами:

1) запросить у оператора связи статический IP-адрес для данной SIM-карты. Реализация данного метода требует от оператора связи дополнительных настроек, и эти настройки работоспособны в пределах одного региона или филиала оператора связи. Возможно увеличение абонентской платы за предоставление данной услуги для каждой SIM-карты. Не каждый оператор предоставляет данную услугу;

2) использовать клиент-серверные протоколы, позволяющие перейти в заранее известное адресное пространство и не зависеть от адресного пространства оператора связи. Для реализации данного метода необходимо наличие серверной части со статическим IP-адресом. Данный метод работоспособен в пределах зоны обслуживания оператора связи, а при подключении роуминга, и за ее пределами.

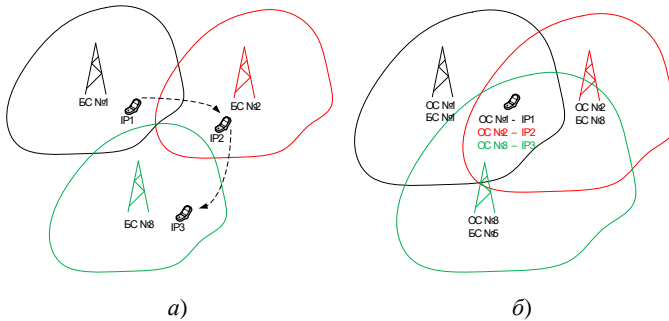


Рис. 1. Адресное пространство:

a – одного оператора при мобильности Пользователя; *б* – разных операторов

При нахождении Пользователя в зонах доступа базовых станций трех разных операторов связи (рис. 1, *б*) комплексу присваиваются IP-адреса из адресных пространств этих базовых станций операторов связи. При использовании нескольких операторов передача информации осуществляется только по одному оператору, так как в соответствии с рекомендациями ITU-T RFC 1009 задан маршрут по умолчанию. Для использования ресурсов всех операторов необходимо агрегировать или резервировать пропускную способность операторов связи.

Учитывая, что возможность агрегации и резервирования трафика реализована в решении на основе клиент-серверных протоколов, целесообразно решение поставленной задачи осуществить с их использованием.

Задача 2. Оценить качество LTE-сигнала операторов связи в конкретных условиях.

При нахождении абонентской станции на различном удалении от базовой станции различается и скорость передачи данных по радиointерфейсу. Необходимо оценить возможную пропускную способность в конкретных условиях. В статье [3] отражено влияние на пропускную способность частотного, число поднесущих и количество ресурсных блоков, определяемых частотным спектром; способа модуляции поднесущих и метода помехоустойчивого кодирования. При этом в теоретическом расчете пропускной способности не отброшены служебные каналы управления, доля которых может достигать до 30% (в дальнейших расчетах будем учитывать долю служебных каналов управления равной 50%).

Для определения критериев изменения пропускной способности в канале LTE предлагается использовать расчетные скорости передачи данных в нисходящем канале при высокой нагрузке на сеть, при этом

необходимо провести перерасчет с учетом служебных каналов управления. При этом необходимо рассмотреть методы и способы получения информации для расчета пропускной способности в конкретных условиях. Для получения информации от LTE-модемов комплекса будем использовать набор AT-команд.

Для мониторинга состояния соединения и получения данных от чипа применяются следующие команды:

– AT + CSQ – команда показывает индикатор RSSI. Индикатор RSSI в данной команде представлен в условных единицах.

Для значений RSSI, полученного данной командой, в рекомендациях [3GPP TS 27.007] используется следующая зависимость:

0...113 dBm или меньше

1...111 dBm

2...30 – 109...–53 dBm

31...51 dBm или больше.

Математически данную зависимость можно описать формулой

$$RSSI_{dBm} = -113 + RSSI_{num} \cdot 2;$$

– AT^SMONI – команда предоставляет дополнительную информацию по качеству соединения с обслуживающей базовой станцией.

Данных, полученных с использованием AT-команд, недостаточно для расчета пропускной способности канала. Для этого необходимо выявить зависимость данных из AT-команд с реальной пропускной способностью, что в дальнейшем даст нам возможность интерполировать их и принять решение о качестве соединения в конкретных условиях.

Список литературы

1. RFC2637 Point-to-Point Tunneling Protocol. 1999. «Point-to-Point Tunneling Protocol». – Accessed December 31, 1999. <https://tools.ietf.org/html/rfc2637>
2. RFC2661 Layer Two Tunneling Protocol «L2TP». 1999. «Layer Two Tunneling Protocol «L2TP»». – Accessed August 1, 1999. <https://tools.ietf.org/html/rfc2661>
3. Дроздова, В. Г. Оценка пропускной способности сетей LTE / В. Г. Дроздова, М. А. Белов // Мобильные телекоммуникации. – 2012. – № 5. – С. 20 – 22.

Кафедра «Системы автоматизированной поддержки принятия решений» ФГБОУ ВО «ПГТУ»