

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К. И. Сатпаева



Институт автоматизации и информационных технологий
Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

Ибайдуллаев Эльдар Рустамович

Тема: Исследование сотовой связи по автомобильной трассе г. Алматы - г.
Шымкент

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникация

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ЭТиКТ

 Е.Ташбай

“ 21 ” “ 05 ” 2022 г

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Ибайдуллаеву Эльдару Рустамовичу

Тема: Исследование сотовой связи по автомобильной трассе г. Алматы - г. Шымкент

Утверждена приказом ректора университета № от « »

Срок сдачи законченной работы “ ” 2022г.

Исходные данные к дипломной работе: Для развертывания сетей стандарта LTE выделено две полосы частот: одна из них расположена в диапазоне 700 МГц, а вторая — 2,1 ГГц; рабочая частота сети LTE Yota составляет 2,5–2,7 ГГц; полоса пропускания сети LTE составляет 10 МГц; загрузка базовой станции сети LTE составляет 300 Мбит/с; скорость передачи данных до 1 Гбит/с; для обеспечения необходимой скорости используются частоты 40 и 60 GHz; максимальная скорость передачи через GSM (2G) составляет 240 Кбит/с, а в 3G – около 10 Мбит/с; мобильность-скорость до 350 км в зависимости от частоты.

Краткое содержание дипломной работы:

а) Анализ передачи голосового трафика в мобильных системах сотовой связи б) Реализация передачи голоса в сети LTE в) Выбор оборудования для построения сети 2G и 4G на автомобильной трассе г) Расчет параметров сетей сотовой связи

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Схемы построения сети 2G и 4G на автомобильной трассе
 2. Архитектура сети мобильной связи стандарта LTE
 3. Архитектура сети WiMAX и Схема сети Mobile WiMAX
 4. Функциональная схема OFDM приемника и передатчика
 5. Архитектура услуги передачи данных в реальном времени VoIP
- Рекомендуемая основная литература:

Гельгор А.Л., Попов Е.А. Технология LTE мобильной передачи данных: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 204 с.2) Данилов В.И. Сети и стандарты мобильной связи: Учебное пособие. – СПб.: СПбГУТ, 2015. – 100 с.3) Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б. Сети мобильной связи LTE. Технологии и архитектура. – М.: Эко-Трендз, 2010. – 281 с.4) Национальный стандарт Республики Казахстан. Технические требования к сетям мобильной связи 4G (стандарт LTE), Министерство транспорта и коммуникаций Республики Казахстан, 2012.5) LTE [Электронный ресурс] / Портал о современных технологиях мобильной и беспроводной связи. – Режим доступа: <http://1234g.ru/4g/lte>.




ГРАФИК

Подготовки дипломной работы (проекта)

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Анализ передачи голосового трафика в мобильных системах сотовой связи	1.02.2022	Выполнено
Реализация передачи голоса в сети LTE	1.03.2022	Выполнено
Выбор оборудования для построения сети 2G и 4G на автомобильной трассе	25.03.2022	Выполнено
Расчет параметров сетей сотовой связи	15.04.2022	Выполнено

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект) с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Анализ передачи голосового трафика в мобильных системах сотовой связи	Джунусов Н.А. лектор кафедры ЭТиКТ	24.05.2022	
Выбор оборудования для построения сети 2G и 4G на автомобильной трассе	Джунусов Н.А. лектор кафедры ЭТиКТ	24.05.2022	
Нормоконтролер	Досбаев Ж.М., м.т.н.	28.05.2022	

Научный руководитель  Джунусов Н.А.

Задание принял к исполнению студент  Ибайдуллаев Э.Р

Дата «20» января 2022 г.

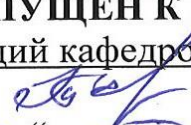
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К. И. Сатпаева

Институт автоматики и информационных технологий

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой ЭТ и КТ


Е. Гаштай
" 30 " 05 2022 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: Исследование сотовой связи по автомобильной трассе г. Алматы – г.
Шымкент

По специальности: Радиотехника, электроника и телекоммуникации

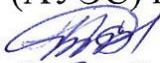
Выполнил:



Ибайдуллаев Эльдар Рустамович

Рецензент

Кандидат тех. наук. Асоц.проф
(АУЭС) имени Г.Даукеева


Чежимбаева К.С.
" 30 " 05 2022 г.

Научный руководитель
Лектор каф. «ЭТиКТ»


Джунусов Н.А.
" 27 " 05 2022 г.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жобаның мақсаты Алматы және Шымкент тас жолының бойындағы ұялы байланыстарды зерттеу. Mobile WiMAX, OFDM, CSFB сияқты бөлшектелген схемалар, сонымен қатар тас жолдағы зерттеу барысында 4G мен 2G арасындағы айырмашылық қарастырылды, Шымкент – Алматы қалалары арасындағы қашықтық 680 шақырымды құрайды.

4G және 2G желісі үшін жабдықты таңдау, техникалық параметрлерді есептеу жүргізілді.

АННОТАЦИЯ

Целью данного дипломного проекта является исследование сотовой связи по автомобильной трассе г. Алматы – Шымкент. Разобрали схемы такие как MobileWiMAX, OFDM, CSFB. Также рассматривали различия 4G и 2G в ходе исследования по автомобильной трассе расстояние между городами Шымкент Алматы составляет 680 км.

Для сети 4G и 2G были произведены выбор, оборудования расчет технических параметров.

ANNOTATION

The purpose of this diploma project is to study cellular communications along the highway of Almaty – Shymkent. Dismantled schemes such as Mobile WiMAX, OFMD and CSFB. Also considered the difference between 4G and 2G during the study on the highway the distance between the cities of Shymkent – Almaty is 680 km.

For the 4G and 2G network a choice was made of equipment calculation of technical parameters.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Анализ передачи голосового трафика в мобильных системах сотовой связи	10
1.1 Сети WIMAX, MOBILEWIMAX, GSM, GPRS, EDGE	10
1.2 Сети CSN	13
1.3 Сети ASN	13
1.4 Подключение абонентских шлюзов к VoIP – сети оператора	14
1.5 Решение по транзиту VoIP – трафика для операторов партнеров	14
2 Реализация передачи голоса в сети LTE	15
2.1 Недостатки технологии CS	15
2.2 Архитектура сети мобильной связи стандарта LTE	18
2.3 Технология 4G – LTE	21
2.4 Схемы построения сети 2G и 4G на автомобильной трассе	22
3 Оборудование для 2G и 4G/LTE	26
3.1 Абонентский устройство Teltonika RUTX09	28
3.2 Функциональная схема OFMD приемника и передатчика	28
3.3 Архитектура услуги передачи данных в реальном времени VoIP	30
4 Расчеты параметров сетей сотовой связи	32
4.1 Расчет средней пропускной способности	32
4.2 Расчет число абонентов	34
4.3 Расчет проверочной антенны	35
4.4 Расчет затухания радиоволн	36
Заключение	37
Список использованной литературы	38

ВВЕДЕНИЕ

Как нам известно, что важную роль в жизни человека занимают телекоммуникации, интернет, телевидение, телефон, радио, - все это средства связи, которые стали необходимым частью нашей повседневной жизни. Можно сказать, что мы живем в информационном веке где наша информация – это ключи от новой машины. Человечеству необходимо делиться информацией и по этой причине все виды телекоммуникаций постоянно усовершенствуется. В данном веке мобильный телефон не так уж и знаменит, как десять лет назад, а скорее является обычным предметом который позволяет человек быть всегда «на связи» и использовать свое время.

Нужно дать должное уважение нашему веку, ибо это самый легкий и продвинутый справочник для многих из нас ведь мы ищем возможность найти ответы на вопросы интересующие нас. Сегодня 34% населения земли это (2 405 510 175 человек) который пользуется ресурсами сети интернета в том числе 59% население Казахстана (10 008 838 человек). Как принято с увлечением количество пользователей и стремительным прогрессом техники становятся выше и требования к телекоммуникациям. Таким образом сети 3-го поколения который недавно удовлетворявший потребности человечество с появлением 4G постепенно отходят в сторону.

И в трассах от города до города работа интернета не самая лучшая не говоря о связи. Работает связи и интернет только в близи населенного пункта либо города. Но нам нужно улучшить связи интернет и не должны отставать от мира.

Такие проблемы не только у нас в стране, но и в других соседних странах мы не должны смотреть по сторонам мы должны смотреть только в перед. Нужно улучшать технологии 4G и 5G на автомобильных трассах. Ещё 5G технология не была развёрнута в крупных мега полюсах страны. Мы может улучшить те последний новейшие технологии которыми владеем.

4G в переводе с английского «fourth generation» означает четвертое поколение. Это поколение мобильной связи с повышенными требованиями. К четвертому поколению относятся современные перспективные технологии которые позволяют реализовать передачу данных со скоростью, превышающей 100 Мбит/с для подвижных 1 Гбит/с для не подвижных станций.

С момента разработки первого поколения аналоговых сотовых сетей в 1970 – х годах 1G практически через каждые десять лет разрабатывались новые стандарты мобильной связи. Так в 2000 – х годах на основе IP – протокола разрабатывались сети по протокола разрабатывались сети понадобился немалый срок. И только с 2010 года сети 4G начали внедрять во многих странах. В Казахстане сеть 4G на базе технологии LTE была запущена декабря 2012 года в городах Астана и Алматы под торговой маркой Altel 4G.

LTE («Long Term Evolution» в переводе с английского означает долговременное развитие) – это проекту совершенствования технологий

мобильной передачи данных CDMA, UMTS. Использование в LTE таких технологий, как MIMO и OFDM, обеспечивает максимальные скорости передачи данных в одной соте с множеством терминалов. Это позволяет значительно превысить показатели сетей фиксированного интернет – доступа. Такие возможности делают сеть LTE отличительной от других сетей по своим характеристикам и преимуществам, которые она предоставляет абонентам.

С помощью этих усовершенствований можно повысить скорость передачи, эффективность передачи данных, снизить задержки, расширить и улучшить уже оказываемые услуги. Скорость обмена данными в технологии LTE теоретически достигает 326,4 Мбит/с на приём (нисходящий канал) и 172,8 Мбит/с на отдачу (восходящий канал), а практически эти показатели достигают 173 Мбит/с на приём и 57 Мбит/с на отдачу.

1 АНАЛИЗ ПЕРЕДАЧИ ГОЛОСОВОГО ТРАФИКА В МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМАХ СОТОВОЙ СВЯЗИ

В развитии новых технологий мобильный беспроводной доступ связи все больше и больше отвоевывает позиции у проводных систем. Нынешнее развитие мировых телекоммуникационных технологий в области мобильной связи является четвертое поколение 4G. Но в будущем развитие будет за пятым поколением 5G. Анализ передачи голосового трафика в мобильных системах сотовой связи параметры были настроены в соответствии с технологией GSM, GPRS, EDGE или WCDMA.

1.1 СЕТИ WIMAX, ИСХЕМА MOBILE WIMAX GSM, GPRS, EDGE, ИЛИ WCDMA VOIP

WIMAX состоит из 3 логических объектов:

- SS (Subscriber Station) – абонентская станция;
- ASN (Access Service Network) – сеть обслуживания доступа;
- CSN (Connectivity Service Network) – сеть службы подключения.

Каждый из этих объектов может быть реализован в одном физическом модуле (SS) или же в нескольких (ASN, CSN).

Несколько это – понятие как CSN могут быть подключены одному ASN, и наоборот, несколько ASN могут быть подключены к одному CSN. ASN и CSN могут принадлежать одному оператору или разным.

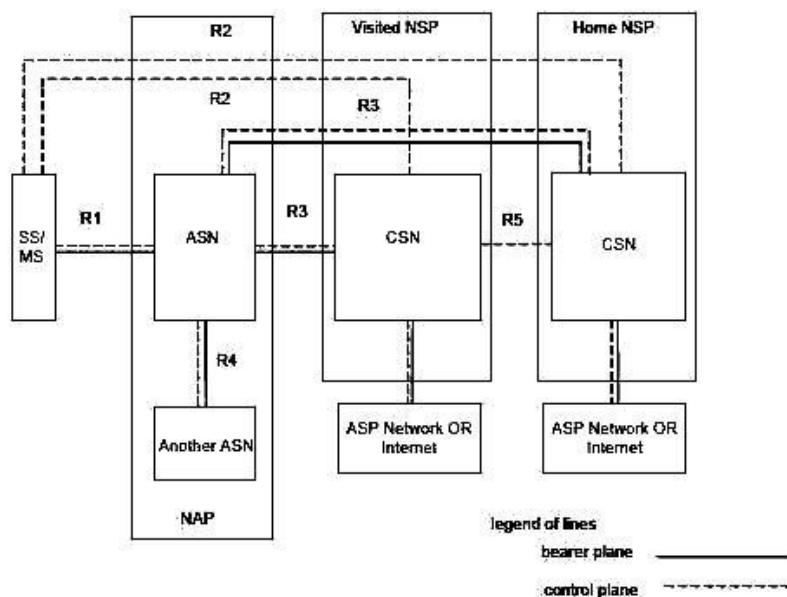


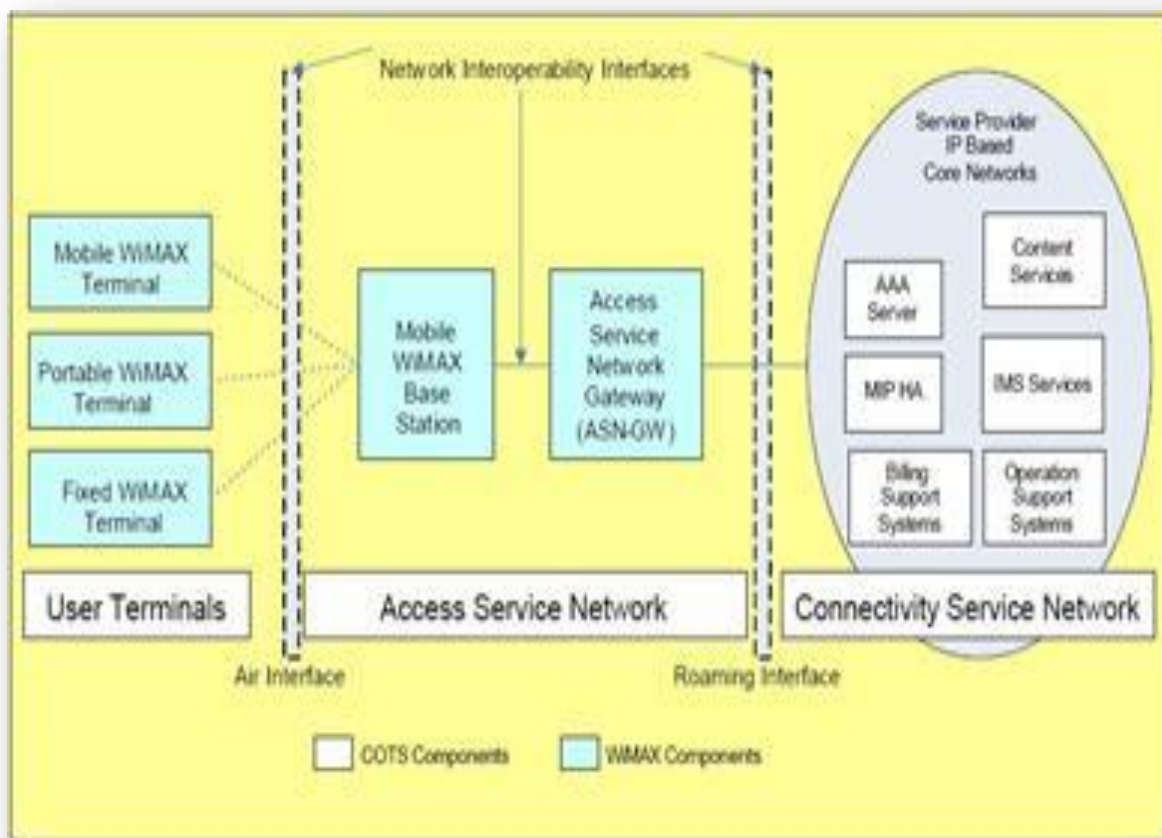
Рисунок 1.1 – Архитектура сети WiMAX и Mobile WiMAX

WiMAX основан на стандарте 802.16 оно известен также как 802.16 d, фиксированный WiMAX и WiMAX^{ptc}, спецификация утверждённая в 2004 году.

Ещё используются ортогональное частотное мультиплексирование (OFDM), поддерживается фиксированный доступ в зонах с наличием либо отсутствием прямой видимости.

2 глобальных частей WiMAX (ASN, CSN) они обеспечивают. Подключение к сетям IP. Поддержка стандарта 802.16 полностью реализована в ASN. Простая подсеть CSN владеет провайдер IP услуг, NSP (Network Service Provider) – поставщик сетевых серверов, NAP (Network Access Provider) – поставщик доступа к сети, ASN – сеть обслуживания доступа. NSP и NAP могут являться одним провайдером.

Более подробная архитектура сети показана на рисунке 1.2.



User terminal или Mobile Station, MS или Subscriber Station, SS – устройство обеспечивающее соединение между оборудованием пользователя и сетью. MS может представлять собой CPE (Customer Premises Equipment) – абонентское оборудование отвечающее за подключение к сети нескольких компьютеров.

Базовая станция BS (Base Station) – это логический элемент сети, выполняющий обработку физического и MAC уровня по стандарту 802.16. BS представляет собой один спектр со одной частотой и может подключаться

к нескольким CAN–GW для обеспечения резервирования и/или балансировки нагрузки. Одно физическое изделие может включать в себя несколько BS (логических объектов).

ASN – GW шлюз радио подсети – это логический элемент сети который выполняет объединение сигнальных функций, а также если будет необходимо то оно сможет выполнить агрегирование маршрутизацию потоков данных пользователей. И ещё ASN – GW может быть связан с другими ASN–GW для обеспечения резервирования и балансировки нагрузки.

AAAserver, Authentication, Accounting, (Аутентификация, авторизации авторизации) – это сервер выполняющий процедуры:

Аутентификации пользователя, т.е. проверки его подлинности и возможности доступа в сеть;

Авторизации – выделение ему ресурсов сети в соответствии с услугами, на которые он подписан;

Аккаунта – подсчет потребленных пользователем ресурсов для формирования счет за пользование сетью.

MIPHA – MobileIPHomeAgent (Домашний агент мобильного IP) – его функция заключается в поддержке мобильности за анкерной в CSN. И обычно он же является edge – роутером – роутером – шлюзом, расположенном на границе WiMAX сети и внешних сетей.

IMS, Contentservices, BillingSupportSystem (BSS), OperatorSupportSystem (OSS) – (IMS), соединении сервера и система поддержки биллинга (BSS) и система поддержки операторов (OSS) – это стандартные системы не являющиеся специфичными для WiMAX представляют вспомогательные функции оператору.

Роуминг – он предоставляет возможность абоненту сервисов при его нахождении в чужой сети. Абонент может пользоваться теми услугами которые определены соглашением между домашней и чужой сетью. Главным качеством роуминга является большая зона представления услуг при наличии единого счета на оплату.

1.2 СЕТЬ CSN

Согласно спецификациям WiMAX Forum определяется как набор функций, предоставляющих абонентам сети функции соединений.

Главными функциями CSN относятся:

- Распределение – адресов и параметров между пользователями сети;
- Доступ к сети интернет;
- Функции AAA
- Контроль доступа абонентов в сеть основанный на профилях пользователей;
- Туннелированные между сетями ASN – CSN;
- Биллинг и меж операторское взаимодействие;
- Туннелированные между CSN и роуминг.

Мобильность между различными ASN. т.е. хэндовер между различными сетями доступа.

Обеспечение сервисов WiMAX, а именно определение местоположение предоставление соединений типа «точка – точка» резервирование соединений и т.п.

В сеть CSN могут входить такие элементы как роутеры, AAA сервер базы данных абонентов устройство преобразование сигнализации.

PF (PoliceFunction) – база данных содержащая сценарии выполнения приложений для различных услуг предоставляемых сетью WiMAX.

HA (HomeAgent) – элемент сети отвечающий за возможность роуминг отвечает за обмен данными между сетями разных операторов.

1.3 СЕТЬ ASN

Сеть ASN – это набор сетевых элементов, предназначенных для организации доступа абонентов WiMAX в сеть.

ASN выполняет следующие основные функции:

- Доступ абонентов в сеть по радио соединений;
- Передачи AAA – сообщений между CSN и абонентским оборудованием для обеспечения функций аутентификации авторизации и аудита соединений;
- Установление сигнальных соединений между и абонентским оборудованием;
- Управление радио ресурсами;
- Пейджинг т.е. поиск абонентов в сети при поступлении входящего соединения;
- Мобильность абонентов (управление хэндоверами);
- Туннелированные между сетями ASN – CSN.

Главным составом сети ASN входят 2 элемента которые мы рассмотрели ранее (SandASNGateway).

Прочем этого неотъемлемым элементом сети MobileWiMAX является абонентское оборудование. В качестве такового могут выступать мобильный телефон, КПК, ноутбук/стационарный компьютер с встроенным или внешним адаптером и мн.др.

Таким образом, сеть MobileWiMAX является полноценным представителем сетей сотовой связи, предоставляющая большие возможности высокое качество и безопасность соединений. Это дает возможность предсказывать дальнейшее развитие этого стандарта и широкое распространение на практике.

1.4 Подключение абонентских шлюзов к VoIP– сети оператора

На рисунке 1.2 показана возможность подключения абонентских шлюзов к VoIP– сети оператора. Главными продуктами компании AudioCodes ориентированными на корпоративных заказчиков, является семейства аналоговых голосовых шлюзов MediaPack и цифровых шлюзов Mediant.

Сети шлюзов MediaPack имеет различные плотности аналоговых голосовых портов 2/4/8/24 порта FXS или 4/8 порта FXO. Цифровой шлюз Mediant 2000 используется для соединения УАТС корпоративных клиентов к сети IP– телефонии и позволяет реализовать решения с использованием от 1 до 16 танков E1/T1. Гибкий решения на базе шлюзов AudioCodes достигается за счет возможности соединения аналоговых телефонов «традиционных» телефонных станций и гибридных систем посредством IP– сетей с использованием аналоговых портов FXO и FXS, а также цифровых потоков E1/T1.

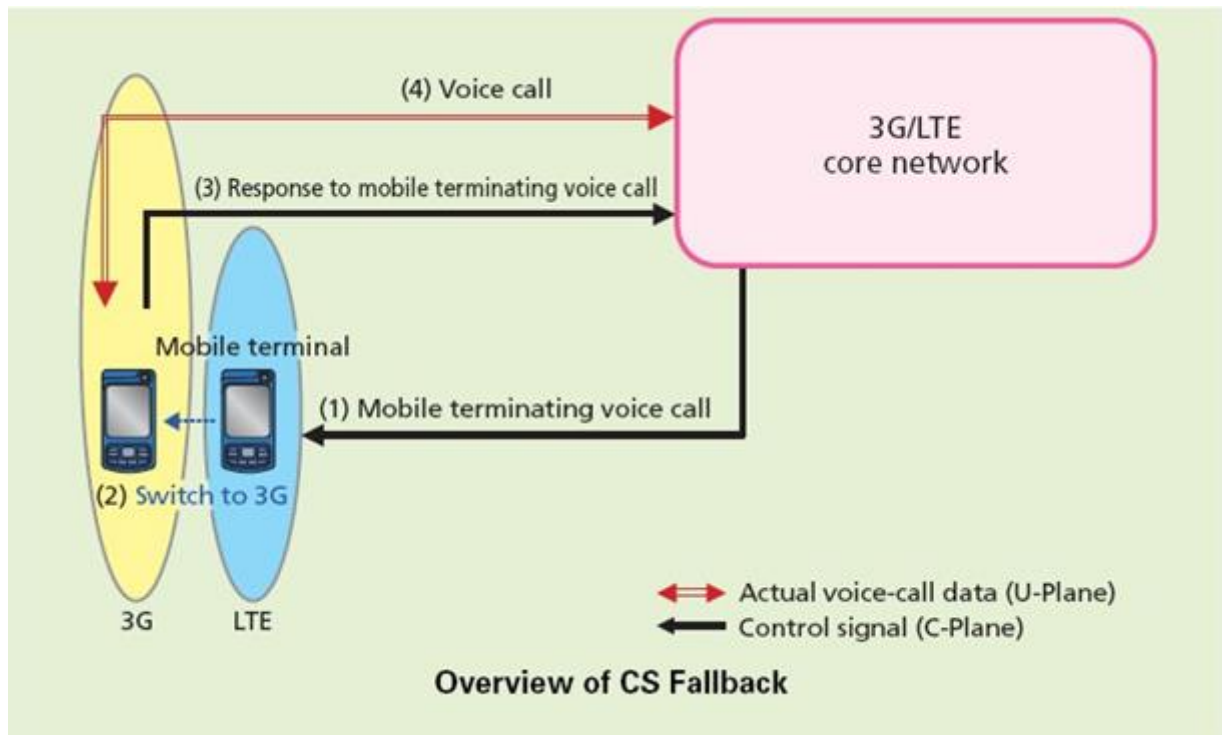
1.5 Решения по транзиту VoIP – трафика для операторов – партнеров

Услуга транзита трафика основывается в пропуске исходящего VoIP– трафика нижестоящего оператора по магистральной IP– сети вышестоящего оператора с поминутной тарификацией и его терминами в PSTN. Услуга в первую очередь востребована VoIP трафика и крупными корпоративными клиентами, заинтересованными в передаче голосового трафика без организации VPN соединений. Подключение операторов – партнеров организуется по протоколу PRI с использованием физического интерфейса G.703 (E1) и производится непосредственно к голосовым портам шлюзового оборудования к вышестоящего оператора.

2 РЕАЛИЗАЦИЯ ПЕРЕДАЧИ ГОЛОСА В СЕТИ LTE

Все голосовые вызовы инициируются в сети LTE осуществляются в 2G/3G сетях в режиме коммутации каналов (CS-Voice). Для реализации такой возможности применяется функционал CSFallback (CSFB, VoiceRedirection).

Средняя время установления вызова при использовании функционала CSFB составляет 4 – 6 секунд.



2.1 Недостатки технологии CSFB

Технология CSFB имеет несколько недостатков:

- Требуется модернизация MME и MSC для сигнализации и SMS;
- Требуется перекрытие зон GERAN/UMTS и E-UTRAN;
- Увеличение задержки при установлении голосового соединения;
- Снижение скорости передачи данных до скоростей 2G/3G;
- Требуется время чтобы мобильный терминал вернулся в сеть LTE после окончания разговора.

Первым шагом для совершения вызовов непосредственно в самой сети LTE (VoLTE) является установка платформы IMS (IP Multimedia Subsystem). IMS представляет собой программно – аппаратный комплекс который является ключевым компонентом практически всех IP- сетей следующего поколения.

Если вы заметили, практически при совершении голосового вызова инициируется в сети LTE, осуществляются в LTEсети по IPна базе IMS–платформы (VoLTE). В случае потери LTEпокрытия голосовой вызов перенаправляется в 2G/3Gсеть коммутации каналов (CS–voice). Для этого необходима активация функционала SingleRadioVoiceCallContinuity.

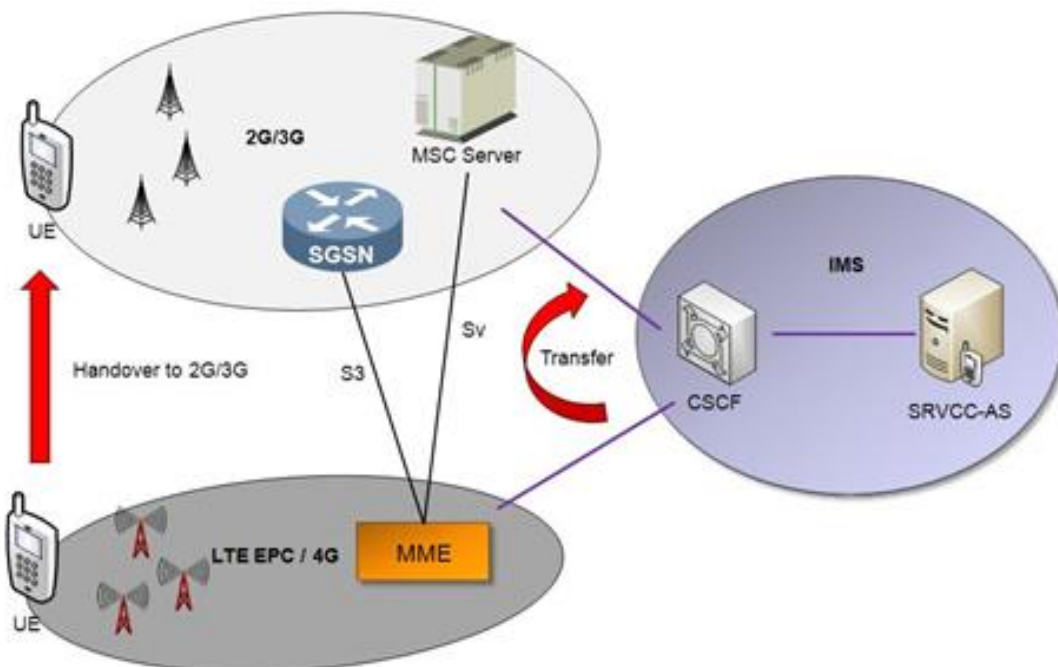


Рисунок 2.2 – Функционал SRVCC

Обслуживание голосовых вызовов происходит в сети LTEза счет передачи пакетов данных голосового сигнала через пакетные каналы (VoiceoverIP).

Мобильность голосового сервиса реализуется посредством функционала SRVCC–процедуры хэндовера с выбором соты назначения из сети LTE(PS–сервис) в 2G/3G(CS–сервис) в случае деградации радио покрытия LTE.

Применение технологии SRVCCпозволяет сократить время установления голосового соединения в среднем 1 секунда: Более того, технология позволяет улучшить качество голосового сервиса на 10 – 15%, тем в сети 2G/3G.

Для реализации этого сервиса сеть должна поддерживать сетевую архитектуру 3 GPPRelease 8.Различают несколько видов SRVCChandover–CSOnlyи CSandPS.Данный параметр настраивается в радио сети, и передается в изначальном запросе на handover, что определяет дальнейший действия ММЕтехнология SRVCC должна поддерживается мобильными устройствами

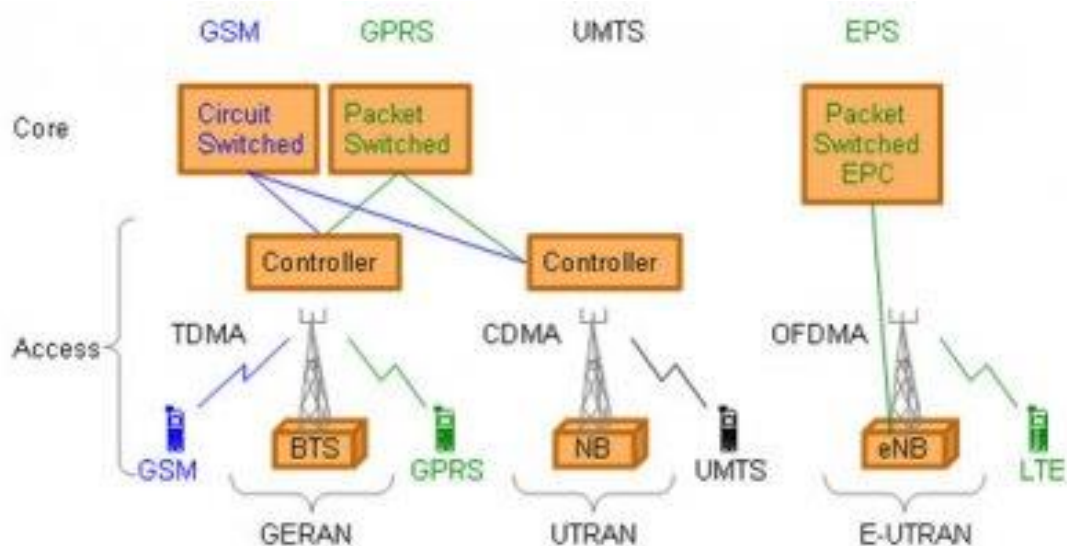


Рисунок 2.3 – 3 GPP Release 8

В октябре 2014 VoLTE начала поддерживаться уже в 12 операторов в 6 странах. Первыми был Южная Корея и США. Они запустили поддержку VoLTE ещё в августе 2012 года.

Таблица 1 – операторы поддерживающие VoLTE (данные собраны на октябрь 2014)

Название	Операторы
Гонконг	3 HK
Гонконг	HKT – PCCW
Объединенные Арабские Эмираты	DU
Сингапур	Sing Tle
Сингапур	SterHub
США	AT&T
США	T – Mobile (MetroPCS)
США	Verizon Wireless
Южная Корея	KT
Южная Корея	LG U+
Южная Корея	SK Telecom
Япония	NTT DoCoMo

Основными трудностями внедрения данной технологии является:

- Высокие затраты на установку IMS платформы;
- Отсутствие качественного LTE покрытия;
- Малое количество устройств с поддержкой данной функции.

В Казахстане можно активировать услуги VoLTE где есть 4G от Beeline, кроме Мангистауской и Атырауской областей. Даже если вы выедите за пределы города VoLTE будет работать.

А в операторах Tele 2 VoLTE доступна по всему Казахстану где поддерживается LTE.

2.2 Архитектура сети стандарта мобильной связи стандарта LTE

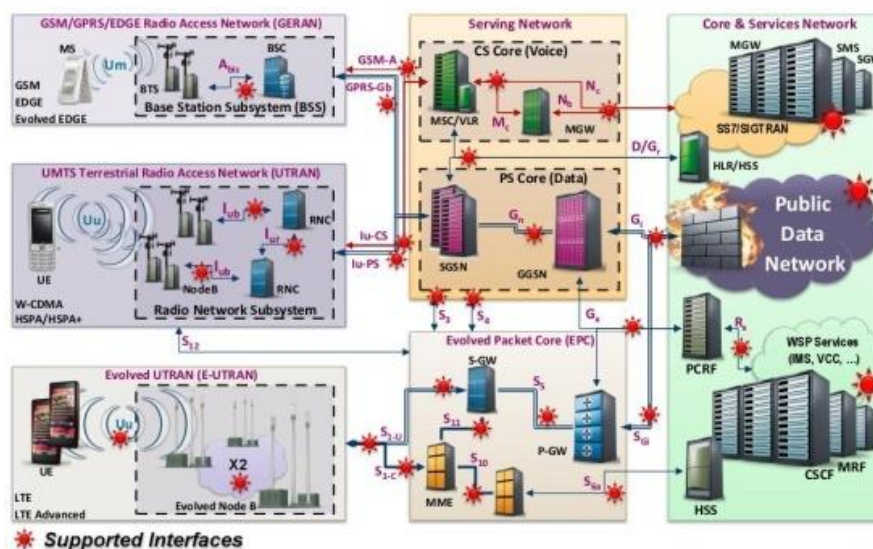


Рисунок 2.4 – Архитектурная схема LTE

Рассмотрим архитектурную схему LTE которая показана на рисунок 2.4.

Сеть LTE состоит из наземной подсистемы радиодоступа E-UTRAN (развитая универсальная наземная сеть радиодоступа) которая образует узлы eNodeB – базовые станции LTE, и пакетного ядра EPC (Развитая пакетное ядро). Узлы eNodeB позволяет совершать радиообмен с пользовательскими устройствами UE (пользовательское оборудование), пользуясь технологиями OFDMA и SCFDMA. И мгновенные способности радиосвязи к применению более чем одной антенны – MIMO. Главными функциональными элементами EPC является узел управления мобильностью MME (Mobility Management Entity), обслуживающий шлюз SGW (Serving Gateway), пакетный шлюз PGW (Packet Data Network Gateway), а также узел для выставления счетов пользователям и реализации правил системной политики PCRF (Policy and Charging Rules Function). Данные о пользователях хранятся на сервере HSS (Домашний абонентский сервер). Элементы сети взаимодействуют друг с другом через стандартизированные интерфейсы.

Узел eNodeB реализует не только физический уровень сети LTE, но и способствует на выполнение других не мало важных сетевых функций. Таких как; управление радио ресурсами, сжатие заголовков IP – пакетов и шифрование потоков данных, передачу пейджинговых и широковещательных сообщений маршрутизацию пользовательских данных к SGW и др.

Узел MME обеспечивает сигнализацию в плоскости управления между EPC и UE, а также обеспечивает активность UE включая роуминг между сетью LTE и сетями UTRAN (UMTS) и GERAN (GSM).

Кроме маршрутизации пакетов данных между EPC и E – UTRAN шлюз SGW служит как якорь мобильности при выполнении хэндоверов между узлами eNodeB при роуминге между сетью LTE и сетями 2G, 3G. Помимо SGW управляет контекстами UE и инициирует вызов неактивных UE, когда поступают предназначенные для них данные.

Шлюз PGW обеспечивает связь UE с улучшенными пакетными сетями и реализует правила системной политики очищает пакеты для каждого пользователя с анализом пакетов тарифицирует предоставляемые услуги и является якорем мобильности при интеграции с сетями доступа не являющимися к сетям 3GPP (WiMAX и CDMA 2000).

Функциональный узел PCRF отвечает за управление качеством обслуживания и начисление платы за оказанные услуги связи.

При переходе от 2G к 4G полоса сигнала увеличивается от 200 кГц до 20 МГц т.е. в 100 раз что позволила увеличить пропускную способность канала в те же 100 раз.

Система LTE была создана для того чтобы пользователи сети могли широко использовать возможности сервиса, а также интернет услуг посредством протокола IP. Сеть LTE состоит из множества узлов, и они делятся на две категории. Сети радиодоступа и опорные сети. Основным элементом, определяющим эффективность любой радиосети является алгоритмы и механизмы используемые для передачи данных между БС и МС. Теперь рассмотрим основные характеристики сети LTE относящиеся к сети радиодоступа.

Сеть LTE при радиусе соты в 5 км должна поддерживать все параметры спектральной эффективности пропускной способности и работы с мобильными абонентами. При радиусе соты 5 км до 30 км допускается снижение показателя производительности.

Для того чтобы обеспечить двунаправленную передачу данных БС и МС технологией LTE поддерживается, как частотный (FDD) так и временный дуплекс (TDD).

Для частотного дуплекса определено 15 парных частотных диапазонов ширина радиоканала может быть различной допустимые значения 1,4/3/5/10/15/20 МГц. И в качестве систем множественного доступа LTE используется OFDMA в нисходящем канале SC-FDMA в восходящем. При использовании OFDMA весь имеющийся спектр разбивается на под несущие, ортогональные друг к другу. В зависимости от используемой ширины канала общее количество под несущих может быть 72,180,300,600,900 или 1200. Каждая из под несущих может иметь вид модуляции. Как ранее было показано на (рисунке 2.4) могут использоваться QPSK, 16QAM, 64QAM. Огромный доступ организуется за счет того, что одна сторона под несущих выделяется одному пользователю кадра, а другая сторона второму и т.д.

Таблица 2.1 Сравнительные характеристики скорости передачи данных для различных технологии сотовой связи.

Стандарт сети	Технология	Модуляция	Скорость передачи данных к абоненту/от абонента	Полоса сигнала МГц
GSM	GPRS	GMSK	20/20 кбит/с	0,2
	EDGE	8PSK	59,2/59,2 кбит/с	0,2
UTMS	R99 WSDMA	QPSK	384/384 кбит/с	5
	HSDPA	16QAM/QPSK	14,4/5,76 Мбит/с	5
	HSPA	64QAM/16QAM	21/11,5 Мбит/с	5
	DC HSPA+	64QAM/16QAM	42/23 Мбит/с	10
LTE	MIMO 2x2	64QAM	150/75 Мбит/с	20

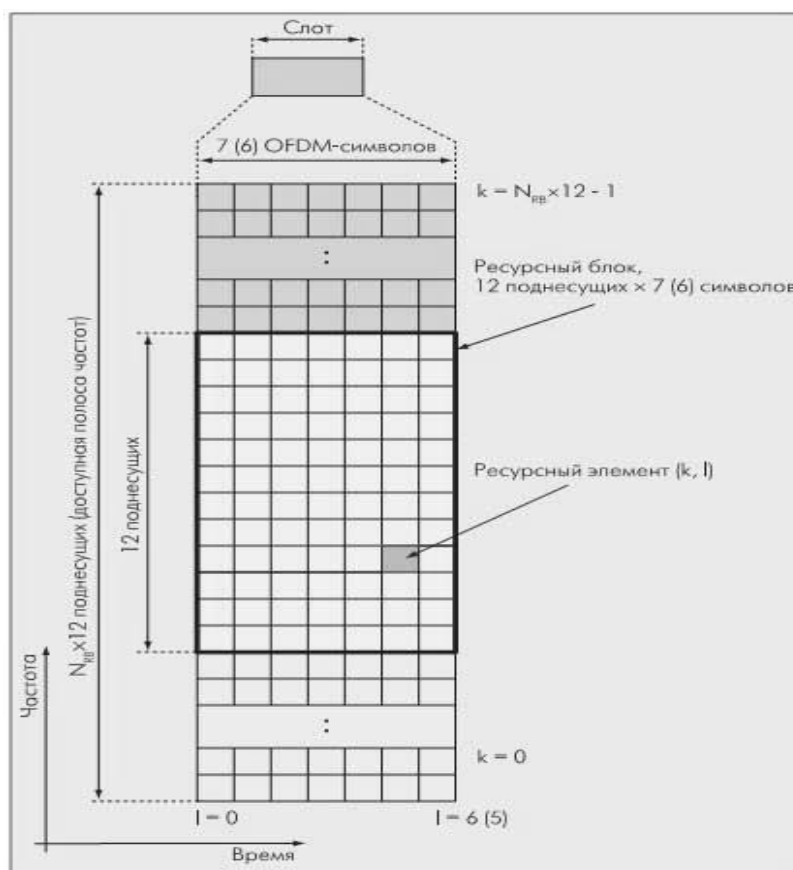


Рисунок 2.5 – Ресурсная сетка LTE при стандарт шаге под несущих $\Delta f = 15$ кГц

Назначение префикса – борьба с межсимвольной интервенцией в приемнике в следствие многолучевого распространения сигнала. Отраженный сигнал приходящий с задержкой попадает в зону префикса и не накладывается на полезный. В LTE принят стандартный шаг между под

несущими $\Delta f = 15$ кГц что соответствует длительности OFDM–символа 66,7 мкс.

Каждому абонентскому устройству в каждом слоте назначается определенный диапазон канальных ресурсов в частотно временной области. Ячейка ресурсной сетки так называемый ресурсный элемент соответствует одной под несущей в частотной области и одному OFDMсимволу во временном.

2.3 Технология 4G – LTE

Это стандартный мобильный связь основанный на GSM/EDGEи UMTS/HSPA. В основном LTEиспользует CDMAилибо OFDMс несколькими несущими. При передачи данных в высоком модулирующем потоке OFDMразделяется, а затем помещается на множество медленно модулированных узкополосных под несущих с закрытым интервалом.

4Gработает в диапазоне от 2000 МГц до 8000 МГц и использует спектр частот от 5 МГц до 20 МГц.

Скорость передачи данных выше 100 Мбит/с.

Скорость восходящей линии связи 50 Мбит/с.

Из – за такой скорости передачи данных он может поддерживать приложения, (онлайн игры, потоковое видео высокой четкости, передачи голоса по IP).

Тип базовой сети, используемой в 4G, основан на IP. Сеть 4G имеет низкие задержки имеет более широкий канал и агрегацию несущих до 100 МГц.

Двумя общими режимами LTEявляются LTEFDDandLTETDD.

Схема строения LTE – 4G.

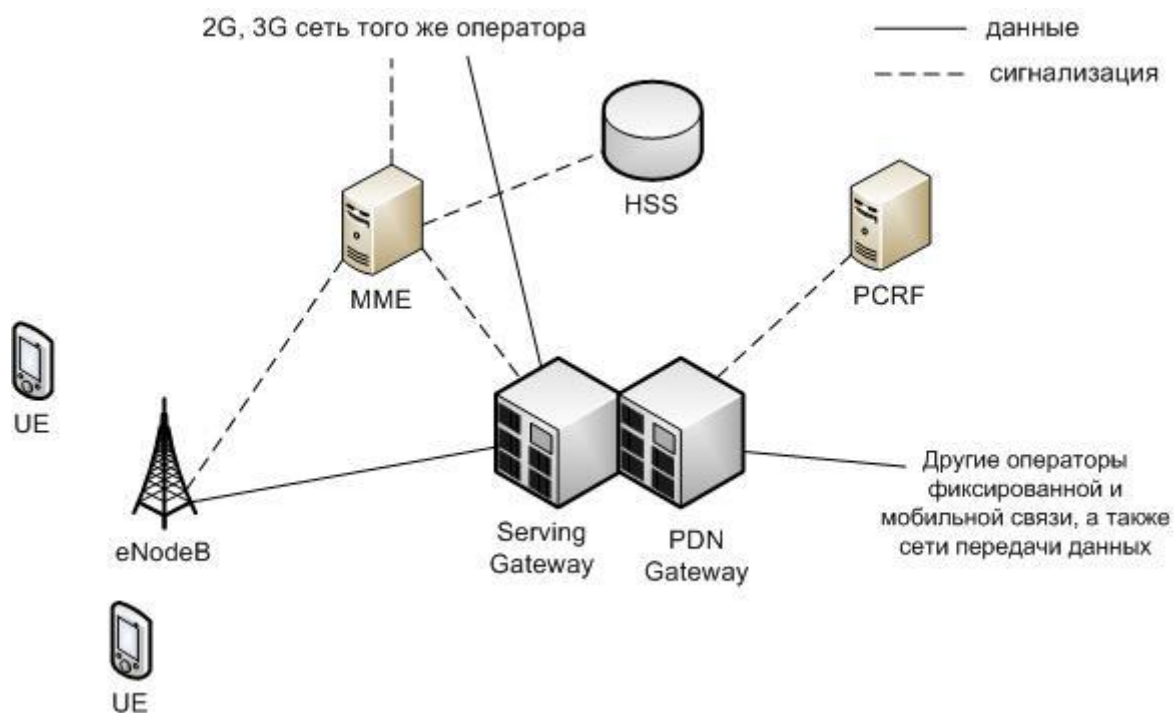


Рисунок 2.6 – Схема строение LTE 4G

Из этой схемы видно, что его структура сильно отличается от 2G. Как мы видим были внесены изменение подсистема базовых станций и подсистема коммутации. Также была изменена технология передачи данных между оборудованием пользователя и базовой станцией и конечно же подверглись изменению протоколы передачи данных между сетевыми элементами. Благодаря этому вся информация теперь передается в виде пакетов и уже нету разделение которые обрабатывали только голосовую информацию либо только пакетные данные.

Можно и отметить основные стандартные элементы LTEсети.

ServingGateway (SGW) – это шлюз обслуживающий LTEсеть. Он предназначен для обработки и маршрутизации пакетных данных поступающих из либо в подсистему базовых станций. Можно сказать, он и заменяет MSC, MGWM и SGSNсети UMTS. Ко всем внимание SGWимеет прямое соединение с сетями второго и третьего поколения того же типа оператора, и благодаря этому упрощается передача соединений из либо в них по причинам ухудшения зоны покрытия перегрузок и т.п.

PDNGateway (PGW) – это обратный шлюз к либо от сетей других операторов. Если информация передаются из либо к сети данного оператора, то они маршрутизируют именно через PGW.

Mobility Management Entity (MME) – узелуправлениямобильностью. Предназначен для управления мобильностью абонентов сети LTE.

HomeSubscriberServer (HSS) – серверабонентскихданных.

PolicyandChargingRulesFunction (PCRF) – узле выставления счетов абонентами за оказанные услуги связи.

Все выше перечисленные элементы относятся к системе коммутации сети 4G. Как мы видим, что в система базовых станций остался лишь один знакомый нам элемент - базовой станции которая получила название eNodeB. eNodeB– это элемент который выполняет функции базовой станции и контроллера базовой станций сети 4G. За счет этого упрощается расширение сети так как не требуется расширение емкости контроллера или добавление новых.

2.4 Схемы построения сети 2Gand 4Gна автомобильной трассе

Разницы между 2Gот 4Gв том, что скорость передачи данных 2G составляет 9,5 – 500 кбит/с, а 4G– 1 Гбит/с.

Технология 2G.

Для начала мы рассмотрим из какой технологии был основан наш 2G. Основан был на технологии GSM. 2Gиспользовал комбинацию TDMAandFDMA. С помощью этому большее количество абонентов смогли подключиться одновременно в заданной полосе частот.

Интервал определенной частоты делиться на временные интервалы и поэтому, несколько абонентов могут использовать определенный частотный интервал.

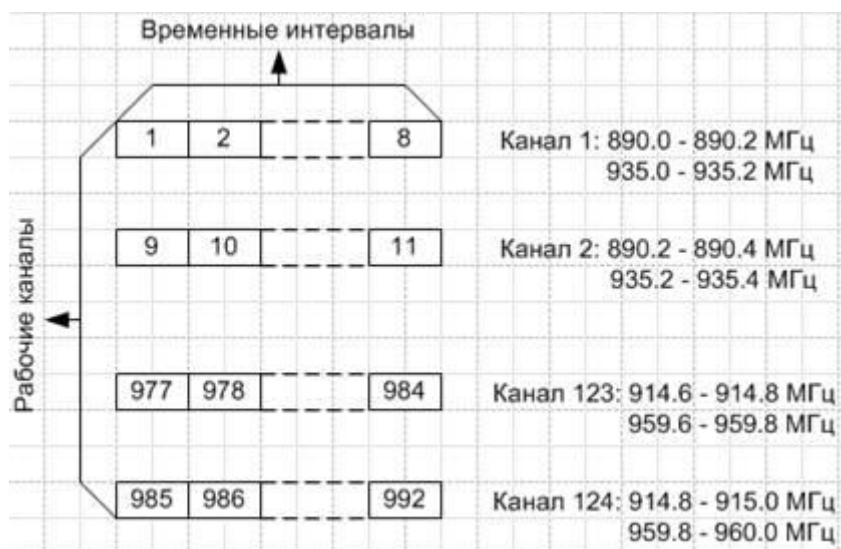


Рисунок 2.7 – Интервалы определенной частоты

Система GSMиспользует частотный спектр 25 МГц в диапазоне 900 МГц. В базовой сети 2Gдостигает скорости примерно 14,6 Кбит/с. Основной поток, используемой 2Gявляется PSTN. Цепная коммутация используется в GSM.

Поскольку затраты в отправке данных по радио интерфейсу возросла, GPRSбыла забита существующей сетью GSM. За счет этого достигается

оптимальная скорость до 150 Кбит/с. Тем не менее, когда возникла необходимость в увеличении скорости передачи данных была введена EDGEкоторая увеличила объём данных в четыре раза. Также можно было обновлять существующий системы GPRS.

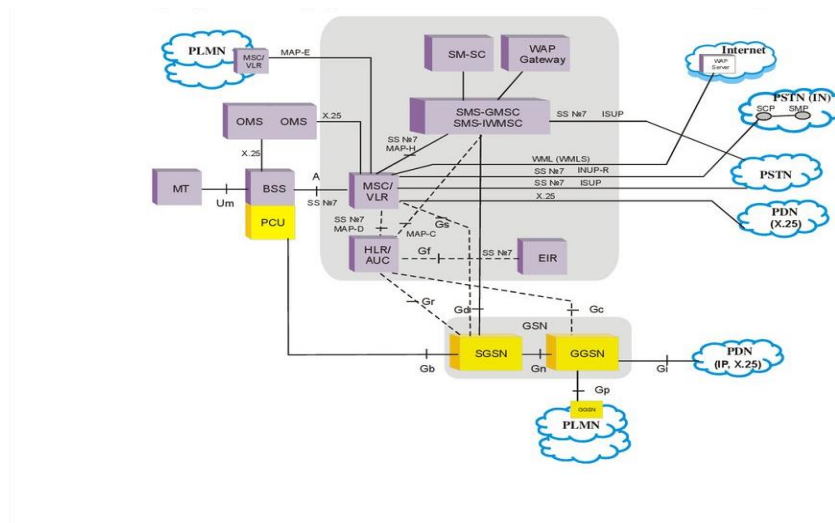


Рисунок 2.8 – Структурная схема GSM/GPRS

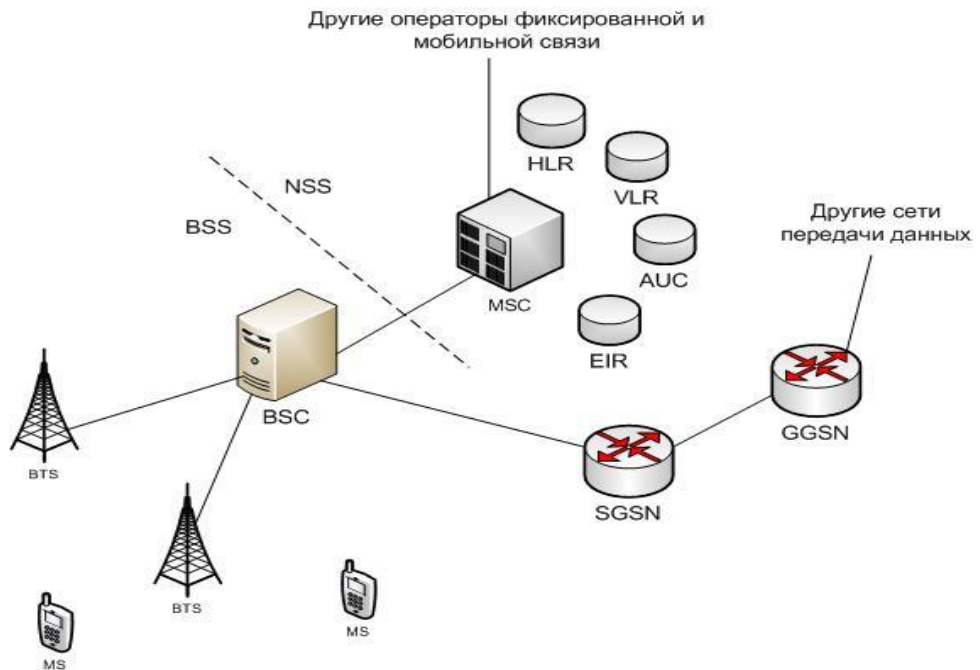


Рисунок 2.9 – Структурная схема 2G – GSM

GSMделят на 2 системы. Каждая из которых включает в себя это ряд функциональных устройств которые в свою очередь являются компонентами сети мобильной радиосвязи:

- Система коммутации – NSS;
- Система базовых станций – BSS;
- Система коммутации (NSS).

Они позволяют выполнять функции, обслуживание вызовов и установление соединения, а также отвечать за выполнение всех назначенных абоненту услуг.

Если GSM делится на 2 системы таких как NSS and BSS. То NSS будет делиться на ещё 5 функциональных устройств.

Центр коммутации мобильной связи (MSC) – который является главным элементом системы GSM, он ведёт контроль за BTS and BSC которые расположены в зоне его обслуживания. Первостепенной задачей MSC является в установление соединений между абонентами связи. Также через MSC есть выходы на другие сети связи.

Домашний регистр местоположений (HLR) – в нем хранится информация об абонентах, но только об активных абонентов которые находятся в зоне обслуживания MSC. И в него ещё внесены данные, и о домашних абонентах, приписанных к данному MSC. Это могут быть абоненты из других сотовых операторов связи, ибо абоненты того же оператора. В VLR информация поступает от HLR.

Центр аутентификации (AUC) – он предназначен для аутентификации абонентов. Это процедура предназначена для предотвращения несанкционированного доступа в сеть. Каждый раз, когда абонент включает телефон совершает вызов и т.п. сеть предлагает пройти процедуру аутентификации. Её осуществляет MSC на основе данных полученных из AUC and от MS.

Регистр идентификации абонентского оборудования (EIR) – это база данных, который содержит информацию о идентификации о номерах мобильных телефонов GSM. Необходимая информация для осуществления блокировки краденных трубок. EIR не является обязательным элементом сети. В данном веке существует лишь несколько операторов которые смогли внедрить его в свой сеть.

Состав системы базовых станций BSS – разделяют на два типа: BSC and BTS.

Контролёр базовых (BSC) – BSC он управляет всеми функциями которые относятся к работе радиоканалов в сети GSM. BSC это коммутатор который может обслужить такие функции как (хэндовер MS – назначение радиоканалов и сбор данных о конфигурации сот). MSC может управлять несколькими BSC.

Базовая станция (BTS) – BTS управляет в обществе с MS. Также BTS может включать в себя такие радиооборудование как трансиверы и антенны. Они необходимы для обслуживания каждой соты в сети.

Объекты сети, относящиеся к пакетной передаче данных – они также делятся на 1 тип GPRS. GPRS делится ещё на 2: SGSN and GGSN.

Узел обслуживания абонентов GPRS (SGSN) - это пакетные данные которые в отличии от голосового трафика передаются от подсистемы базовых станций не в сторону MSC, а в сторону SGSN. Этот элемент представляет маршрутизатор с расширенными функциями.

Шлюзовой узел GPRS (GGSN) – оно представляет собой шлюз сети. В случае если пакеты маршрутизируются за пределы сети оператора, то они попадают в GGSN. GGSN самовольно объединяется вместе с SGSN в одном устройстве.

3 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ 2G И 4G/LTE СЕТИ. БАЗОВЫЕ СТАНЦИИ И АБОНЕНТСКИЕ УСТРОЙСТВА LTE

Оборудование для построения 4G/LTE сети включает в себя базовые станции и терминалы.

BLiNQ Networks – предлагает различные устройства для топологии «точка-точка» (PTP) и «точка-много точек» (PMP). Эти технологии формирования луча и продукты без прямой видимости (NLoS) обеспечивают фиксированный беспроводной доступ для соединения неподключенных. Наличие комплексных решений BLiNQ позволяет поставщику услуг беспроводной связи быстро и недорого выходить на рынок зная, что BLiNQ готов удовлетворить все их потребности. А также BLiNQ Networks предлагает ряд базовых станций 4G LTE/5G, а также малых сот, оснащённых передовыми технологиями сотовой связи и модернизируемыми функциями для перспективной сети и производительности. Их легко настроить и развернуть что позволяет операторам и поставщикам услуг создавать и расширять свои сети.



Рисунок 3.1 – Базовая станция FX – 300i

FX – 300i – это устройство которое имеет комплексное решение для подключения. Он компактен полностью интегрирован прост в настройке и подходит для любого места.



Рисунок 3.2 – Базовая станция X – 300i

X – 300i– базовая станция предназначенная для удовлетворение потребности в широкополосной связи в условиях плотной городской застройки а также от других преград.

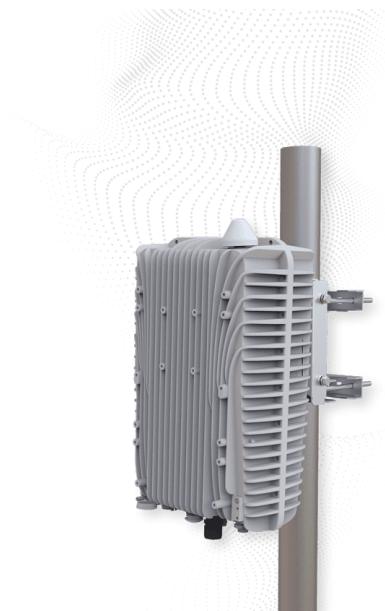


Рисунок 3.3 – Базовая станция FW – 600

FW – 600 – это мощное настраиваемое решение для подключения. Это компактная макро ячейка представляет собой высокопроизводительную интегрированную систему базовых станций LTEс несколькими несущими предназначенную для удовлетворения сегодняшних потребностей в

широкополосном соединении с высоким трафиком на плотных пригородных рынках.

3.1 Абонентское устройство Teltonika RUTX09

RUTX09 – это многофункциональный LTE– маршрутизатор нового поколения для систем класса IoT с функциями подключения к сотовым сетям LTE–ACat6 (до 300 Мбит/с) и агрегацией сетевых интерфейсов от компании Teltonika поддерживающий работу в частотных диапазонах: LTEFDD, LTETDD, 3G. Сконструирован для использования в качестве основного или резервного средства подключения к сети интернет в условиях где требуется стабильное соединение и высокая пропускная способность.



Рисунок 3.4 – Усилитель RUTX – 09

Частотный диапазон:

- LTE FDD, LTE TDD, 3G/

Частотные диапазоны LTE^

- FDD: 2100(1)/1800(3)/850(5)/2600(7)/900(8)/800(20). МГц;

- TDD: 2600(38)/2300(40)/2600(41) МГц.

Частотный диапазон 3G:

- 2100(1)/850(5)/900(8).

3.2 Функциональная схема OFDM приемника и передатчика

Мы сейчас будем рассматривать схемы OFDM приемника и передатчика. А так же мы рассмотрим вообще методы приема и передачи

OFDM сигналов, кодирование каналов для системы связи четвертого поколения.

OFDM представляет собой технологию мультиплексирования с ортогональным частотным разделением. Это означает что весь частотный диапазон делится между N под несущими каждой из которых передает $1/N$ часть из общего потока информации параллельно. Под несущие являются ортогональными что позволяет произвести разделение абонентов и исключить их взаимное влияние.

Особенность этой технологии заключается в устойчивости к многолучевому распространению. Это событие заключается в наложении друг на друга схожий исходного сигнала с различными амплитудами и задержками и чаще всего негативно отражается на передаче данных – часть тащащих может быть удалена из спектра сигнала. Но благодаря этому передача осуществляется на нескольких под несущих, а не на одной то теряется не весь поток информации, а лишь его не большая часть которая может быть с некоторой точностью восстановлена.

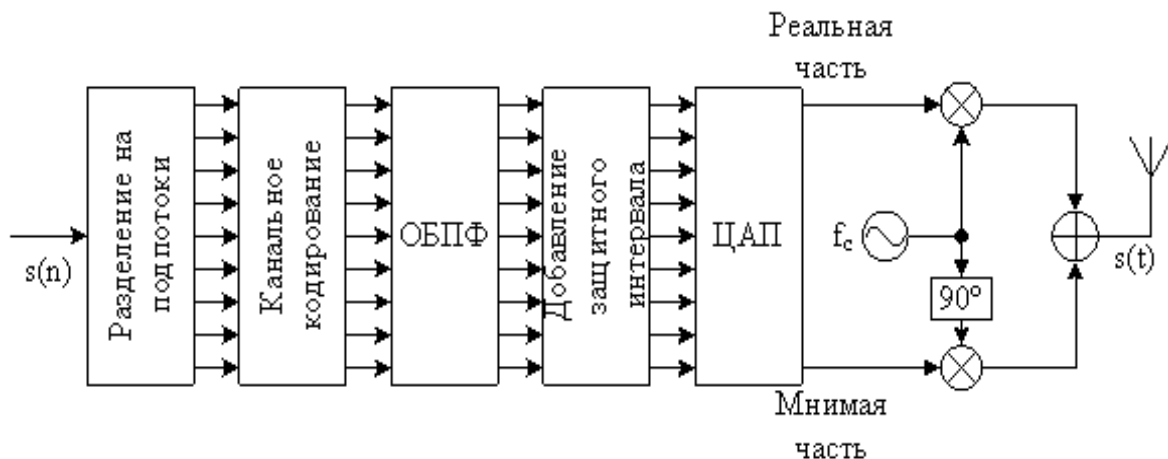


Рисунок 3.5 – Структурная схема передатчика OFDM сигнала

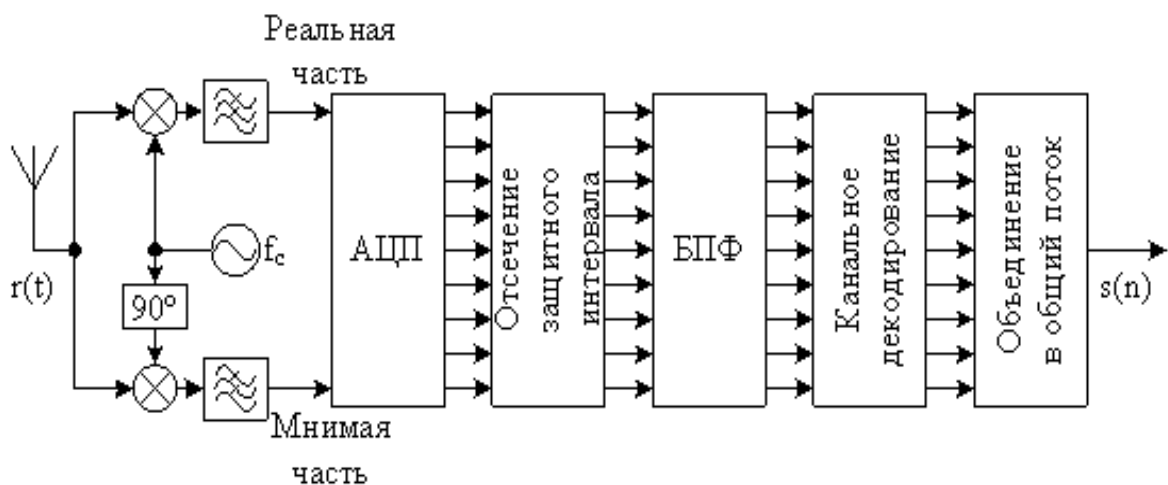


Рисунок 3.6 – Структурная схема приёмника OFDM сигналов

3.3 Архитектура услуги передачи данных в реальном времени VoIP

Принцип работы заключается в следующем: когда один из абонентов передаёт голосовые сигналы другому абоненту ваш голос проходит обработку с помощью кодеков и пересылается через интернет пакетными данными в режиме реального времени. При этом максимальная задержка звука составляет примерно 300 – 400 миллисекунд в зависимости от того сколько времени требуется аппаратному оборудованию для создания цифрового аудио сигнала. А так как в настоящее время существуют технологии которые позволяют свести потери сигнала в сети к минимуму и избежать пропадания голоса то мы этого и не заметим. И в результате за данный разговор мы заплатим гораздо меньше чем мы бы пользовались обычными телекоммуникациями. Для передачи сигнала необходимо специальное устройство IP-шлюзы. Это устройства с помощью которых осуществляется трансляция данных из одного типа сети в сети другого типа IP-шлюзы с одной стороны связаны с телефонными линиями и могут установить соединение с любыми телефонным мира, а с другой стороны с интернетом за счет чего могут связаться с любым подключенным к интернет компьютером.

Телефонный сигнал шлюзом оцифровывается сжимается разбивается на пакеты и передается через IP-сети по назначению с использованием протокола TCP/IP. Потом сигнал проходит через ещё один шлюз где снова преобразуется в телефонный и принимающий абонент получает вызов. На сегодняшний день доступ к интернет возможен непосредственно с мобильных телефонов которые поддерживают технологии такие как: GSMData, GPRS (GeneralPacketRadioService) – общая служба пакетной радиосвязи, EDGE (EnhancedDataRatesforGlobalEvolution) –улучшенные скорости передачи данных для глобальной эволюции, CDMA (CodeDivisionMultipleAccess) –кодовым разделением множественного доступа, EV-DO (Evolution – DataOptimized) –эволюция данных оптимизирована, которые обеспечивают широкий спектр услуг «мобильный интернет» и WAP. И в данный момент в мобильной связи уже внедряются новые технологии беспроводного доступа в интернет на базе технологии связи 4G.

Значит голосовой сигнал из канала VoIP может непосредственно поступать на IP-телефон соединенный к IP, ибо на мобильное устройство или оператора, ибо на аналоговый телефон соединенный к обычным устройством сети.

Совместимость сотовых номеров также могут значительно влиять на IP-телефонию или другими словами на коммерческое применение VoIP. Голосовой вызов который прошел по каналу маршрутизируется на мобильный телефон традиционного мобильного оператора также имеет задачу достичь цели назначения которая в случае с мобильным телефоном выражается в том, что сигнал должен достичь порта. Совместимость сотовых

номеров – это сервис который позволяет его абонентам сохранить существующий телефонный номер при переходе от одного мобильного оператора у другому.

Таки образом IP – телефония обеспечивает передачу голосовых сигнатур с компьютера на компьютер с компьютера на телефон и с телефона на телефон. Звонки осуществляется уже через провайдера услуг VoIP. Качество передачи голоса зависит от VoIP – провайдера и способа подключения к интернету.

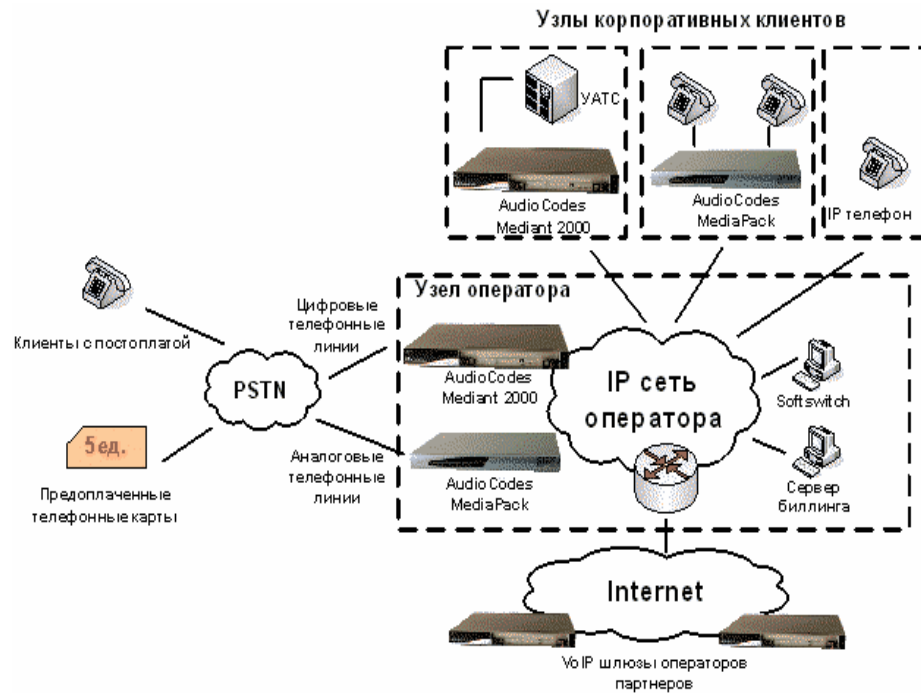


Рисунок 3.7 – Универсальная VoIP сеть оператора

4 РАСЧЕТЫ ПАРАМЕТРОВ СЕТЕЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ

Таблица 4.1 – Расчетные данные антенны X – 300i

Линия	Схема MIMO	Средняя спектральная эффективность бит/с/Гц
UL	3 соты с 2x2 MIMO каждая	1,742
DL	3 соты с 2x2 MIMO каждая	17,427

Расчетные данные

$$R = S * W \quad (1)$$

где S – средняя спектральная эффективность (бит/с/Гц);
 W – ширина канала (МГц); $W = 15$ МГц.

$$R_{DL} = 17,427 * 15 = 261,405 \frac{\text{Мбит}}{\text{с}};$$

$$R_{UL} = 1,742 * 15 = 26,13 \text{ Мбит/с.}$$

4.1 Расчет средней пропускной способности

Средняя пропускная способность базовой станции R_{BS} вычисляется путем умножения пропускной способности одного сектора на количество секторов базовой станции число секторов BS примем равное 3, тогда

$$R_{BS.DL} = R_{DL/UL} * 3, \quad (2)$$

$$R_{BS.DL} = 261,405 * 3 = 784,215, \text{ Мбит/с;}$$

$$R_{BS.DL} = 26,13 * 3 = 78,421, \text{ Мбит/с;}$$

Следующим этапом будет определение количества сот в планируемой сети LTE. Для расчета числа сот в сети необходимо определить общее число каналов, выделяемых для развертывания проектируемой сети LTE. Общее число каналов N_k рассчитывается по формуле:

$$N_k = \left[\frac{\Delta f_{\Sigma}}{\Delta f_k} \right] \quad (3)$$

где Δf_{Σ} – полоса частот, выделенная для работы сети и равная 90 МГц;
 Δf_k – полоса частот одного радиоканала.

Под радиоканалом в сетях LTE определяется такое понятие как ресурсный блок который имеет ширину 270 кГц, $\Delta f_k = 270$ кГц.

$$N_k = \left[\frac{90 * 10^6}{270 * 10^3} \right] \approx 333 \text{ канала}$$

Далее определил число каналов $N_{k.сек}$ которые необходимо использовать для обслуживания абонентов в одном секторе одной соты по формуле:

$$N_{k.сек} = \left[\frac{N_k}{(N_{кл} * M_{сек})} \right] \quad (4)$$

где N_k – общее число каналов;

$N_{кл}$ – размерность кластера выбираемое с учетом количество секторов 3;

$M_{сек}$ – количество секторов BS принятое

$$N_{k.сек} = \left[\frac{333}{(3 * 3)} \right] = 37 \text{ каналов}$$

Далее определил число каналов трафика в одном секторе одной соты $N_{кт.сек}$. Число каналов трафика рассчитывается по формуле:

$$N_{кт.сек} = N_{кт1} * N_{k.сек} \quad (5)$$

Где $N_{кт1}$ – число каналов трафика в одном радиоканале определяемое стандартом радиодоступа (для OFDMA $N_{кт1} = 1...3$); для LTE $N_{кт1}$ использую равной 2.

$$N_{кт.сек} = 2 * 37 = 74 \text{ канала}$$

В соответствии с моделью Эрланга представленной в виде графика на рисунке 4.1 определил допустимую нагрузку в секторе одной соты $A_{сек}$ при допустимом значении вероятности блокировки равной 2% и рассчитанным выше значением $N_{кт.сек}$. Определил что $A_{сек} = 65$ Эрл.

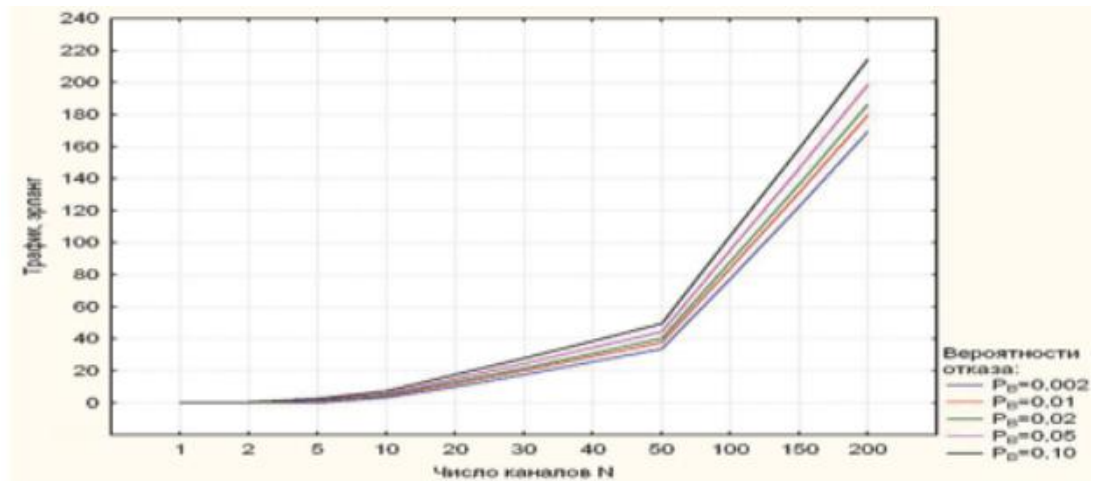


Рисунок 4.1 – Зависимость допустимой нагрузки в секторе от числа каналов трафика и вероятности блокировки

4.2 Расчет число абонентов

Далее определил число абонентов которое будет обслуживаться одной BS, которое определяется по формуле:

$$N_{аб. BS} = M_{сек} * \left[\frac{A_{сек}}{A_1} \right] \quad (6)$$

где A_1 – средняя по всем видам трафика абонентская нагрузка от одного абонента; значит A_1 составляет (0,4...0,2) Эрл.

Так как проектируемая сеть планируется использоваться для высокоскоростного обмена информацией то значение A_1 принял равным 0,18 Эрл. Далее рассчитал количество абонентов одной базовой станции:

$$N_{аб. BS} = 3 * \left[\frac{35}{0,18} \right] \approx 583 \text{ абонента}$$

Далее определил BS в проектируемой сети LTE по формуле:

$$N_{BS} = \left[\frac{N_{аб}}{N_{аб. BS}} \right] + 1 \quad (7)$$

где $N_{аб}$ – количество потенциальных абонентов.

Количество потенциальных абонентов определил от точки зрения числа людей, входящих и выходящих из городов в день. Общее число составляет 3681 человек. Таким образом количество потенциальных абонентов составит 736 человек, тогда:

$$N_{BS} = \left\lceil \frac{736}{583} \right\rceil + 1 \approx 2,26 \text{ БС}$$

Среднюю планируемую пропускную способность R_N проектируемой сети определил путем умножения количества БС на среднюю пропускную способность БС. Таким образом получил следующую формулу:

$$R_N = (R_{BS.DL} + R_{BS.UL}) * N_{BS} \quad (8)$$

$$R_N = (784.215 + 78.427) * 2.29 \approx 1949.57 \text{ Мбит/с}$$

4.2 Расчет проверочной антенны

Далее выполним проверочную оценку емкости проектируемой сети исправил с рассчитанной. Определил усредненный трафик одного абонента в ЧНН:

$$R_{m.ЧНН} = \frac{T_m * q}{N_{ЧНН} * N_{\delta}} \quad (9)$$

где T_m – средний трафик одного абонента в месяц, $T_m = 25$ Гбайт/с;
 q – коэффициент для открытой местности $q = 4$;
 $N_{ЧНН}$ – число ЧНН в день $N_{ЧНН} = 7$;
 N_{δ} – число дней в месяце $N_{\delta} = 30$.

$$R_{m.ЧНН} = \frac{25 * 4}{7 * 30} = 0.74 \text{ Мбит/с}$$

Далее определил общий трафик проектируемой сети в ЧНН $R_{\text{общ/ЧНН}}$ по формуле:

$$R_{\text{общ/ЧНН}} = R_{m.ЧНН} * N_{\text{акт.аб}} \quad (10)$$

Где $N_{\text{акт.аб}}$ – число активных абонентов в сети;

Так как число активных абонентов в сети неизвестно нахожу из количество ка 70% от общего числа потенциальных абонентов $N_{\text{аб}}$ то есть $N_{\text{акт.аб}} = 2390$ абонентов.

$$R_{\text{общ/ЧНН}} = 0,47 * 2390 = 1123,3 \text{ Мбит/с}$$

Вывод: после проведения расчётных работ я пришел к результату что R_N больше $R_{\text{общ/ЧНН}}$ и это условие показывает, что проектируемая сеть будет подвергаться перегрузкам в ЧНН.

4.2 Расчет затухания радиоволн

Энергетический расчет является основой территориального планирования. В процессе данного расчета определяется архитектура сети и её обслуживания качество принятого сигнала определяют чувствительностью приемника. Уравнение передачи в общем виде представлено формулой:

$$P_{\text{ПРМ}} = \frac{P_{\text{ПРД}} * \eta_{\text{ФПРД}} * G_{\text{АПРД}} * \xi_{\text{П}} * G_{\text{АПРМ}} * \eta_{\text{ФПРМ}} * \xi_{\text{С}}}{L_{\Sigma}} \quad (11)$$

Где $P_{\text{ПРМ}}$ – мощность радиосигнала на входе дБ/Вт;
 $P_{\text{ПРД}}$ – мощность передатчика дБ/Вт;
 $\eta_{\text{ФПРД}}$, $\eta_{\text{ФПРМ}}$ – КПД передающего и приемного фидеров дБ;
 $G_{\text{АПРД}}$, $G_{\text{АПРМ}}$ – коэффициенты усиления передающей и приемной антенн дБ;
 $\xi_{\text{П}}$, $\xi_{\text{С}}$ – коэффициент согласования антенн с радиосигналом по поляризации дБ;
 L_{Σ} – суммарное затухание радиоволн на трассе дБ.

В таблице 4.2 приведены параметры базовой и мобильной станций необходимой для вычисления суммарных затуханий радиоволн.

Таблица 4.2 – Значения параметров БС и МС для проектируемой сети 4G

Обозначение	Наименование и единица измерения	Значение
БС	Мощность передатчика БС дБ/Вт	40
БС	К-т усиления передающей антенны БС дБ	18
БС	Полоса рабочих частот передатчика БС МГц	1930 – 1990
БС	Чувствительность приемника БС дБ/Вт	-138
БС	К-т усиления приемной антенны БС дБ	18
БС	Полоса рабочих частот приема БС МГц	1850 – 1910
МС	Мощность передатчика МС дБ/Вт	-3
МС	К-т усиления передающей антенны МС дБ	0
МС	Полоса рабочих частот передачи МС дБ/Вт	1850 – 1910
МС	Чувствительность приемника МС дБ/Вт	-104
МС	К-т усиления приемной антенны МС дБ	0
МС	Полоса рабочих частот приема МС МГц	1930 - 1990

Для БС суммарное затухание радиоволн на трассе определил по формуле:

$$P_{\text{ПРМ}} = P_{\text{ПРД.БС}} + \eta_{\text{ФПР.БС}} + G_{\text{АПРД.БС}} + \xi_{\text{П.БС}} + G_{\text{АПРМ.МС}} + \eta_{\text{ФПРМ.МС}} + \xi_{\text{С.МС}} - P_{\text{ПРМ.МС}} \quad (12)$$

$$P_{\text{ПРМ}} = 40 + 0,95 + 18 + 0,9 + 0 + 0,95 + 0,9 + 104 = 165,7 \text{ дБ}$$

Для МС суммарное затухание радиоволн на трассе определил по формуле:

$$P_{\text{ПРМ}} = P_{\text{ПРД.МС}} + \eta_{\text{ФПР.МС}} + G_{\text{АПРД.МС}} + \xi_{\text{П.МС}} + G_{\text{АПРМ.БС}} + \eta_{\text{ФПРМ.БС}} + \xi_{\text{С.БС}} + P_{\text{ПРМ.БС}} \quad (13)$$

$$P_{\text{ПРМ}} = -3 + 0,95 + 0 + 0,9 + 18 + 0,95 + 0,9 + 138 = 159,7 \text{ дБ}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последнее десятилетие произошло огромный прогресс в области беспроводной связи и особенно в области сотовой связи. Несмотря на то что технология 4Gбыл развернут в многих странах технология 2Gi 3Gвсе ещё широко распространена.

Тем не менее потребуется несколько десятилетий чтобы полностью перейти на систему 4Gв автомобильной трассе.

Мобильный телефон также имеет влияние на установление качественной связи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1E. Ezhilarasan and M. Dinakaran, 'A review on mobile technologies: 3G, 4G and 5G. 2017 Second International Conference on Recent Trends and Challenges in Computational Models ISBN: 978-1-5090-4799-4.

2 Sapna Shukla, VarchaKhare, ShubhanshiGarg, Paramanand Sharma, Comperative Study of 1G, 2G, 3G, 4G. 2013 Journal of Engineering Computers and Appied Science Volume 2, NO 4, Aprile 2013. ISSN 2319-5606.

3 Qualcomm The evalution of Mobile Technologies 1G, 2G, 3G, 4G LTE June 2014.

4 gsma.com

5 K. Kumaravel Comparative Study of 3G and 4G in Mobile Technology' 2011. International Jornal of Computer Science Issues, Volune 8, Iss 5, NO 3, September 2011, ISSN 1694-0814/

6https://skomplekt.com/techonogy/testirovanie_i_analiz_rabory_lte.htm/.

7 В. Вишнеский, С. Пртной, И. Шахнович. Энциклопедия WiMAXпуть к 4Gтехносфера 2009

8Prasad Ramee OFDM for wire less communications systems/Ramhee Prasad – London: Artech House 2004.

Отзыв руководителя

Дипломной работы

Ибайдуллаев Эльдар Рустамович

5B071900- Радиотехника, электроника және телекоммуникация

Тема Исследование сотовой связи по автомобильной трассе г. Алматы - г. Шымкент

Внедрение технологии 4G и 2G на автомобильной трассе и улучшение их устойчивости при погодных условиях

В расчетном разделе были рассчитаны следующие параметры:

Средняя пропускная способность базовой станции R_{BS} вычислили путем умножения пропускной способности одного сектора.

В первой главе рассчитали количество сот в планируемой сети LTE.

Во второй определил число каналов $N_{к.сек}$, которое необходимо использовать для обслуживания абонентов в одном секторе одной соты.

В третьей главе определил число абонентов, которое будет обслуживаться одной BS.


В четвертой главе определил количество потенциальных абонентов как 20% от точки зрения числа людей входящих и выходящих из городов в день. Общее число составляет 3681 человек. Таким образом, количество потенциальных абонентов составит 736 человек.

Общие требования к составлению, изложению, оформлению и содержанию текстовых и графических материалов работы выполнены в соответствии с ГОСТ

Дипломная работа выполнена на оценку /А/«отлично», а дипломант, Ибайдуллаев Эльдар Рустамович достойна степени бакалавра специальности 5B071900-Радиотехника, электроника и телекоммуникации.

Научный руководитель

Лектор каф.ЭТиКТ

Джунусов Н.А. «»

«» 05 2022 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу

Ибайдуллаев Эльдар Рустамович

5B071900- Радиотехника, электроника және телекоммуникация

Тема: Исследование сотовой связи по автомобильной трассе г. Алматы -
г. Шымкент

Внедрение технологии 4G и 2G на автомобильной трассе и улучшение их устойчивости при погодных условиях.

В расчетном разделе были рассчитаны следующие параметры:

Средняя пропускная способность базовой станции R_{BS} вычислили путем умножения пропускной способности одного сектора.

В первой главе рассчитали количество сот в планируемом сети LTE.

Во второй определил число каналов $N_{к.сек}$, которое необходимо использовать для обслуживания абонентов в одном секторе одной соты.

В третьей главе определил число абонентов, которое будет обслуживаться одной BS.

В четвертой главе определил количество потенциальных абонентов как 20% от точки зрения числа людей входящих и выходящих из городов в день. Общее число составляет 3681 человек. Таким образом, количество потенциальных абонентов составит 736 человек.

Общие требования к составлению, изложению, оформлению и содержанию текстовых и графических материалов работы выполнены в соответствии с ГОСТ

Дипломная работа выполнена на оценку /А/«Отлично», а дипломант, Ибайдуллаев Эльдар Рустамович достойна степени бакалавра специальности 5B071900-Радиотехника, электроника и телекоммуникации.

Рецензент

Кандидат технических наук. Асс. проф (АУЭС) имени Г.Даукеева
Чежимбаева Катина Стамбаевна

«30» _____ 2022 ж.



Отзыв руководителя

Дипломной работы

Ибайдуллаев Эльдар Рустамович

5B071900- Радиотехника, электроника және телекоммуникация

Тема Исследование сотовой связи по автомобильной трассе г. Алматы - г.
Шымкент

Внедрение технологии 4G и 2G на автомобильной трассе и улучшение их устойчивости при погодных условиях

В расчетном разделе были рассчитаны следующие параметры:

Средняя пропускная способность базовой станции R_{BS} вычислили путем умножения пропускной способности одного сектора.

В первой главе рассчитали количество сот в планируемой сети LTE.

Во второй определил число каналов $N_{к.сек}$, которое необходимо использовать для обслуживания абонентов в одном секторе одной соты.

В третьей главе определил число абонентов, которое будет обслуживаться одной BS.

В четвертой главе определил количество потенциальных абонентов как 20% от точки зрения числа людей входящих и выходящих из городов в день. Общее число составляет 3681 человек. Таким образом, количество потенциальных абонентов составит 736 человек.

Общие требования к составлению, изложению, оформлению и содержанию текстовых и графических материалов работы выполнены в соответствии с ГОСТ

Рекомендую предварительной защите дипломную работу Ибайдуллаев Эльдар для получения степени бакалавра специальности 5B071900 Радиотехника, электроника и телекоммуникации.

Научный руководитель

Лектор каф. «ЭТиКТ»

Джунусов Н.А. «»

«27» 05 2022 ж.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Ибайдуллаев Эльдар Рустамович

Тақырыбы: Исследование сотовой связи по автомобильной трассе г. Алматы - г. Шымкент

Жетекшісі: Нуридин Джунусов

1-ұқсастық коэффициенті (30): 7.3

2-ұқсастық коэффициенті (5): 2.6

Дәйексөз (35): 0.4

Әріптерді ауыстыру: 36

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 0

Ақ белгілер: 7

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

2022-05-30

Күні

/ Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ибайдуллаев Эльдар Рустамович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Исследование сотовой связи по автомобильной трассе г. Алматы - г. Шымкент

Научный руководитель: Нуридин Джунусов

Коэффициент Подобия 1: 7.3

Коэффициент Подобия 2: 2.6

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 36

Интервалы: 0

Белые Знаки: 7

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2022-05-30

Дата

Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ибайдуллаев Эльдар Рустамович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Исследование сотовой связи по автомобильной трассе г. Алматы - г. Шымкент

Научный руководитель: Нуридин Джунусов

Коэффициент Подобия 1: 7.3

Коэффициент Подобия 2: 2.6

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 36

Интервалы: 0

Белые Знаки: 7

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2022-05-30

Дата



Сұңғат Марксұлы

проверяющий эксперт

