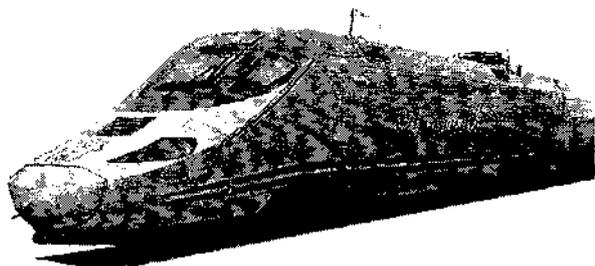


ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ



Химоя қилишга рухсат
берилсин
“ЭА ва Р” кафедра мудири
 Кадиров О.Х.

«24» 06. 2013 й.

“Электр алоқа ва радио” кафедраси

*Проектирование сети связи
ЗВ и ЧС на железнодорож-
ного транспорта*

мавзудаги

МАЛАКАВИЙ БИТИРУВ ИШИ

Муаллиф

Битирув иши раҳбари

Меҳнатни муҳофаза қилиш бўйича

маслаҳатчи

Такризчи

ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУХАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ

Ташишни ташкил этиш ва транспорт логистикаси факультети
«Электр алоқа ва радио» кафедраси

55222000 - «Телекоммуникация» йўналиши ТК-30 гуруҳ

“Тасдиқлайман”

“ЭА ва Р” кафедра мудири

Кадиров О.Х.

2013 йил 12.07.

МАЛАКАВИЙ БИТИРУВ ИШИ БЎЙИЧА ТОПШИРИК

Талаба Абдулов Нурмалек Абдушарифович
(фамилия, исм, шарфи)

1. Битирув ишининг мавзуси Проектирование сети связи 3G и 4G на территории городского транспорта № 156 2013 йил кафедра мажлисида мақулланган.
2. Битирув ишни топшириш муддати _____
3. Битирув ишни бажаришга доир бошланғич маълумотлар _____
4. Ҳисоблаш – тушунтириш ёзувларининг таркиби (ишлаб чиқиладиган масалалар рўйхати)
Тўғрилик
 1. Свойства мобильных систем связи стандарта 3G и 4G
 2. Метод индивидуального назначения нагрузки и размера базовых радиостанций
 3. Выбор оборудования для проектирования сети 3G и 4G
 4. Оценка труда
5. Чизма ишлар рўйхати (чизмалар номи аниқ кўрсатилди)
 1. Элементы сети РЧММ, структура ИТММ, структурная схема сети 3G и 4G.
 2. Элементы сети 3G на территории базиса Ericsson, зависимость выделенного числа абонентов в сети от скорости передачи данных.
 3. Оценка организационных связей
 4. Заключение ММ с РММ

6. Битирув иши бўйича маслаҳатчи (лар)

№ т/р	Бўлим мавзуси	Маслаҳатчи ўқитувчи Ф.И.Ш.	Имзо, сана	
			Топширик берилди	Топширик бажарилди
1	Ассостант курси	Намиров	12.02.2013	11.06.2013
2	Вақина тузув	Қурбонов		

7. Битирув ишни бажариш режаси

№ т/р	Битирув иши босқичларининг номи	Бажариш муддати (сана)	Текширувдан ўтганлик белгиси
1	Кўрсаткич		
2	Аннотация мобилнинг шартли режими стандарт 3G и 4G	12.03.2013	29.03.2013
3	Ташкил шарт. назму ҳақ и қўшимча режа билан қаровилга оид ҳисса	29.03.2013	19.04.2013
3	Қўшимча шартнома билан шартнома имзоланиши	19.04.2013	11.06.2013
4	Вақина тузув	19.06.2013	

Битирув иши раҳбари Анвар каримов раҳ. Ғ. Намиров с.с. 12.06.2013
 (фамилия, исм, шарфи) (сана)

Топширикни бажаришга олдим Абдуваҳидов Н.С. 12.06.2013
 (фамилия, исм, шарфи) (сана)

Топширик берилган сана 2013 йил 12.02.2013

Содержание

Аннотация.....	5
Введение.....	6
1. АНАЛИЗ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ СТАНДАРТА 3G И 4G.....	8
1.1. Общая характеристика цифровых систем связи стандарта 3G.....	8
1.2. Основные характеристики систем беспроводной связи 4G.....	13
1.3. Архитектура сети радиодоступа.....	16
1.4. Контроллер радиосети и Узел В (Базовая станция).....	22
1.5. Виды транспортных сетей.....	22
1.6. Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС).....	24
1.7. Радиорелейные системы передачи.....	28
2. РАСЧЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ НАГРУЗОК И РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ.....	29
2.1. Услуги, предоставляемые сетью.....	29
2.2. Оценка трафика данных в сети UMTS.....	30
2.3. Радиус соты по методике начального приближения.....	33
2.4. Приближенный расчёт емкости соты при планировании сети UMTS	33
3. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕТИ 3G И 4G.....	37
3.1. Общие элементы оборудования для сетей 3G и 4G.....	37
3.2. Разработка схемы организации связи сети.....	41
3.3. Разработка плана размещения оборудования БС.....	44
4. ОХРАНА ТРУДА.....	49
4.1. Оценка опасности поражения электрическим током при самостоятельном освобождении человека от контакта.....	49
4.2. Вероятность смертельного поражения.....	49

Заключение.....	53
Список использованной литературы.....	54

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассматривается проектирование сети связи 3G и 4G на железнодорожном транспорте.

Для построения сети определяется количество абонентов, производится расчет нагрузки на одну базовую станцию (голосового и пакетного трафика), определяется суммарная нагрузка системы, рассчитываются энергетические характеристики и радиус действия базовой станции (БС). Разрабатывается схема организации связи и ситуационный план расположения БС на железнодорожном транспорте. Производится выбор оборудования проектируемой сети и ее размещение на одном из узлов.

Предложены применение новых и современных методов проектирования и оборудования последних разработок производителей.

ВВЕДЕНИЕ

3G и 4G (от англ. *third generation* — «третье поколение»), технологии мобильной связи 3 и 4 поколения — набор услуг, которые объединяют как высокоскоростной мобильный доступ с услугами сети Интернет, так и технологию радиосвязи, которая создаёт канал передачи данных.

Основным плюсом 3G и 4G сети является скорость передачи данных, которая является весьма высокой и составляет от 144 кбит/с до 2 Мбит/с (в сравнении - 64-144 кбит/с. у 2,5G). Благодаря такой скорости передачи загрузка и пересылка мультимедиа данных, является буквально секундным делом. Если в 2,5G сети для того, чтобы загрузить 3 Мбайтную информацию требовалось 6-9 минут, то с сетями 3G это становится возможным всего за 11 секунд, а сетях 4G время скачки составляет 0,3 секунду, конечно если в сервере применяется волоконно-оптическая линия связи в средней скорости 1 Гбит/с для каждого канала! Ещё одно важное преимущество – возможность не только слышать того, с кем говоришь, но и видеть его. То есть, возможны режимы видеоконференции и видеотрансляции с системой Skype.

Конечно, 3G и 4G подразумевает переход современных технологий на новый этап развития, однако вместе с этим с появлением данных сетей потребуются полностью менять техническое оснащение и программного обеспечения (ПО), а это по-любому связано с большими материальными затратами. Для того чтобы эту технологию отработать, как следует, открываются экспериментальные сети в некоторых районах различных отраслях. Основным различием между 3G и 4G сетями является необходимость в освоении частотного ресурса, то есть, сеть нового поколения требует своей частотной полосы.

3G широко применяется в Узбекистане, а 4G проектируется применение существующих сетях. Ведущие операторы сотовой связи тратят огромные деньги на переоборудование своих станций. Всё это делается для того, чтобы сделать доступной для пользователей сотовых сетей новое поколение 3G и 4G. Поколение сотовых сетей 3G и 4G это огромная скорость передачи

данных, высокая скорость доступа в интернет и много других дополнительных, ранее недоступных возможностей.

Возможности в сотовых сетях 3G и 4G в первую очередь будут ориентированы на мультимедиа возможности современных телефонов, а для нашего проекта передача информации и данных внутри железнодорожной границы и получение доступа интернет. Например, даже видеотелефония для управления подвижным составом и многое другое. 3G и 4G поколение сетей основано на CDMA-сетях, только с более широким каналом, который имеет более высокую пропускную способность.

Сети 2G, прежде всего, были ориентированы на голосовую связь, в то время как сети 3-го поколения сделали акцент на передачу данных и уже потом на голосовую связь. Стандарт 3G, который пришел на смену сетям второго поколения, предлагает широкий спектр услуг, самыми важными из которых являются мобильный Интернет и голосовая связь. Стандарт 4G, данный момент обеспечивает максимальную скорость мобильных радиоканалов, для передачи приема различных типов данных на железнодорожном транспорте.

Последнее время железнодорожный транспорт в республике Узбекистан расширяет электрифицированные высокоскоростные дороги. Современная система подвижного состава должны отвечать к требованиям безопасности пассажиров, а именно применение цифровых радио и проводных системы связи на железнодорожном транспорте решает выше сказанные проблемы. По этому, предлагаемая система передачи информации и данные в стандарте 3G и 4G на железнодорожном транспорте является актуальной задачей.

1. АНАЛИЗ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ СТАНДАРТА 3G И 4G

1.1. Общая характеристика цифровых систем связи стандарта 3G

Мобильная связь третьего поколения строится на основе пакетной передачи данных. Для реализации систем третьего поколения разработаны рекомендации по глобальным унифицированным стандартам мобильной связи:

- обеспечение качества передачи речи, сравнимого с качеством передачи в проводных сетях связи;
- обеспечение безопасности, сравнимой с безопасностью в проводных сетях;
- обеспечение национального и международного роуминга;
- поддержка нескольких местных и международных операторов;
- эффективное использование спектра частот;
- пакетная и канальная коммутация;
- поддержка многоуровневых сотовых структур;
- взаимодействие с системами спутниковой связи;
- поэтапное наращивание скорости передачи данных вплоть до 10 Мбит/с.

Несмотря на то, что конечная цель для всей индустрии телекоммуникаций -создать единую всемирную среду мобильной связи, поддерживающую широкополосные системы и обеспечивающую глобальную мобильность, в результате, скорее всего, возникнет некоторое семейство стандартов, обеспечивающее услуги третьего поколения.

Основным преимуществом сетей 3G является большая скорость передачи больших объемов данных по радиоканалу. Самая быстрая на сегодня в сетях 2-2,5G технология EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) обеспечивает передачу данных на скорости до 473,6 Кбит/с (на практике — вдвое-втрое ниже). В сетях третьего поколения для передачи данных используется технология HSDPA (High-Speed Downlink Packet

Access), скорость работы которой измеряется уже мегабитами.

Сети третьего поколения 3G работают на частотах дециметрового диапазона около 2 ГГц, передавая данные со скоростью 2 Мбит/с. Они позволяют организовывать видеотелефонную связь, смотреть на мобильном телефоне фильмы и телепрограммы и т. д. В мире сосуществуют два стандарта 3G: UMTS (или W-CDMA) и CDMA2000. UMTS распространён в основном в Европе, CDMA2000 — в Азии и США.

3G стандарт был разработан Международным Союзом Электросвязи (International Telecommunication Union, ITU) и носит название ИМТ-2000 (International Mobile Telecommunications 2000). Основная цель создания стандарта — синхронизация систем третьего поколения для обеспечения глобального роуминга. Реализация сети предполагает дальнейшее слияние сотовой связи с информационными и компьютерными технологиями, радикальное обновление оборудования, и, как следствие, расширение спектра предоставляемых услуг, включая услуги высокоскоростной передачи информации, глобального роуминга и мультимедиа, независимо от местоположения абонента и скорости его передвижения. Мобильный телефон становится персональным коммуникатором, пользователь которого будет обладать практически неограниченными возможностями доступа к всемирным информационным ресурсам, в том числе через сеть Интернет.

Для решения вопроса последней мили, т.е. организации связи с операторскими базовыми станциями, необходимы технические решения, позволяющие сохранить скорости и качество передачи информации; в противном случае теряется одна из главных идей создания нового поколения мобильной сети. Основными техническими средствами для решения этой задачи являются оптоволоконные, радиорелейные и атмосферные оптические системы. У тех и у других есть свои преимущества и недостатки.

Программа ИМТ-2000 базируется на ряде признаков, определяющих принципы построения систем 3-го поколения и их архитектуру. Уже на первом этапе развертывания они должны обеспечивать определенные

значения скорости передачи для различных степеней мобильности абонента (т. е. разных скоростей его движения) в зависимости от величины зоны покрытия:

- -до 2,048 Мбит/с при низкой мобильности (скорость менее 3 км/ч) и локальной зоне покрытия;
- -до 144 кбит/с при высокой мобильности (до 120 км/ч) и широкой зоне покрытия;
- -до 64 (144) кбит/с при глобальном покрытии (спутниковая связь).

Таблица 1.1.

Услуги систем 3-го поколения

Виды услуги	Скорость передачи кБит/с	Средняя длительность сообщения, с	Режим работы	Услуги
Голосовая связь	4-32	60	Коммутация каналов	Речь, голосовая почта
Низкоскоростной обмен данными	9,6-14,4	30	Коммутация пакетов	SMS, определение местоположения
Передача к коммутируемым данным(ISDN)	до 64	156	Коммутация каналов	Услуги сетей ISDN
Интерактивный обмен мультимедиа данными	128-134	144	Коммутация каналов	Видеотелефонная связь, передача изображения и больших объёмов информации
Асимметричная передача мультимедиа данных	384-2048	14-53	Коммутация пакетов	Работа с сетями Internet и интрасетями

В рамках концепции ИМТ-2000 допустимы две стратегии перехода к 3G-системам: постепенное (эволюционное) и "одномоментное" (революционное) (Табл.1.2).

При революционном подходе предполагается внедрение всех новейших технологий и новых интерфейсов и полная замена существующего оборудования и ПО, что сопряжено с большими капитальными затратами и

определенным коммерческим риском. Для отработки данной стратегии в разных районах мира, в том числе и в Узбекистане, созданы экспериментальные сети.

Таблица 1.2

Две стратегии внедрения услуг 3-го поколения мобильной связи

Определяющий фактор	Эволюционный подход	Революционный подход
Метод использования частотного ресурса	Работа в старых диапазонах	Освоение новых диапазонов
Принцип предоставления услуг	Постепенно расширяемый ассортимент услуг	Новые услуги с начала развертывания
Пропускная способность	Постепенно наращиваемая	Изначально высокая
Стратегия создания сетевой инфраструктуры	Медленный и постепенный переход от 2G к 3G по мере появления спроса на услуги	Создание опытных районов ("островков") с полным набором услуг
Технологический уровень	Новые технологии в отдельных элементах	Все технологии - новейшие
Архитектура сети	Максимальное использование существующей инфраструктуры	Новая
Коммерческий риск	Низкий	Высокий
Состав операторов	В основном те же, что и в 2G	Операторы, купившие лицензии на услуги 3G
Глобальный роуминг	С ограничениями	Без ограничений
Капитальные затраты	Незначительные	Значительные

Эволюционное внедрение требует меньших капитальных затрат и

предполагает плавную замену оборудования в зависимости от спроса на конкретные виды услуг. Такой подход позволяет максимально использовать существующую инфраструктуру сети связи, внедряя новые сетевые элементы в процессе последовательной модернизации.

Таблица 1.3.

Характеристики радиointерфейсов для IMT-2000

Показатель	IMT-DS	IMT-MC	IMT-TC	IMT-SC	IMT-FT
Авторы технических спецификаций	3GPP, ARIB, ETSI	3GPP2, TIA TR-45.3	3GPP, ETSI,	3GPP2, UWCC, CWTS	ETSI TIA TR-45.3 DECT EP
Базовая технология	WCDMA	cdma2000	UTRA TDD TD	UWC-136, TDMA	MC-TDMA
Метод доступа	UTRA	MC-CDMA	SCDMA/TDMA/CDMA	FDD	FDD/TDD
Чиповая скорость, Мчип/с	3,84 DS-SS-SSMA	3,6884	3,84 (UTRA) 1,28 (SCDMA)	Н/д	Н/д
Скорость передачи, кбит/с	Н/д	Н/д	Н/д	384; 2048	1152; 2304; 3456
Вид модуляции	QPSK/BPSK HPSK*	QPSK/BPSK	QPSK/BPSK HPSK*	BOQAM QOQAM	GFSK; p/2-DPSK p/4-DQPSK p/8-D8PSK
Длина кадра, мс	10	5 и 20	10	4,6	10

Естественно, что операторы систем двух наиболее массовых технологий

- TDMA/AMPS и GSM - стали сторонниками эволюционного пути развития. Сегодня эти системы имеют ограниченные возможности по наращиванию пропускной способности и видам услуг в рамках выделенного частотного диапазона. Рост их емкости без дополнительного расширения радиочастотного спектра возможен лишь за счет перехода на полускоростные каналы (GSM), введения многосекторных антенн или использования спектрально-эффективных методов модуляции (8PSK и др.).

Согласно концепции IMT-2000, система нового поколения подразделяется на две составные части: сети радиодоступа и магистральную базовую сеть. Подходы к их проектированию принципиально различны.

Эффективность сетей радиодоступа в значительной степени зависит от новизны технологий, которые в них используются. Смена поколений, как правило, означает и смену идеологии построения этих сетей. Магистральные сети более "инерционны". В них инвестированы значительные средства, которые операторы желают сохранить при переходе к 3-му поколению. Кроме того, существующие базовые сети не являются сдерживающим фактором для внедрения современных 3G-услуг. Поэтому их инфраструктура будет развиваться эволюционным путем, опираясь на существующие сети GSM, TDMA (IS-136), IP, IN и ISDN, что подтверждают и исследования, проведенные в рамках IMT-2000.

1.2. Основные характеристики систем беспроводной связи 4G

Развитие мобильной связи в направлении к созданию систем последующих поколений происходит двумя путями: эволюционным и революционным. Первый соответствует поступательному развитию IMT-2000, второй - разработке новых радиотехнологий. Эволюционный подход, сводимый к добавлению канальных плат и обновлению программного обеспечения, имеет преимущество в стоимости и времени по сравнению с революционным подходом, имеющим целью создание новых

систем.

Рассматривая перспективы эволюции ИМТ-2000 в процессе их обсуждения международными организациями, промышленными ассоциациями и форумами, МСЭ разрабатывает концепцию систем на базе новых технологий радиодоступа («после ИМТ-2000»).

В различных источниках мы встречаемся с понятиями сетей беспроводной связи следующего поколения (Next Generation Wireless Network, NGN), систем «после 3G» (Beyond 3G, B3G) и систем 4G. Единой трактовки различия между ними нет. Beyond 3G - единое название группы исследовательских проектов по созданию систем мобильной связи, следующих за системами третьего поколения, выполняемых под эгидой Еврокомиссии. Системы «после 3G» часто фигурируют в документах, отражающих видение МСЭ и мирового исследовательского форума по беспроводной связи (Wireless World Research Forum, WWRF), в то время как термин 4G встречается в публикациях IEEE (Института инженеров электроники и электротехники, Institute of Electrical and Electronics Engineers) и т.д. Вероятно, с течением времени понятие «после 3G» выйдет из употребления, а те или иные системы, по накоплению достаточного числа технологических признаков, будут относить к третьему или к четвертому поколению.

Существующие видения и определения 4G формируются целым рядом международных сообществ и организаций. Различают определения 4G Форума WWRF (концепция 3G and Beyond), позицию ITU-R, IEEE, партнерского проекта 3GPP, а также промышленных организаций Азиатско-Тихоокеанского региона. Одна из наиболее оформленных концепций беспроводных систем поколения 4G путем апгрейда платформы UMTS содержится на сегодняшний день в документах Release 8 проекта 3GPP, в рамках уже упоминавшейся (подраздел 8.1.2) программы LTE (Long-Term Evolution) [17].

В целом, «опорные точки», вокруг которых формируются

существующие определения, группируются вокруг истории вопроса (табл. 8.5), а то, что всех их объединяет, в конечном счете сводится к двум нижеследующим положениям:

1) системы 4G - это новые системы беспроводной связи с высокой спектральной эффективностью и радиointерфейсами, поддерживающими обмен данными с пиковой скоростью 100 Мбит/с в мобильном варианте с глобальным покрытием, и до 1 Гбит/с - для ограниченной зоны и для объектов с малой подвижностью;

2) для систем 4G будет характерной максимальное интегрирование различных беспроводных платформ, имеющих открытую архитектуру.

Краткий комментарий ко второму из этих положений состоит в следующем. Сервисная среда наиболее современных из существующих мобильных систем: 2G/3G (GPRS, cdma2000, UMTS) определяется их базовой сетью, не позволяя предоставлять услуги за ее пределами (например, обеспечивать полноценный доступ к сетям БШД).

Преодолению этого ограничения призвана способствовать разработка оборудования систем 4G в соответствии с принципами открытой беспроводной архитектуры (open wireless architecture - OWA), которые можно сформулировать следующим образом:

- интеграция развивающихся и вновь создаваемых систем беспроводного доступа, сотовой и проводной связи на единой реконфигурируемой платформе с целью обеспечения гибкости и многообразия предоставляемых услуг;

- разработка конвергентной (гетерогенной) широкополосной платформы на базе открытой беспроводной архитектуры, позволяющей оптимизировать процесс предоставления услуг для различных категорий пользователей, что приведет к появлению единого промышленного стандарта;

- интегрирование радиointерфейсов на базе универсального терминала с уникальным IP-адресом, функционирующего в среде беспроводного доступа и выполняющего роль основного персонального коммуникационного

средства.

Таблица 8.5

Краткая история развития технологий мобильной связи

Поколение	1G	2G	2.5G	3G	4G
Начало разработок, внедрение	1970,1984	1980, 1991	1985, 1999	1990, 2002	2000, после 2010?
Виды услуг	Аналоговая речь, передача данных до 9.6 кбит/с	Цифровая речь, SMS	Высоко скоростная пакетная передача	Широкополосная передача данных (до 2 Мбит/с)	Передача данных и мультимедиа на базе IP-протокола (до сотен Мбит/с)
Стандарты	AMPS, TACS, NMT и др.	TDMA, GSM, CDMA, PDC	GPRS, EDGE, IxRTT	WCDMA, cdma2000	Единый стандарт
Скорость передачи	1.9 кбит/с	14.4 кбит/с	384 кбит/с	2 Мбит/с	200 Мбит/с
Метод мультиплексирования	FDMA	TDMA, CDMA	TDMA, CDMA	CDMA	CDMA. OFDMA?

1.3. Архитектура сети радиодоступа

Система UMTS состоит из ряда логических элементов сети, каждый из которых выполняет определенные функции. Элементы сети могут группироваться на основе близости выполняемых функций или на основе подсети, к которой они принадлежат.

По своим функциям элементы сети группируются в сеть радиодоступа

(RAN, UMTS территориального уровня = UTRAN), которая оперирует всеми функциями, относящимися к радиосвязи, и в базовую сеть (CN), которая обеспечивает коммутацию и маршрутизацию вызовов и каналы передачи данных во внешние сети. Чтобы завершить систему, определяются оборудование пользователя (UE), которое взаимодействует с ним, и радиоинтерфейс (Uu).

С точки зрения спецификации и стандартизации, как UE, так и UTRAN содержат полностью новые протоколы, построение которых основано на потребностях новой технологии радиосвязи WCDMA. И наоборот, построение CN взято из GSM. Это дает системе с новой технологией радиосвязи глобальную базу из известной и испытанной технологии CN, что способствует ускорению ее внедрения и позволяет использовать такое замечательное преимущество, как глобальный роуминг.

Возможность иметь несколько объектов одного и того же типа позволяет делить систему UMTS на подсети, работающие либо самостоятельно, либо вместе с другими подсетями, и которые являются тождественными друг другу. Такая сеть называется UMTS PLMN (наземная мобильная сеть общего пользования). Обычно одна PLMN эксплуатируется одним оператором и соединяется с другими PLMNs также, как и с другими типами сетей, например, ISDN, PSTN, Интернет и т.д.

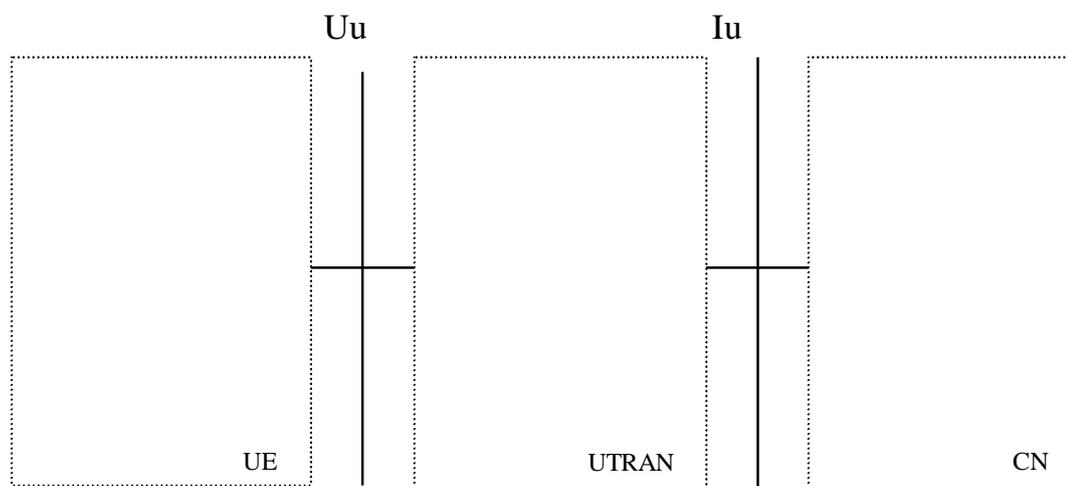


Рис. 1.1 - Архитектура системы UMTS высокого уровня

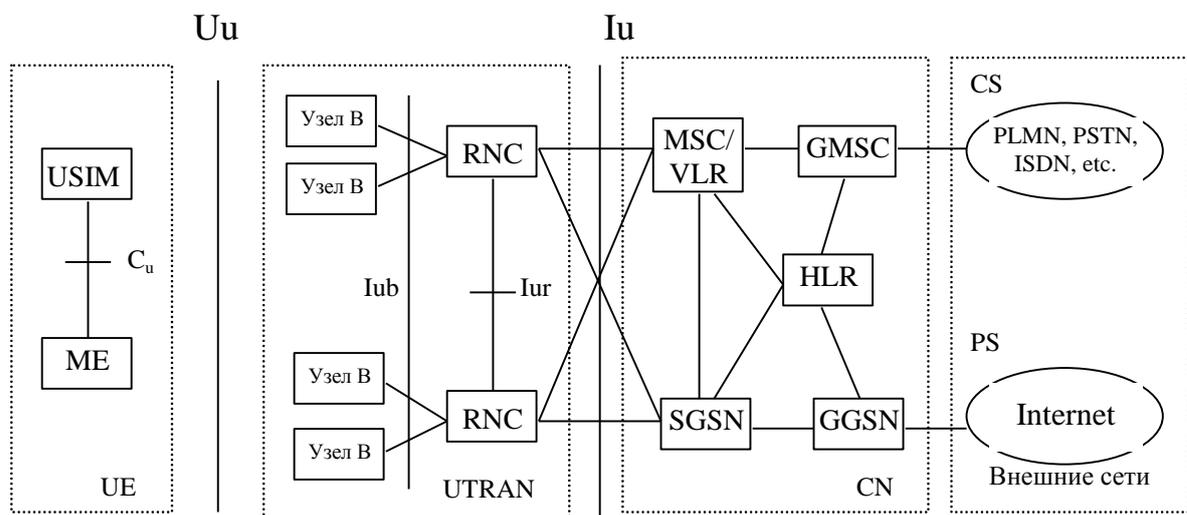


Рис. 1.2 - Элементы сети в PLMN

UE состоит из двух частей:

- Подвижное оборудование (ME) – радиотерминал, используемый для радиосвязи через интерфейс Uu.
- Модуль идентификации абонента UMTS (USIM), представляющий собой интеллектуальную плату, которая служит идентификатором абонента, выполняет алгоритм аутентификации и шифрования и некоторые данные об услугах, которыми имеет право пользоваться абонент, необходимые при использовании терминалом.

UTRAN также состоит из двух элементов:

- Узел В преобразует поток данных между интерфейсами Iub и Uu. Он также участвует в управлении радиоресурсами.
- Контроллер радиосети (RNC) владеет и управляет радиоресурсами в своей области (к ней подключены узлы В). RNC представляет собой точку доступа к сервису для всех услуг, которые UTRAN предоставляет CN, например, управление соединениями с UE.

Основными элементами базовой сети GSM являются следующие:

- HLR (регистр домашнего местонахождения, по месту регистрации) – это база данных, помещаемая в домашнюю систему абонента, которая хранит в памяти основной экземпляр профиля обслуживания абонента. Профиль обслуживания содержит, например, информацию о

предоставляемых ему услугах, запрещенных районов роуминга и дополнительную сервисную информацию, например, о возможности переключения телефонного вызова и номера телефона, на который производится переадресация. Профиль обслуживания создается, когда новый абонент прописывается в системе, и остается в памяти до тех пор, пока сохраняется эта прописка. Для маршрутизации входящих сообщений к UE (т.е. вызовов или коротких сообщений) HLR также записывает данные о местоположении UE на уровне MSC/VLR (узла по обеспечению услуг и/или SGSN), т. е. на уровне системы обслуживания.

- MSC/VLR – это коммутатор (MSC) и база данных (VLR), которые предоставляют услуги по текущему местоположению UE по коммутации каналов (CS). Функция MSC используется для коммутации сообщений CS, и функция VLR сохраняет экземпляр профиля обслуживания гостевого пользователя, а также более точную информацию о местоположении UE в системе обслуживания. Часть сети, к которой обеспечивается доступ через MSC/VLR, часто называют областью обслуживания CS.

- GMSC (шлюзовой MSC) – это коммутатор в точке, где UMTS PLMN соединяются с внешними сетями CS. Все входящие и исходящие соединения CS проходят через GMSC.

- Функции SGSN (узла по обеспечению услуг GPRS) подобны функциям MSC/VLR, но обычно используются для услуг с коммутацией пакетов (PS). Часть сети, к которой обеспечивается доступ через MSC/VLR, часто называют областью обслуживания CS.

- GGSN (узел по обеспечению межсетевых переходов GPRS) функционально близок к GMSC, но связан с предоставлением услуг PS.

Внешние сети можно разделить на две группы:

- Сети CS. Они обеспечивают соединения с коммутацией каналов, как это имеет место в существующей в настоящее время телефонной связи.

- Сети PS. Они обеспечивают соединения с коммутацией пакетов данных. Одним из примеров сети PS служит Интернет.

Стандарты UMTS построены таким образом, что функции внутри элементов сети подробно не определяются. Вместо этого определены интерфейсы между логическими элементами сети. Определены следующие основные открытые интерфейсы:

- Интерфейс C_u . Это электрический интерфейс между интеллектуальной платой (смарт-карточкой) USIM (модуля идентификации абонента сети UMTS) и ME. Интерфейс удовлетворяет формату стандарта для смарт-карточек.

- Интерфейс U_u . Это радиointерфейс WCDMA, который служит предметом рассмотрения в данной книге. Интерфейс U_u – это интерфейс, через который UE получает доступ к стационарной части системы, и поэтому, возможно самый важный интерфейс в UMTS. Представляется, что изготовителей UE будет гораздо больше, чем изготовителей элементов стационарной сети.

- Интерфейс I_u . Он соединяет UTRAN с CN. Подобно соответствующим интерфейсам в GSM, A (для коммутации каналов) и Gb (для коммутации пакетов), открытый интерфейс I_u дает операторам UMTS возможность производить закупку UTRAN и CN у разных производителей. Создание конкуренции в этой области явилось одним из факторов, обусловивших успех GSM.

- Интерфейс I_{ur} . Открытый интерфейс I_{ur} позволяет осуществлять мягкий хэндовер между RNCs от различных производителей, и поэтому он дополняет открытый интерфейс I_u .

- Интерфейс I_{ub} . I_{ub} соединяет узел B и RNC. UMTS является первой коммерческой системой подвижной телефонной связи, где интерфейс контроллер-базовая станция стандартизован как полностью открытый интерфейс. Ожидается, что подобно другим открытым интерфейсам, открытый интерфейс I_{ub} будет стимулировать конкуренцию между производителями оборудования в этой области. Вероятно, что на рынке появятся новые производители, сосредоточивающие усилия исключительно

на изготовлении узлов В. UTRAN включает в себя одну или несколько подсистем радиосети (RNS). RNS – это подсеть в UTRAN, состоящая из контроллера радиосети (RNC) и одного или нескольких узлов В. RNC могут соединяться друг с другом через интерфейс Iur. RNC и узлы В соединяются с помощью интерфейса Iub.

Архитектура UTRAN представлена на рис. 1.3.

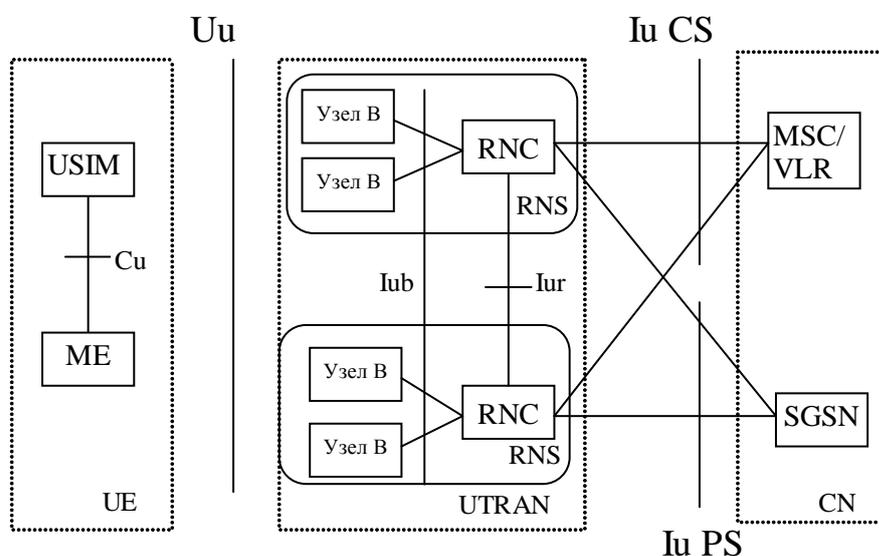


Рис. 1.3 - Архитектура UTRAN.

Приведем основные характеристики UTRAN, которые в свое время определили основные требования для построения архитектуры UTRAN, ее функций и протоколов. В кратком виде они могут быть представлены в следующих пунктах:

- *Поддержка UTRA* и всех относящихся к нему функций. В частности, основное воздействие на построение UTRAN оказало требование обеспечения *мягкого хэндовера* (один терминал подключается к сети с участием двух или большего числа активных ячеек) и ориентированных на WCDMA алгоритмов *управления радиоресурсами*.

- *Максимизация унификации при обработке данных с коммутацией пакетов и с коммутацией каналов* при использовании уникального пакета протоколов воздушного интерфейса и при использовании одного и того же

интерфейса для соединения UTRAN с областями обслуживания (доменами) как PS, так и CS базовой сети.

- Максимизация, по возможности, *общности с GSM*.
- Использование *транспортного протокола ATM* в качестве основного транспортного механизма в UTRAN.

1.4. Контроллер радиосети и Узел В (Базовая станция)

RNC (контроллер радиосети) представляет собой элемент, обеспечивающий управление радиоресурсами в UTRAN. Он сопрягается с CN (обычно с одним MSC и одним SGSN), а также реализует протокол RRC (управления радиоресурсами), который определяет сообщения и процедуры между подвижной станцией и UTRAN. Логически он соответствует BSC (контроллеру базовой станции) в GSM.

Основная функция узла В состоит в осуществлении обработки на уровне L1 в воздушном интерфейсе (канальное кодирование и перемежение, адаптация скорости, расширение спектра и т.д.). Кроме того, узел В выполняет одну из основных операций по управлению радиоресурсами – управление мощностью в внутреннем контуре. Логически он соответствует базовой станции в системе GSM.

1.5. Виды транспортных сетей

Непременным и одним из наиболее сложных и дорогостоящих элементов связи являются линии связи (ЛС), по которым передаются информационные электромагнитные сигналы от одного абонента (станции, передатчика, регенератора и т.д.) к другому (станции, регенератору, приемнику и т. д.) и обратно. Очевидно, что эффективность работы систем связи во многом предопределяется качеством ЛС, их свойствами и параметрами, а также зависимостью этих величин от частоты и воздействия

различных факторов, включая мешающие влияния сторонних электромагнитных полей.

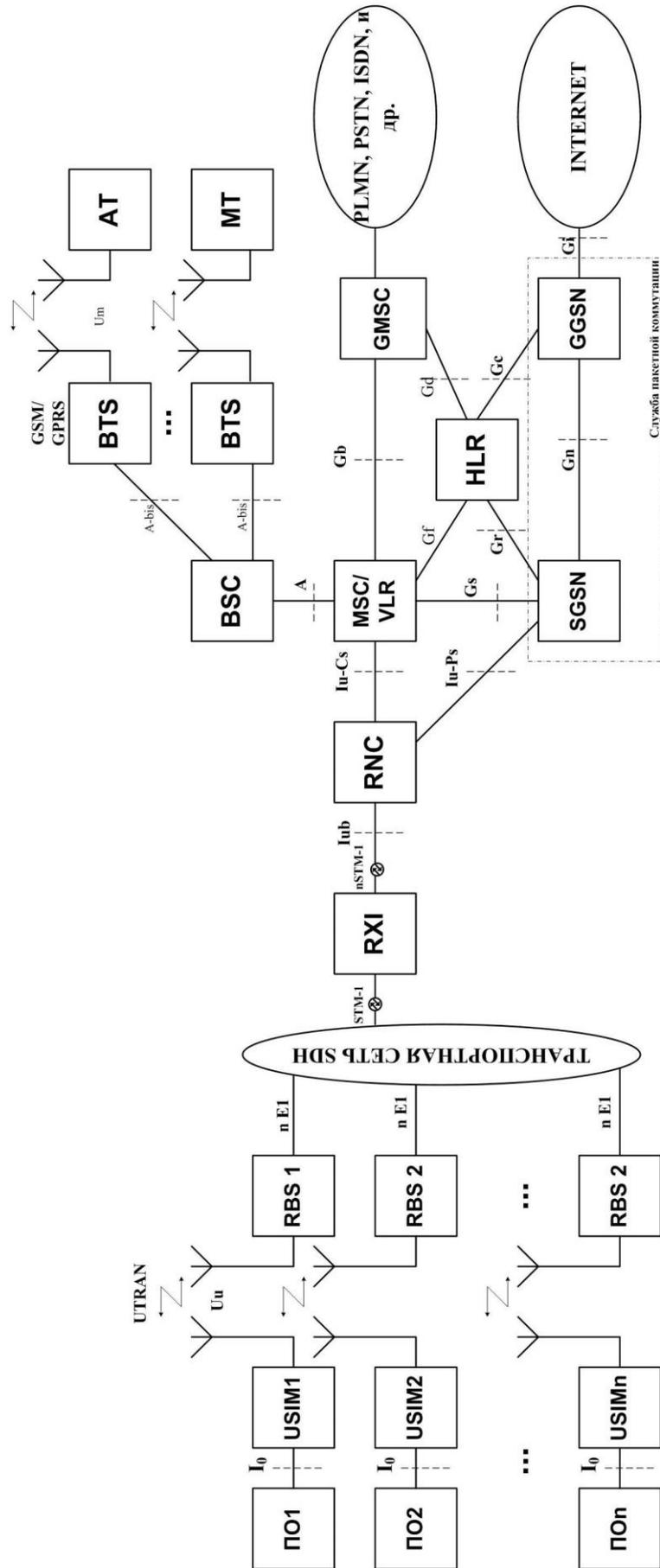


Рис. 1.4. Структурная схема сети 3G и 4G

Условные обозначение рисунки:

USIM - модуль идентификации абонента UMTS

ПО – подвижное оборудование

RNC - контроллер радиосети

RBS – базовая станция радиосети

RXI - концентратор сети доступа

HLR - регистр домашнего местонахождения, по месту регистрации

MSC/VLR – это коммутатор (MSC) и база данных (VLR), которые предоставляют услуги по текущему местоположению ПО по коммутации каналов (CS)

GMSC (шлюзовой MSC) – это коммутатор в точке, где UMTS PLMN соединяются с внешними сетями CS

SGSN- узел по обеспечению услуг GPRS

GGSN - узел по обеспечению межсетевого перехода GPRS

PLMN (Public Land Mobile Network) - интегрированная цифровая сотовая сеть

PSTN (Public Switched Telephone Network) – телефонная сеть общего пользования

ISDN (Integrated Services Digital Network) - цифровые сети интегрального обслуживания

1.6. Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС)

Волоконно-оптическая сеть - это информационная сеть, связующими элементами между узлами которой является волоконно-оптические линии связи. Технологии волоконно-оптических сетей помимо вопросов волоконной оптики охватывают также вопросы, касающиеся электронного передающего оборудования, его стандартизации, протоколов передачи, вопросы топологии сети и общие вопросы построения сетей. ВОЛС в основном используются при построении объектов, в которых кабельная сеть должна объединить многоэтажное здание или здание большой протяженности, а также при объединении территориально-разрозненных зданий.

Преимущества ВОЛС: передача информации по ВОЛС имеет целый ряд достоинств перед передачей по медному кабелю. Стремительное внедрение в информационные сети оптических линий связи является следствием

преимуществ, вытекающих из особенностей распространения сигнала в оптическом волокне.

- Широкая полоса пропускания обусловлена чрезвычайно высокой частотой несущей 10¹⁴ Гц. Это дает потенциальную возможность передачи по одному оптическому волокну потока информации в несколько терабит в секунду. Большая полоса пропускания - это одно из наиболее важных преимуществ оптического волокна над медной или любой другой средой передачи информации.

- Малое затухание светового сигнала в волокне. Выпускаемое в настоящее время отечественными и зарубежными производителями промышленное оптическое волокно имеет затухание 0,2-0,3 дБ на длине волны 1,55 мкм в расчете на один километр. Малое затухание и небольшая дисперсия позволяют строить участки линий без ретрансляции протяженностью до 100 км и более.

- Низкий уровень шумов в волоконно-оптическом кабеле позволяет увеличить полосу пропускания, путем передачи различной модуляции сигналов с малой избыточностью кода.

Высокая помехозащищенность. Поскольку волокно изготовлено из диэлектрического материала, оно невосприимчиво к электромагнитным помехам со стороны окружающих медных кабельных систем и электрического оборудования, способного индуцировать электромагнитное излучение (линии электропередачи, электродвигательные установки и т.д.). В многоволоконных кабелях также не возникает проблемы, перекрестного влияния электромагнитного излучения, присущей многопарным медным кабелям.

- Малый вес и объем. Волоконно-оптические кабели (ВОК) имеют меньший вес и объем по сравнению с медными кабелями в расчете на одну и ту же пропускную способность. Например, 900-парный телефонный кабель диаметром 7,5 см, может быть заменен одним волокном с диаметром 0,1 см. Если волокно "одеть" в множество защитных оболочек и покрыть стальной

ленточной броней, диаметр такого ВОК будет 1,5 см, что в несколько раз меньше рассматриваемого телефонного кабеля.

- Высокая защищенность от несанкционированного доступа.

Поскольку ВОК практически не излучает в радиодиапазоне, то передаваемую по нему информацию трудно подслушать, не нарушая приема-передачи. Системы мониторинга (непрерывного контроля) целостности оптической линии связи, используя свойства высокой чувствительности волокна, могут мгновенно отключить "взламываемый" канал связи и подать сигнал тревоги. Сенсорные системы, использующие интерференционные эффекты распространяемых световых сигналов (как по разным волокнам, так и разной поляризации) имеют очень высокую чувствительность к колебаниям, к небольшим перепадам давления. Такие системы особенно необходимы при создании линий связи в правительственных, банковских и некоторых других специальных службах, предъявляющих повышенные требования к защите данных.

- Гальваническая развязка элементов сети. Данное преимущество оптического волокна заключается в его изолирующем свойстве. Волокно помогает избежать электрических "земельных" петель, которые могут возникать, когда два сетевых устройства неизолированной вычислительной сети, связанные медным кабелем, имеют заземления в разных точках здания, например на разных этажах. При этом может возникнуть большая разность потенциалов, что способно повредить сетевое оборудование. Для волокна этой проблемы просто нет.

- Взрыво и пожаробезопасность. Из-за отсутствия новообразования оптическое волокно повышает безопасность сета на химических, нефтеперерабатывающих предприятиях, при обслуживании технологических процессов повышенного риска.

- Экономичность ВОК. Волокно изготовлено из кварца, основу которого составляет двуокись кремния, широко распространенного, а потому недорогого материала, в отличие от меди. В настоящее время стоимость

волокна по отношению к медной паре соотносятся как 2:5. При этом ВОК позволяет передавать сигналы на значительно большие расстояния без ретрансляции. Количество повторителей на протяженных линиях сокращается при использовании ВОК. При использовании солитонных систем передачи достигнута дальности в 4000 км без регенерации (то есть только с использованием оптических усилителей на промежуточных узлах) при скорости передачи выше 10 Гбит/с.

- Длительный срок эксплуатации. Со временем волокно испытывает деградацию. Это означает, что затухание в проложенном кабеле постепенно возрастает. Однако, благодаря совершенству современных технологий производства оптических волокон, этот процесс значительно замедлен, и срок службы ВОК составляет примерно 25 лет. За это время может смениться несколько поколений/стандартов приемо-передающих систем.

- Удаленное электропитание. В некоторых случаях требуется удаленное электропитание узла информационной сети. Оптическое волокно не способно выполнять функции силового кабеля. Однако, в этих случаях можно использовать смешанный кабель, когда наряду с оптическими волокнами кабель оснащается медным проводящим элементом. Такой кабель широко используется как в Узбекистане, так и за рубежом.

К недостаткам оптических кабелей можно отнести:

- Подверженность волоконных световодов радиации, за счет которой появляются пятна затемнения и возрастает затухание;

- Водородная коррозия стекла, приводящая к микротрещинам световода и ухудшению его свойств;

- Стоимость интерфейсного оборудования. Электрические сигналы должны преобразовываться в оптические и наоборот. Цена на оптические передатчики и приемники остается пока еще довольно высокой. При создании оптической линии связи требуется высоконадежное специализированное пассивное коммутационное оборудование, оптические

соединители с малыми потерями и большим ресурсом на подключение-отключение, оптические разветвители, аттенюаторы.

- Монтаж и обслуживание оптических линий. Стоимость работ по монтажу, тестированию и поддержке волоконно-оптических линий связи также остается высокой. Если же повреждается ВОК, то необходимо осуществлять сварку в месте разрыва и защищать этот участок кабеля от воздействия внешней среды.

1.7. Радиорелейные системы передачи

Бывают такие случаи, когда организовать передачу информации посредством оптического волокна оказывается очень невыгодным, вследствие дороговизны его прокладки на определенном участке трассы или др. причины. В таких случаях передавать информацию можно по радиорелейным линиям (РРЛ).

Это связано со следующим преимуществом РРЛ:

- не требуется дорогостоящая прокладка кабеля и дорогостоящее оборудование, т.е. экономичность данной линии связи РРЛ обладает рядом недостатков:

меньшая по сравнению с ВОЛС полоса пропускания (ГГц), вследствие этого более низкая пропускная способность РРЛ, затухание сигнала при передаче, что связано с рядом причин:

ослабление радиоволн в гидрометеорах

Тропосферная рефракция волн, в том числе замирания, связанные с экранирующим действием препятствий вследствие изменения градиента диэлектрической проницаемости, интерференция прямой волны и волны, отраженной от земной поверхности и слоистых образований в тропосфере.

2. РАСЧЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ НАГРУЗОК И РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ

2.1. Услуги, предоставляемые сетью

Сети мобильной связи предоставляют клиентам множество новых услуг рис. 2.1, которые способны существенно повысить как доходы операторов, так и доходы производителей сетевого оборудования и телефонов.

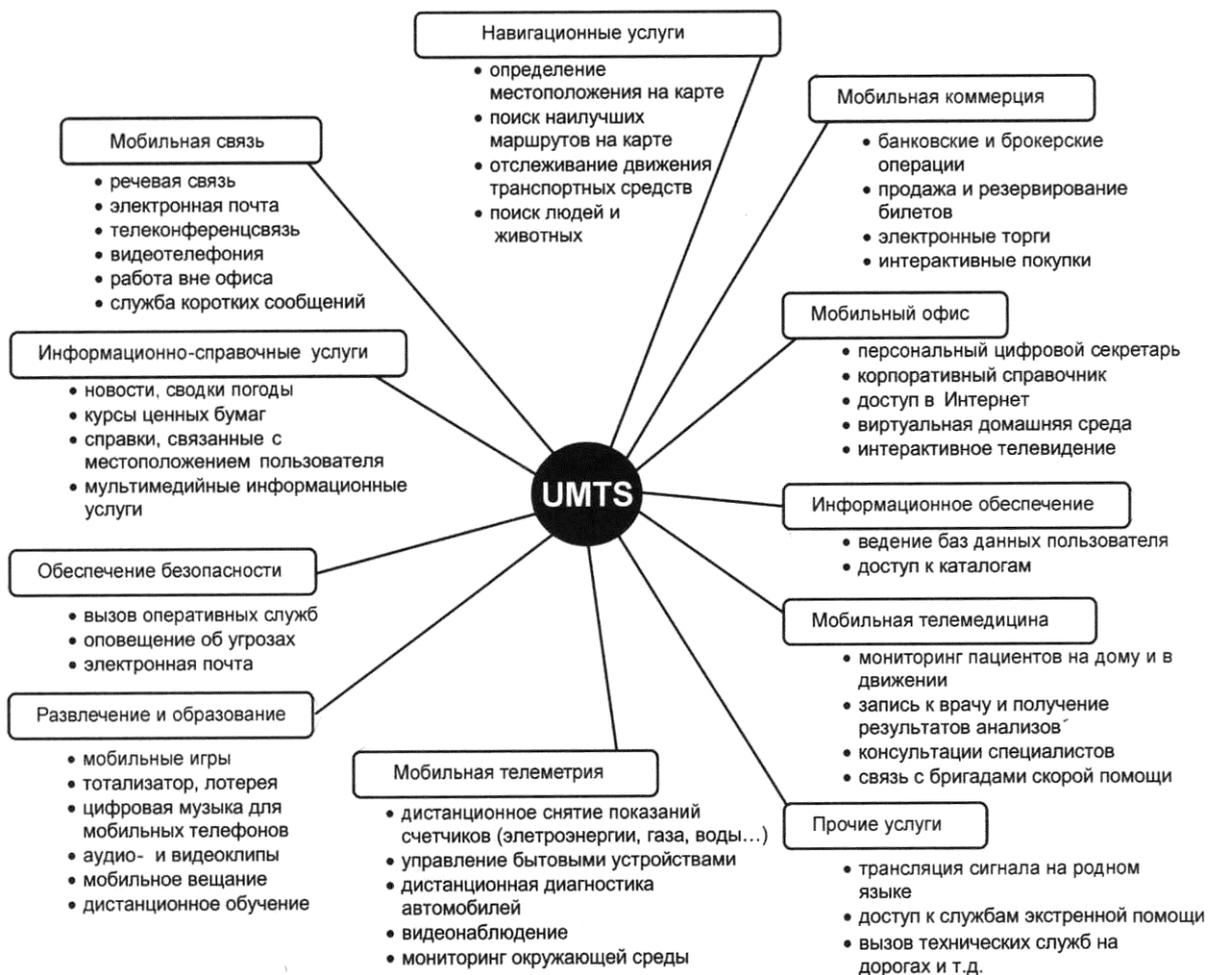


Рис. 2.1 - Новые виды услуг сетей UMTS

Появляется новый вид деятельности – предоставления информации с высокими скоростями табл. 2.1. Это позволяет получить качественно новый уровень связи и на его основе сформировать глобальное информационное пространство. Вследствие этого мобильный телефон становится не только средством голосового общения, но и многофункциональным устройством

Таблица 2.1

Параметры услуг

Услуги сетей UMTS	Скорость передачи данных, кбит/с	Средняя длительность сообщения, с	Режим работы	Пояснения
Речь, голосовая почта	4...32	60	Коммутация каналов	Голосовая связь
SMC, определение местоположения	9,6...14.4	30	Коммутация пакетов	Низкоскоростной обмен данными
Работа с сетью ISDN	До 64	156	Коммутация каналов	Передача данных от (к) абонентов сетей ISDN
Видиотелефонная связь, передача изображений и больших объёмов информации	128...134	144	Коммутация каналов	Интерактивный обмен мультимедийным и данными
Работа с сетью Интернет и интрасетями	384...2048	14...53	Коммутация пакетов	Асимметричная передача мультимедийных данных

2.2. Оценка трафика данных в сети UMTS

В результате проведения работ состав параметров трафика данных будет расширен. В то же время сотовые сети поколения 3G и 4G, должны взаимодействовать, с сетями связи общего пользования, и в этом плане целесообразно иметь систему параметров абонентского трафика сотовых сетей, согласующуюся с уже устоявшейся системой параметров сетей общего пользования, прежде всего телефонных сетей (ТФОП). Такой подход приводит к идее разработки структурных дополнений к применяемым в настоящее время параметрам абонентского трафика, получаемым на основе статистических данных, которые позволили бы согласовать их с аналогичными параметрами, применяемыми в сетях связи общего пользования, с учетом результатов воздействия новых технологий и расширения сферы предлагаемых услуг.

В качестве примера может быть рассмотрен параметр, который является определяющим для расчета пропускной способности телекоммуникационных сетей — средняя нагрузка в ЧНН на одного абонента сети. Как показывает отечественный и зарубежный опыт, в процессе коммерческой эксплуатации сотовых сетей величина этого параметра изменяется, обнаруживая устойчивую тенденцию к снижению.

На начальном этапе развития сетей (с учетом преимущественной передачи в сетях третьего поколения речевой информации) величина параметра составляет $y_0 \geq 25$ мЭрл и, согласно статистическим данным по абонентскому трафику действующих сетей, по мере их развития, роста числа абонентов наблюдается ее снижение со средней интенсивностью 1 - 1,5 мЭрл в год до величины примерно 14 - 15 мЭрл.

Как показал анализ, для сотовых сетей с применением технологии UMTS возможно обобщение рассматриваемого параметра для абонентского трафика, включающего передачу речевой информации и пакетную передачу данных с объединением тайм-слотов в радиоканале. При этом прежде всего

определяются и приводятся в соответствие первичные параметры трафика.

Возможности конкретного использования данного принципа могут быть рассмотрены на примере определения величины «добавки» к средней нагрузке в ЧНН на одного абонента сети по речевому трафику за счет передачи данных. Расчет проведен на основании параметров, для следующих исходных данных:

- среднее число вызовов в ЧНН на одного абонента сети для передачи речевых сообщений C_{cp} [выз./ч] - 0,7;

- среднее число вызовов в ЧНН на одного абонента сети для передачи данных C^*_{cp} [выз./ч] - 5,0;

- средняя длительность сеанса связи для речевого трафика t_{cp} [с] - 90;

- средний объем сообщений при передаче данных I_{cp} [кбит] - 2500;

- средняя скорость передачи данных и радиоканале R [кбит/с] - 32;

- средняя нагрузка в ЧНН на одного абонента сети по речевому трафику y_0 [мЭрл.], $y_0 = C_{cp} t_{cp} / 3600 = 0,7 \cdot 90 / 3600 = 0,0175$ мЭрл;

- средняя нагрузка в ЧНН на одного абонента сети по передаче данных y^*_0 [мЭрл.], $y^*_0 = C^*_{cp} t^*_{cp} / 3600 = 5,0 \cdot 78,1 / 3600 = 108$ мЭрл, где t^*_{cp} - средняя длительность передачи сообщений, $t^*_{cp} = I_{cp} / R = 2500 / 32 = 78,1$ с;

- суммарное значение средней нагрузки в ЧНН на одного абонента сети:

$$Y_0 \text{ [мЭрл]}, Y_0 = y_0 + y^*_0, Y_0 = 0,0175 + 108 = 108,0175 \text{ мЭрл.}$$

Таким образом, для принятых исходных данных «добавка» к величине средней нагрузки в ЧНН на одного сопоставима с речевым.

Средняя нагрузка в час наибольшей нагрузки на одного абонента сети по передаче данных получилась равной: $y^*_0 = 108,0175$ мЭрл. Число абонентов трафика данных равно 336060, значит, средняя нагрузка в сети по передаче данных будет равна:

$$Y^*_0 = y^*_0 N_{GPRS},$$

где N_{UMTS} – количество абонентов UMTS.

$$Y^*_0 = 108,0175 \cdot 336060 = 36300000 \text{ Эрл.}$$

Полученную нагрузку по каналу данных прибавим к числу

одновременно говорящих абонентов и посчитаем суммарную нагрузку канала данных и речевого канала, $A^* = A + Y^*_o$, где A – число одновременно говорящих абонентов по речевому каналу, $A^* = 16803 + 42\,176 = 58\,979$ Эрл.

2.3. Радиус соты по методике начального приближения

В разделе 2.2 у нас получилась нагрузка 16 803 Эрл, она эквивалентна 16 803 одновременно разговаривающих абонентов ($N_{од} = 16\,803$ чел.). Площадь занимаемая составляет 425 кв км. Найдем плотность одновременно разговаривающих абонентов:

$$n_a = N_{од} / S$$

где S - площадь обслуживаемой территории (км^2).

$$n_a = 16\,803/425 \approx 40 \text{ чел/км}^2$$

Максимально возможный радиус соты при заданной нагрузке и обслуживаемой территории определяется по формуле

$$R_{0\max} = 0,62 \sqrt{\frac{N_c}{n_a}} \text{ км,}$$

где n_a - плотность одновременно разговаривающих абонентов;

N_c - общее число каналов связи в соте [12].

Пусть максимальная пропускная способность базовой станции 14 Мбит/с, а средняя скорость предоставляемая одному абоненту равна 30 кбит/с, т.о. данный подход позволит предположить нам, что количество каналов составит 437,5

$$R_{0\max} = 0,62 \sqrt{437,5/40} = 2,05 \text{ км}$$

Теперь мы можем прикинуть общее количество базовых станций (без учёта энергетических параметров):

$$N_{BC} = \frac{425\text{км}^2}{3,14 \cdot (2,05\text{км})^2} = 32$$

2.4. Приближенный расчёт емкости соты при планировании сети UMTS

Ёмкость соты определяется числом абонентов, обсаживаемых одновременно на одном частотном канале (5 МГц). Так как точное определение этого числа является сложной задачей, зависящей от многих факторов, рассмотрим приближенную методику расчёта, основанную на следующих допущениях:

- все МС в соте находятся на равном удалении от антенны базовой станции;
- все МС имеют одинаковую мощность передачи радиосигналов;
- все МС имеют одинаковую скорость передачи данных.

Введём понятие выигрыша $G_j = W/(v_j R_j)$ в отношении сигнал/шум за счёт широкополосности используемого сигнала ($B \gg 1$). С учётом принятых допущений все абоненты имеют одинаковый выигрыш G . При этом скорость передачи элементарных символов в соте фиксирована (3,84 Мбод), а G определяется скоростью передачи данных K в канале. Скорость передачи данных в канале может быть равной 30, 60, 120, 240, 480 и 960 кбит/с. Следовательно, МС, использующие минимальную скорость передачи данных, имеют выигрыш $G = 38\,400\,000 / 30\,000 = 128 = B$.

Отношение мощностей сигнала и шума на входе приемника определяется выражением:

$$\frac{P_c}{P_{N_0}} = \frac{E_b/N_0}{G} \quad (2.1)$$

Предположим, что в соте имеется N абонентов. Тогда для каждого абонента мощность шума определяется суммой мощностей радиосигналов от других абонентов $P_{N_0} = (N-1)P_c$. В этом случае (2.1) примет вид

$$\frac{P_c}{P_{N_0}} = \frac{P_c}{P_c(N-1)} = \frac{1}{N-1} \quad (2.2)$$

При большом числе абонентов выражение (2.3) можно упростить: $P_c/P_c = 1/N$. Таким образом, $(E_b/N_0)/G \approx 1/N$, или число абонентов в соте

$$N \approx \frac{G}{E_b/N_0} \quad (2.3)$$

Предположим, что база радиосигналов, используемых в соте, равна 128, требуемое отношение сигнал/шум на входе приемника базовой станции составляет 3 дБ.

$$\text{Согласно (1.4.3), } N \approx \frac{G}{E_b/N_0} \approx \frac{128}{3} \text{ дБ} = 64 \text{ абонента.}$$

Теоретически 64 – максимальное число абонентов в соте при $G=128$. При расчёте учитывалось лишь влияние помех внутри соты. Если учесть влияние помех от соседних сот, то число обслуживаемых абонентов уменьшится вдвое: $64/2=32$. Зависимость возможного числа абонентов в соте от скорости показана на рис. 2.2.

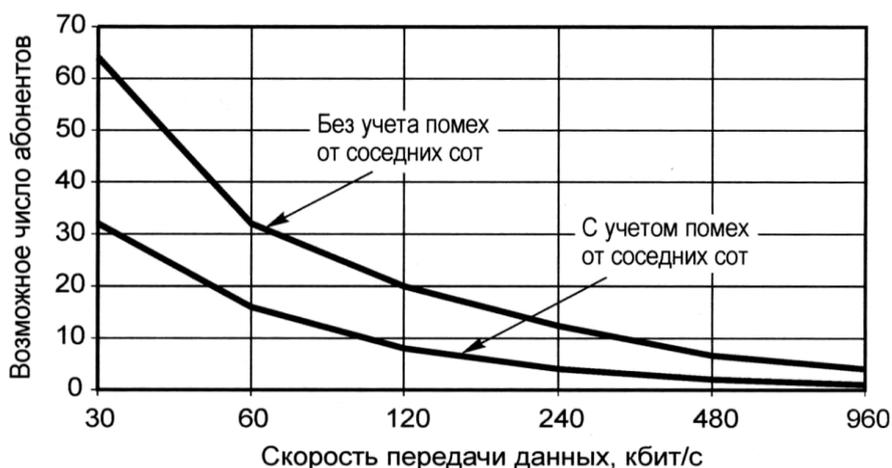


Рис. 2.2. Зависимость возможного числа абонентов в соте от скорости передачи данных.

Вопрос о зоне обслуживания представляется важным, когда сеть не ограничивается еще по пропускной способности (емкости), как, например, в период первоначального развертывания сети и, особенно, в сельских районах. Даже в городских районах сеть может быть ограничена зоной обслуживания, если предоставляется надежная зона обслуживания внутри зданий для услуг, требующих передачи данных с высокой скоростью, а базовая станция будет находиться снаружи. Требование иметь надежную зону обслуживания приводит к тому, что размеры ячеек делаются небольшими, что может обеспечить более высокую пропускную способность

(емкость) на км², чем это необходимо. В макроячейках зона обслуживания определяется дальностью действия по восходящему каналу, так как мощность передачи подвижной станции много меньше, чем у базовой станции макроячейки. Выходная мощность подвижной станции обычно составляет 21 дБм (125 мВт), а базовой станции в макроячейке –40-46 дБм (10-40 Вт) на сектор. Поэтому в секторе принимается в расчет зона обслуживания.

Влияние увеличения ресурса каналов ΔL на величину относительного радиуса ячейки ΔR может быть оценено с помощью выбора определенной модели распространения радиоволн. В этом примере экспонента потерь на трассе равна 3,52, что в результате дает

$$\Delta L = -35,2 \log_{10}(\Delta R) \quad (2.4)$$

Относительное изменение площади ячейки ΔA может быть вычислена как

$$\Delta A = (\Delta R)^2 = \left(10^{\frac{-\Delta L}{35,2}} \right)^2 \quad (2.5)$$

Результаты вычислений необходимой относительной плотности сайтов базовых станций при заданном улучшении рабочей характеристики канала представлены в табл. 2.2. Плотность базовых станций обратно пропорциональна площади ячейки. Например, при улучшении качества канала на 5,3 дБ, плотность базовых станций может быть уменьшена приблизительно на 50%.

Таблица 2.2

Уменьшение плотности числа сайтов базовых станций при улучшении ресурса канала

Улучшение ресурса канала	Относительное число сайтов
0,0дБ=Опорная величина	100%
1,0 дБ	88%
2,0 дБ	77%

3,0 дБ	68%
4,0 дБ	59%
5,0 дБ	52%
6,0 дБ	46%
10,0 дБ	27%

3. Выбор оборудования для проектирования сети 3G и 4G

3.1. Общие элементы оборудования для сетей 3G и 4G

Основными поставщиками оборудования для сетей 3G в Узбекистане будут компании Siemens, Nokia, Alcatel, Ericsson, Nortel и Huawei. Лидерами рынка оборудования сетей 3G и 4G является компания Ericsson, за ней следуют Nokia, Siemens, Alcatel-Lucent, Huawei и Nortel.

В нашем проекте предполагается использовать оборудование, поставляемое компанией Ericsson. Компания Эрикссон, крупнейший мировой поставщик телекоммуникационного оборудования и профессиональных услуг, объявила о получении сертификата соответствия на использование оборудования подсистемы базовых станций для сетей мобильной связи третьего поколения стандарта UMTS с поддержкой технологии HSDPA и HSUPA в Узбекистане.

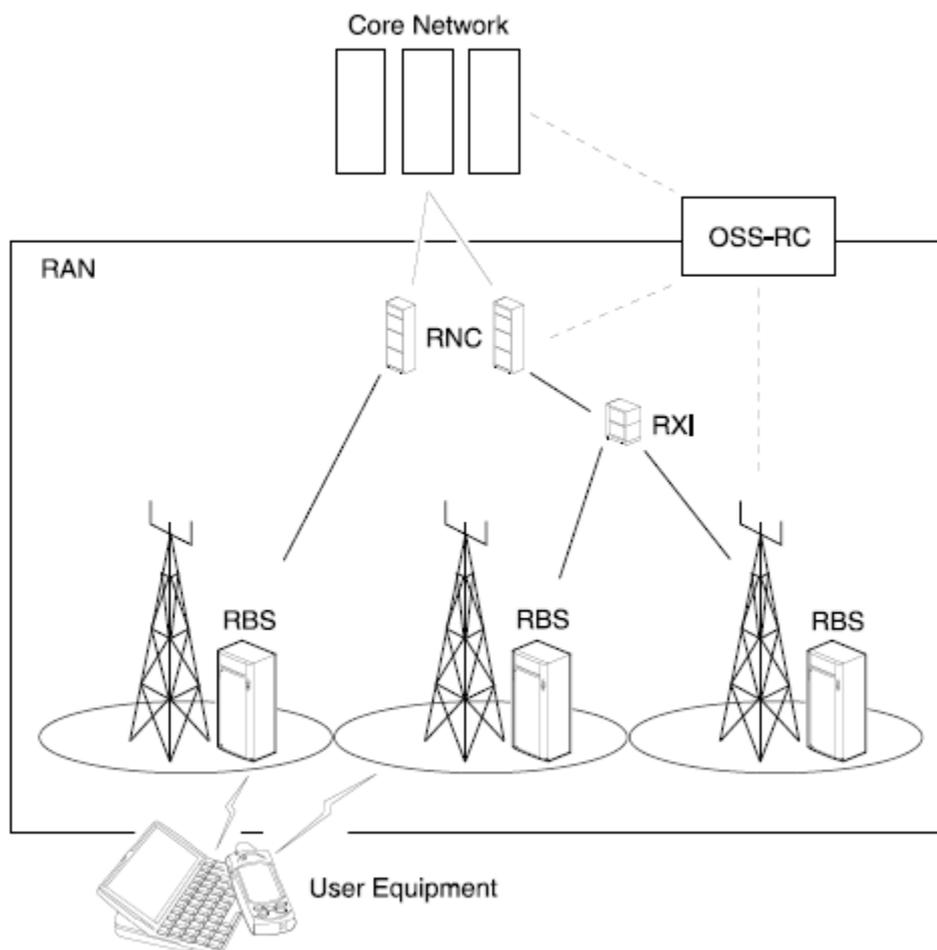


Рис. 3.1. Элементы сети 3G на базе оборудования Ericsson
 Где CN - Core Network – ядро сети UMTS, RAN - Radio Access Network- радиосеть доступа, состоит из RNC и RBS, и обеспечивает связь между абонентским оборудованием и ядром сети.

Согласно полученному сертификату соответствия, оборудование подсистемы базовых станций для сетей мобильной связи 3G (включая функциональность HSDPA и HSUPA) производства Эрикссон признано соответствующим установленным требованиям "Правил применения базовых станций и ретрансляторов систем подвижной и радиотелефонной связи стандарта UMTS", утвержденных приказом Минсвязи Узбекистана. Сертификат соответствия охватывает следующее оборудование Эрикссон: контроллер базовых станций RNC 3810, приемно-передающие-базовые станции RBS, а также концентратор сети доступа RXI 800-й серии.

RNC (контроллер радиосети) представляет собой элемент,

обеспечивающий управление радиоресурсами в UTRAN. Он сопрягается с CN, а также реализует протокол RRC (управления радиоресурсами), который определяет сообщения и процедуры между подвижной станцией и UTRAN.

RBS обеспечивает радиоресурсы и управляет приемом и передачей от/к абонентского терминала. Будем использовать RBS 3418.

OSS-RC (Operation and Support System Radio Control) - это программное обеспечение для управления сетью RAN. OSS-RC разработан для управления ежедневными операциями и задачами сети. OSS-RC отображает состав сети RAN. На OSS-RC также поступают сигналы об авариях со всех элементов сети RAN.

RXI - концентратор сети доступа, используется как агрегатор или хаб.

Рассмотрим более подробно элементы сети:

RBS 3418 состоит из Main Unit (MU) - главный элемент и от 1 до 6 Remote Radio Units (RRU) – отдаленные радио элементы. Каждый RRU соединяется с MU парой оптических кабелей, называемых Optical Interface Link (OIL). MU устанавливается в помещении, RRU - на открытом воздухе.

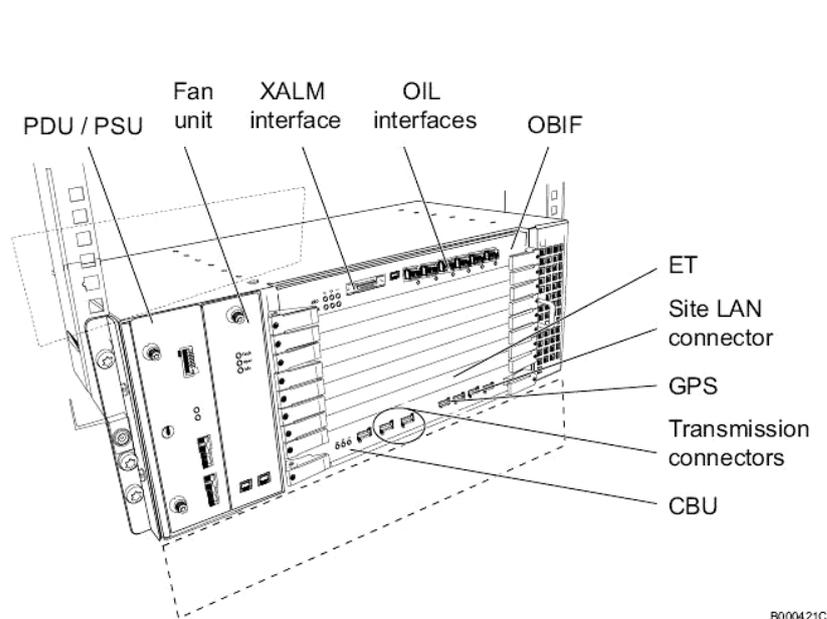


Рис. 3.2. Главный элемент-MU

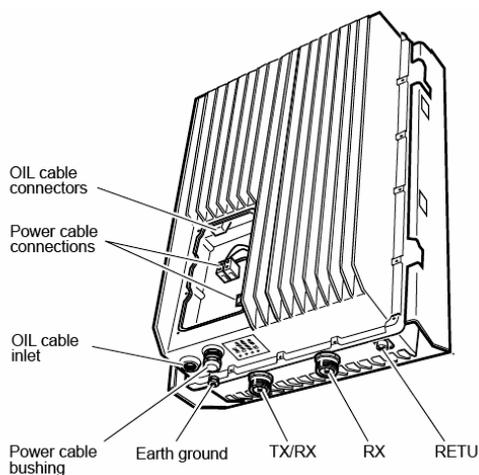


Рис. 3.3. Отдаленные радио элементы-RRU

Таблица 2.3

Номер	Кабель
1	RBS internal jumper cable
2	RBS jumper cable
3	Antenna feeder cable
4	Feeder jumper cable

RNC 3810 (с поддерживаемой пропускной способностью Iub 175 Mbps).

RNC имеет следующие интерфейсы:

ATM Transport on Ch. STM-1,

ATM Transport on E1/T1/J1,

ATM Transport on STM-1/VC4,OC-3c,

IP Transport on Gb Ethernet

Устанавливаемый RNC3810 имеет следующие особенности:

- RNC 3810 управляет различными типами БС также как и изменяющимся во времени трафиком, составленным из пакетных и голосовых сервисов. Изменения в шаблоне трафика обрабатываются автоматически.

- Исправление и модернизация ПО, расширение элементов, также как и замена hardware может быть выполнено во время нормальной работы без влияния на трафик или с минимальным влиянием.

- резервирование: RNC 3810 разработан с резервированием всей аппаратной части (HW);

- замена в процессе эксплуатации: HW платы могут быть заменены и/или добавлены в процессе эксплуатации;

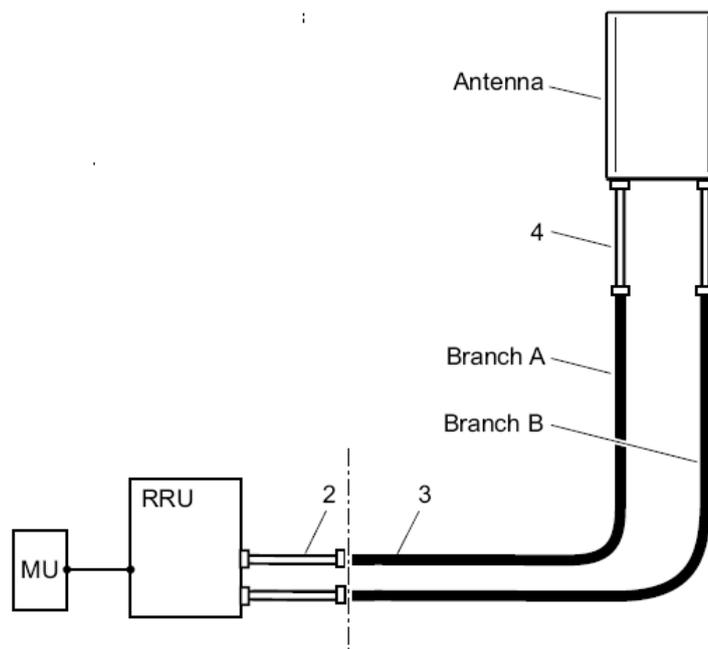


Рис. 3.4. Кабельная система антенны

Параметры источника питания для RNC3810:

- номинальное напряжение: -48V DC

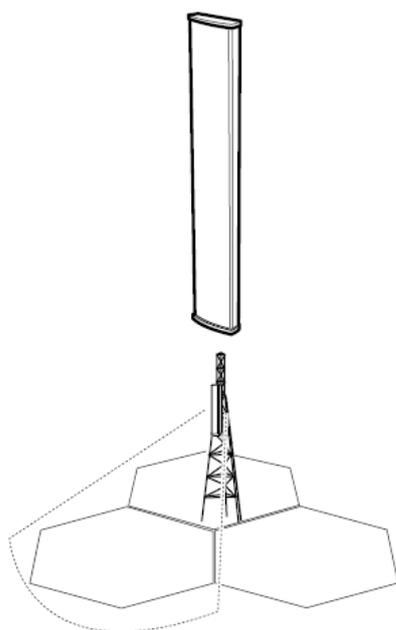


Рис. 3.5.

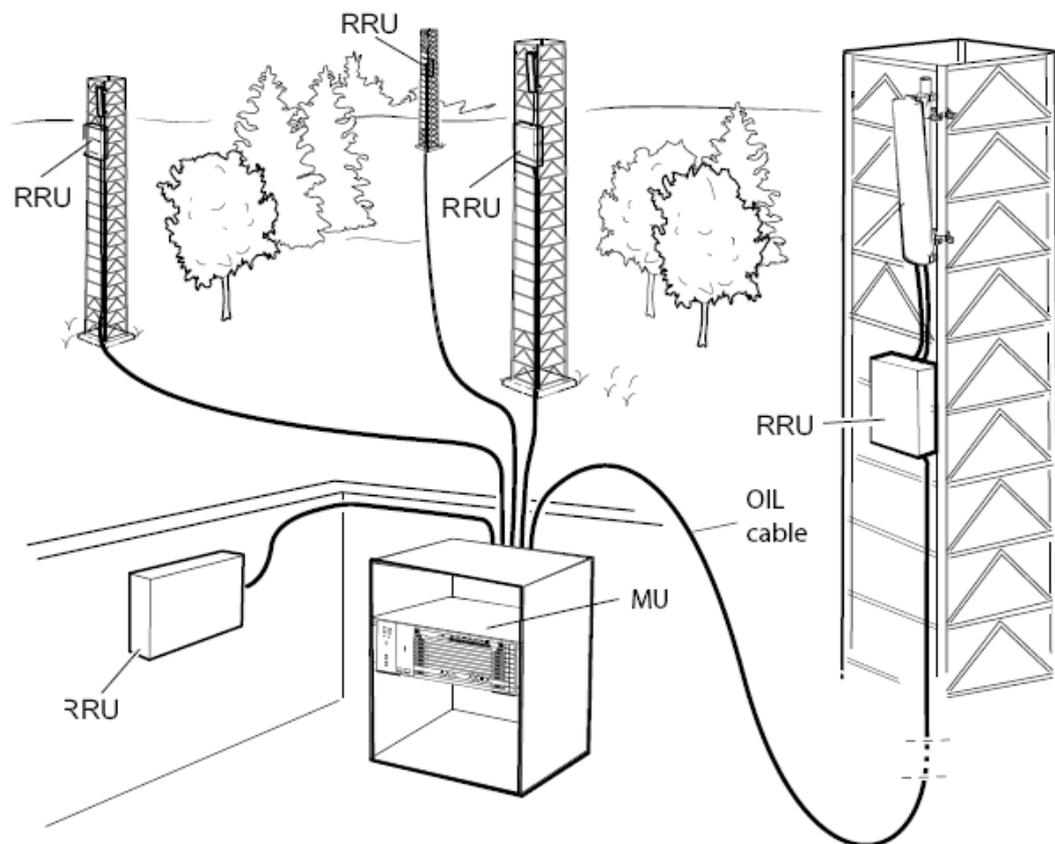


Рис.3.6. Соединение MU с RRU

3.2. Разработка схемы организации связи сети

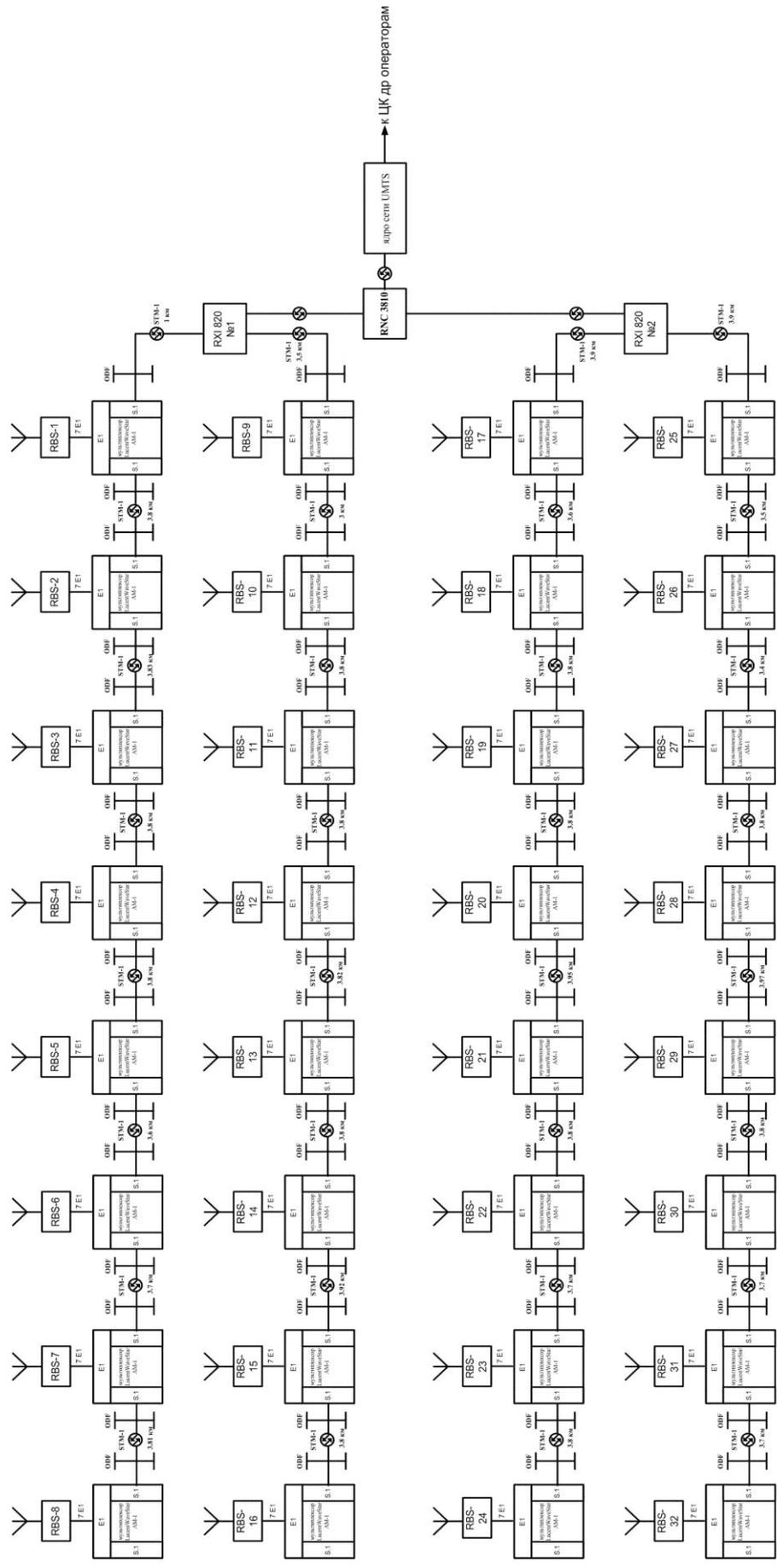
Согласно расчету нагрузки и плану размещения базовых станции на карте города, имеем 32 RBS 3418 подключаемых к RNC 3810 через два RXI.

RNC обеспечивает управление радиоресурсами в UTRAN и сопрягается с CN.

Таблица 2.4

Протяженность транспортной сети

Линия связи				Протяженность, км
БС	1	БС	2	3,80
БС	2	БС	3	3,83
БС	3	БС	4	3,80
БС	4	БС	5	3,80
БС	5	БС	6	3,60
БС	6	БС	7	3,70
БС	7	БС	8	3,81
БС	9	БС	10	3,00
БС	10	БС	11	3,80
БС	11	БС	12	3,80
БС	12	БС	13	3,82
БС	13	БС	14	3,80
БС	14	БС	15	3,92
БС	15	БС	16	3,80
БС	17	БС	18	3,60
БС	18	БС	19	3,80
БС	19	БС	20	3,80
БС	20	БС	21	3,95
БС	21	БС	22	3,80
БС	22	БС	23	3,70
БС	23	БС	24	3,80
БС	25	БС	26	3,50
БС	26	БС	27	3,40
БС	27	БС	28	3,80
БС	28	БС	29	3,97
БС	29	БС	30	3,80
БС	30	БС	31	3,70
БС	31	БС	32	3,70
БС	1	РХІ	1	1,00
БС	9	РХІ	1	3,50
БС	17	РХІ	2	3,90
БС	25	РХІ	2	3,90
итого				116,90



Условные обозначения

- RNC - контроллер радиосети
- RBS – базовая станция радиосети
- RX1 - концентратор сети доступа
- ODF – оптический цифровой кросс

Рис. 3.7. Схема организации

В качестве транспортной сети – берется сеть SDH STM-1 уровня, построенная на мультиплексорах Lucent WaveStar AM-1. Топология сети – 4х конечная звезда, по 8 БС в каждой ветви. Рассчитаем протяженность транспортной сети:

Протяженность транспортной сети – 116,9 км

Таким образом, схема организации связи находится в приложении.

3.3. Разработка плана размещения оборудования БС

Данный пункт отражает вопросы установки оборудования БС на одном из узлов проектируемой сети. На остальные узлах размещение оборудования может быть выполнено аналогичным образом.

Требования к помещениям с оборудованием определяются паспортными требованиями аппаратуры к параметрам окружающей среды и нормативными документами.

Условия эксплуатации:

- Аппаратура должна быть рассчитана на работу в отапливаемых обслуживаемых и необслуживаемых стационарных помещениях с температурой от 5°C до 40°C, относительной влажности воздуха не выше 85 % при 30°C и атмосферном давлении не ниже 60 кПа (450 мм рт. ст.).

- Аппаратура предназначена для круглосуточной непрерывной эксплуатации без постоянного присутствия обслуживающего персонала и проведения профилактических работ. Замена поврежденных блоков, не содержащих элементов эксплуатационной настройки, должна выполняться без регулировки аппаратуры.

Состав проектируемого оборудования БС определен в соответствии со схемой организации связи.

Проектируемое оборудование в составе:

- Main Unit RBS 3418 (4U),
- источник питания ИБЭП-220/48(60)-60 (6U),

- коммутационная панель Connection Field (CF) (2U),
- мультиплексор LucentWaveStar AM-1 (2U),
- оптический кросс ODF (1U)

устанавливаются в 19” стойку, которая размещается в существующем помещении, удовлетворяющем вышеуказанным требованиям.

План размещения оборудования узла BS приведен на рис 3.8. «План размещения оборудования БС». Фасад стойки показан на рис. 3.9.

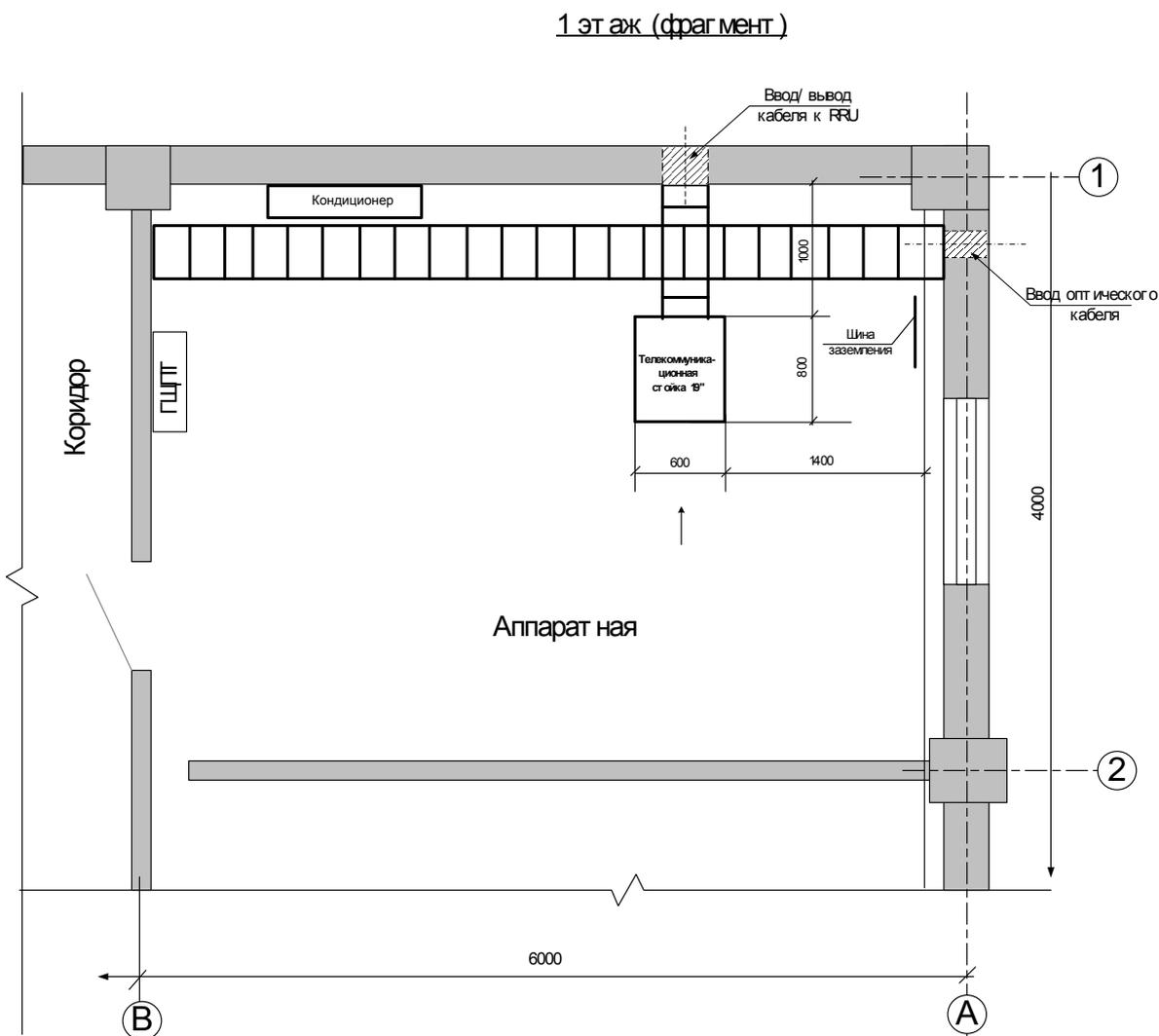


Рис. 3.8. План размещения оборудования БС

Проектом предусматривается использование существующей на объектах инженерной инфраструктуры (вентиляция, теплоснабжение, водоснабжение, канализация, электроосвещение и первичные источники электропитания).

Цифровые потоки STM-1 от мультиплексора выводятся на проектируемый оптический цифровой кросс ODF. Для прокладки оптических

кабелей от телекоммуникационной стойки устанавливается кабель рост. Питание для ИБЭП берется от существующего щита.

Подача защитного заземления выполняется с шины заземления, расположенной в аппаратной.

Так как RBS у нас являются 3х секторными, то нам потребуется 3 RRU.

Вариант размещения RRU и антенны WCDMA показаны на рис.3.9.

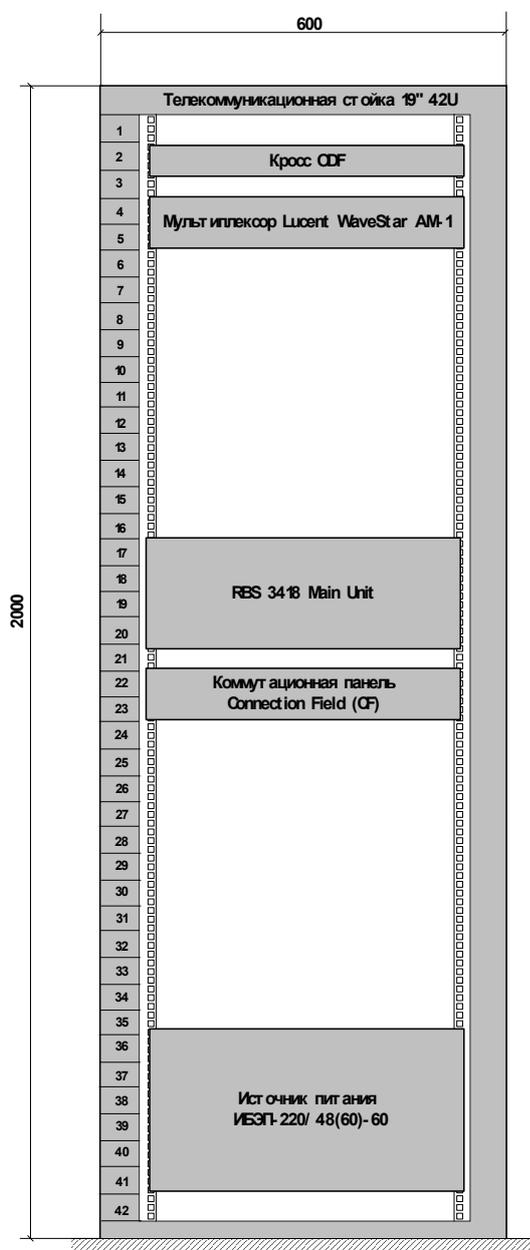


Рис. 3.9. Фасад стойки оборудования БС

Пожарная безопасность во всех помещениях, в которых запроектирована установка оборудования, обеспечивается существующими средствами пожаротушения объектов. В соответствии с ВСН 333-93 "Проводные

средства связи и почтовая связь. Производственные здания» здания АТС при количестве этажей до шести относятся ко II-ой категории по степени огнестойкости. Установка проектируемого оборудования не изменяет категории помещений по взрыво- и пожароопасности. В качестве профилактических мер по предупреждению пожаров на стационарных сооружениях в проекте предусматривается выбор кабелей, рекомендованных для прокладки в помещениях.

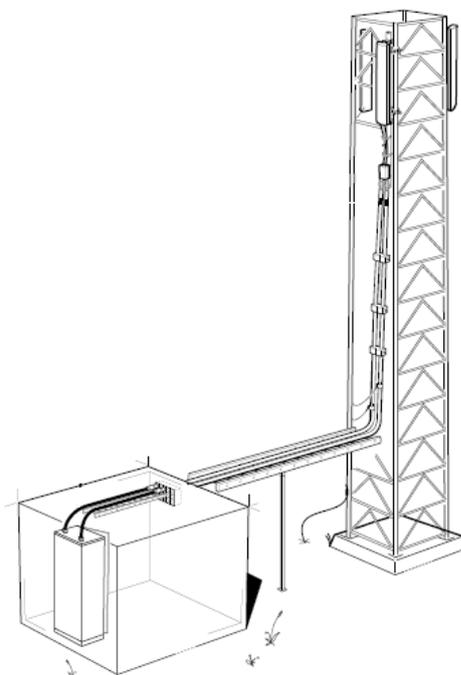


Рис. 3.10.

К обслуживанию оборудования сети передачи данных допускаются лица, имеющие группу электробезопасности не ниже III.

Свободные концы патч-кордов оптических и контакторов оборудования должны быть закрыты специальными защитными колпачками.

Работы по монтажу (и демонтажу) изделий, связанных с опасностью засорения или ожога глаз, следует производить в защитных очках.

При использовании переносных измерительных приборов необходимо соблюдать требования безопасности, изложенные в разделе 9 ПОТ РО 45-007-96.

Средства защиты, применяемые для предотвращения или уменьшения воздействий опасных и вредных производственных факторов, возникающих при электромонтажных работах, должны соответствовать ГОСТ 12.4.011-89.

Во время монтажа не допускается загромождать проходы материалами, неиспользуемым оборудованием.

Все работы, связанные с измерениями переносными приборами, должны выполняться бригадой, состоящей не менее, чем из двух человек, один из которых должен иметь группу по электробезопасности не ниже III.

Металлические корпуса измерительных приборов должны быть заземлены в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.007.0. При этом заземление должно быть осуществлено до начала работы приборов, а снято после окончания работы приборов.

Подключение и отключение переносных приборов, не требующих разрыва первичной электрической цепи, допускается под напряжением при условии применения проводов с высокой электрической изоляцией и специальных изолирующих наконечников. Размер изолирующей рукоятки должен быть не менее 200мм.

В аппаратуре приняты необходимые меры по обеспечению безопасности персонала при монтаже, испытаниях и в процессе эксплуатации аппаратуры в отношении механических травм, поражения электрическим током и лазерным излучением. Безопасность обеспечивается рациональной конструкцией и режимами функционирования аппаратуры, а также предупреждающими надписями и инструкциями, указывающими правильные методы работы. Вводы питания и предохранители закрыты от случайного касания. Предохранители имеют маркировку с указанием номинального тока.

ЗАДАНИЕ

на выполнение раздела охраны труда и охраны окружающей среды в
выпускной работе студентов

ИИИП факультета

Фамилия И.О. Авазов У.А. Группа Ж-30
Тема выпускной работы Проектирование
сети связи 3В и 4В на ж.д. транс-
порте.

Характер вопроса по охране труда и охране окружающей среды,
который должен быть разработан в выпускной работе, зависит от
выполняемой темы и согласуется с основным руководителем работы.
Пояснительная записка состоит из следующих параграфов:

1. Характеристика проектируемого объекта с точки зрения охраны
труда и охраны окружающей среды (перечислить, например, участки с
указанием вредных воздействий на человека, тех или иных факторов пыли,
газов, паров, шума, вибраций, лучистой энергии и т.п.). (Объем 1-2 стр.)

2. Выполнить расчет конкретной задачи по обеспечению нормальных
условий труда, в соответствии с заданием на выпускную работу (объем до
10 стр.)

Конкретная задача Оценка опасности нарушения
здоровья при самостоятельном освобождении от контакта

Литература:

1. В.Е. Макоялов Основы электробезопасности
П. Энергия 1971

2. _____

3. _____

Консультант кафедры
«Автоматика и телемеханика
на ж.д. транспорте»

Криворучко Б.В.

4. ОХРАНА ТРУДА

4.1. Оценка опасности поражения электрическим током при самостоятельном освобождении человека от контакта

Ранее проведенные исследования показали, что исход электротравмы в значительной степени зависит от того наступает или нет эффект "неотпускания" ("приковывания"). В случае прикосновения к токоведущим частям в сети с заземленной нейтралью 380/220 В при неблагоприятных условиях (сырая обувь и токопроводящий пол или одновременное касание к заземленным предметам одной рукой) человек оказывается включенным на полное фазное напряжение. При этом происходит электрический пробой поверхностных слоев кожи, и сопротивление человека оказывается равным внутреннему. Когда прикосновение сопровождается "приковыванием", то очевидно, если в течение одной секунды не произойдет отключение напряжения, смертельный исход неизбежен. В то же время, если "приковывания" не происходит, то человек непроизвольно отдергивает руки от токоведущих частей и освобождается от воздействия электрического тока. Ясно, что в этом случае вероятность смертельного исхода будет зависеть от времени протекания тока через человека, которую зависит от скорости двигательной реакции на разрядку электротоком. Можно предположить, что вероятность такого соприкосновения с токоведущими частями весьма высока; так как большинство людей подвергались такому воздействию на производстве и в быту. Однако опасности поражения при самостоятельном освобождении от токоведущих частей неизвестна.

4.2. Вероятность смертельного поражения

Определим вероятность смертельного поражения (фибрилляции) при случайном одновременном контакте с заземленными конструкциями и

фазным проводником.

Предположим наиболее тяжелый случай, когда одной рукой человек плотно охватывает заземленную конструкцию, по другой руке держит металлических предмет (например, гаечный ключ), которым касается токоведущих частей. Сопротивление тела человека при этом можно положить равным внутреннему.

С целью определения времени протекания электрического тока через тело человека при самостоятельном освобождении от контакта были проведены его измерения 28 человек (мужчин) на специальном стенде. Методика измерений состояла в следующем. Испытуемый плотно прижимал обе руки к плоским электродам. В некоторый случайный (неизвестный испытуемому) момент, времени на электроды подавался ток величиной $6 \div 10$ мА частотой 50 Гц. Время протекания тока от момента его подачи до момента самостоятельного освобождения фиксировалось специальной схемой. Было проделано 27 таких измерений. Обработка полученных данных показала, что время самопроизвольного освобождения является случайной величиной, распределенной по логарифмически - нормальному закону. Ее функции распределения выглядит так:

$$f_{ocg}(t) = -\frac{1,71}{t} \exp[-9,14(\ln t - 5,17)^2] \quad (4.1)$$

С учетом (4.1) вычислим вероятность $q(t)$ наступления фибрилляции у человека, побившего под напряжением 220 В. Предварительно определим вероятность того же события $p(t)$ при условии, что самопроизвольное освобождение отсутствует. При этом будем предполагать, что сопротивление тела человека равно своему внутреннему значению $R_{внут}$, т.е. будем исходить из наихудших условий. В специально проведенном исследовании было установлено, что имеет логарифмически нормальное распределение с параметрами:

$$m_{lnR} = 0,55;$$

$$\sigma_{lnR} = 0,107.$$

Следовательно, ток I_{np} , протекающий через тело человеку лопавшего под напряжение 220 В, также распределен логарифмически нормально с той же дисперсией и с математическим ожиданием, равным

$$m_{lnR} = \ln 220 - m_{lnR} = -1,16$$

Используя далее закон распределения переменного (50Гц) фибрилляционного тока для различных длительностей воздействия t получаем следующие значения $p(t)$.

Таблица 4.1.

$t, \text{мс}$	100	200	300	400	500	600	1000
$p(t)$	0	0,005	0,240	0,001	0,874	0,952	0,997

Перейдем теперь к расчету $q(t)$, которую представим в виде суммы двух вероятностей,

$$q(t) = q_1(t) + q_2(t)$$

где $q_1(t)$ - вероятность следующего события: “Человек успел освободиться от контакта за время τ , меньшее t , по фибрилляция все же наступила”;

$q_2(t)$ - вероятность события “Человек не успел освободиться от контакта за время t , и наступила фибрилляция”.

t - время присутствия напряжения на контактах, к которым прикасается человек.

Вероятности $q_1(t)$, $q_2(t)$ выражаются через $p(t)$, $f_{ocb}(t)$ следующий образом:

$$q_1(t) = \int_0^t p(\tau) f_{ocb}(\tau) d\tau; \quad (4.2)$$

$$q_2(t) = p(t) \int_0^t f_{ocb}(\tau) d\tau. \quad (4.3)$$

Для расчета $q_1(t)$, $q_2(t)$ необходимо выразить $p(t)$ в аналитической форме. При этом примем во внимание, что $f_{ocb}(t)$ практически отлична от нуля лишь

на отрезке от 100 до 400 мс и, следовательно, достаточно найти выражение для $p(t)$ на этом отрезке. Удовлетворительным является следующее выражение:

$$p(t) = \exp \left[-\frac{(7,3 - \ln t)^{5,9}}{11,3} \right]. \quad (4.4)$$

Подставляя (1) и (4) в (2) и (3), получим следующие значения $q_1(t)$, $q_2(t)$, $q(t)$.

Таблица 4.2.

t , мс	Вероятность наступления		
	$q_1(t)$	$q_2(t)$	$q(t)$
200	0	0,001	0,001
240	0,004	0,005	0,009
280	0,010	0,005	0,015
320	0,015	0,002	0,017
360	0,016	0,001	0,017
400 и более	0,017	0	0,017

Как видно из таблицы даже при самых неблагоприятных условиях при самостоятельном освобождении от контакта вероятность смертельного исхода (фибрилляции) не превышает 1,7%. Отсюда следует, что при разработке устройств защитного отключения следует ставить вопрос об оптимизации, а не о максимальном сокращении времени срабатывания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы была предложена проектирования сеть беспроводной связи 3G и 4G на железнодорожном транспорте.

Был проделан расчет информационной нагрузки на одну базовую станцию (голосового и пакетного трафика), в итоге которого получили, что максимальная пропускная способность каждой RBS составляет 14 Мбит/с. Рассчитали энергетические характеристики и определили радиус действия RBS, который составляет 2км. В качестве оборудования сети 3G и 4G использовали оборудование фирмы Ericsson, а именно контроллер базовых станций RNC 3810 и RBS 3418.

В качестве транспортной сети, связывающей элементы сети 3G, 4G – берется сеть SDH STM-1 уровня, построенная на мультиплексорах Lucent WaveStar AM-1. Топология сети – 4х конечная звезда, по 8 БС в каждой ветви. Протяженность транспортной сети – 116,9 км, кабель ОКЛ-0,22-16 - одномодовое волокно с дисперсией, оптимизированной на длине волны 1310 нм.

Также в работе рассмотрены вопросы размещения оборудования на одном из узлов RBS.

Список использованной литературы

1. Оптическая линия передачи: Учебное пособие по дипломному проектированию. И.И. Корнилов.- Самара: ПГАТИ , 2000.-158стр.:ил.
2. Кабель связи оптический ОКЛ <http://vmcable.kiev.ua/cable/okl.htm>.
3. 3G Третье поколение http://pbxlib.com.ua/mobile/article_143.html.
4. Карта РТ, [www/TatCenter/ru](http://www.TatCenter.ru).
5. [www/kunegin.narod/ru](http://www.kunegin.narod.ru).
6. МСЭ-Т G.957 Оптические стыки для аппаратуры и систем передачи, относящихся к СЦИ. Рекомендация.
7. Тихвинский В.О., Терентьев С.В. Управление и качество услуг в сетях GPRS/UMTS. – М.: Эко-Трендз, 2007. -400с.: ил.
8. Wacker, A., Laiho-Steffens, J., Sipilä, K. and Heiska, K., «The Impact of the Base Station Sectorisation on WCDMA Radio Network Performance», Proceedings of VTC'99, Houston, Texas, May 1999, pp. 2611-2615.
9. Бабков В.Ю., Вознюк М.А., Никитин А.Н., Сиверс М.А. Системы связи с кодовым разделением каналов / СПбГУТ. СПб, 1999. С. 120.
10. Мини SDH решает максимум ваших задач.
11. <http://info.tatcenter.ru/regions/>.
12. <http://www.3gs.ru/preamp>.
13. <http://www.3g-4g.ru/что-такое-3g.php>.
14. http://www.vectorkiev.com/support/techn/mini_sdh.htm.
15. <http://www.cdma.ru/technology/standart/3g/>.