

**Аверьянов Р.С., Бокк Г.О., Володина Е.Е.,  
Кудин А.В., Лохвицкий М.С., Пантикян Р.Т.,  
Смирнов А.В., Шорин А.О.**

# **ТРАНКИНГОВАЯ СИСТЕМА ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА МАКВИЛ**

*Под редакцией О.А. Шорина*

**Москва  
2021**

**УДК 621.396**

**Аверьянов Р.С., Бокк Г.О., Володина Е.Е., Кудин А.В., Лохвицкий М.С., Пантикян Р.Г., Смирнов А.В., Шорин А.О.** Транкинговая система широкополосного доступа МАКВИЛ / Под ред. О.А. Шорина: Монография. М.: ООО «Издательский дом Медиа Паблишер», 2021. 196 с.: ил.

*Руководство и общая редакция монографии  
выполнены д.т.н., профессором Шориным Олегом Александровичем*

Рассматриваются состояние и тенденции российского и мирового рынка телекоммуникаций, дается характеристика корпоративных пользователей и интернета вещей, как наиболее востребованной перспективной услуги. Наибольшими преимуществами для корпоративных пользователей обладает технология МАКВИЛ, а именно: высокой помехозащищенностью и защитой от прослушивания; приоритетами и гарантиями доступа к сети, отделенной от сетей массового обслуживания; устойчивой голосовой связью и высокоскоростной передачей данных в движении на скорости до 200 км/ч; единой нумерацией в сети страны. Приводятся примеры использования технологии в различных областях деятельности. Детально рассматриваются структура и алгоритмы работы системы широкополосного доступа МАКВИЛ.

Монография предназначена для научных и инженерно-технических работников, занимающихся вопросами планирования и организации сетей мобильной связи.

**ISBN 978-5-903650-64-4**

© Авторы, 2021

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	6
<b>Глава 1. Рынок корпоративных пользователей и корпоративная мобильная связь</b> .....	9
1.1. Основные тенденции мирового рынка .....	9
1.2. Состояние российского телекоммуникационного рынка .....	16
<b>Глава 2. Корпоративные пользователи и интернет вещей</b> .....	22
2.1. Корпоративная беспроводная связь .....	22
2.2. Интернет вещей .....	24
<b>Глава 3. Преимущества использования технологии МАКВИЛ для корпоративных пользователей</b> .....	28
3.1. МАКВИЛ на транспорте .....	31
3.2. МАКВИЛ в энергетике и нефтегазовом секторе .....	32
3.3. МАКВИЛ в ЖКХ .....	34
3.4. МАКВИЛ в телемедицине .....	35
3.5. МАКВИЛ в банковском деле .....	37
3.6. МАКВИЛ для спецслужб .....	38
<b>Глава 4. Особенности радиоинтерфейса стандарта МАКВИЛ</b> .....	40
4.1. Затухание тракта и энергетический потенциал линии связи .....	40
4.2. Каналы с многолучевым распространением .....	41
4.3. Помехи между сотами .....	43
4.4. Сочетание узкополосных и широкополосных служб .....	44
4.5. Подавление помех и развертывание в случае N=1 .....	45
4.6. Описание преобразования потока данных на физическом уровне ....	47
4.6.1. Общая схема преобразования данных .....	47
4.6.2. Спецификации используемых последовательностей .....	49
4.6.3. Канальное кодирование .....	52
4.6.4. Преобразование проверочных битов РС-кода с помощью операции XOR при осуществлении процедуры переконфигурирования полосы канала связи .....	53
4.7. Ортогональный многостанционный доступ с частотным разделением каналов и переменным коэффициентом расширения CS-OFDMA .....	53
4.8. Ортогональный многостанционный доступ с частотным разделением каналов OFDMA .....	54
4.9. Многостанционный доступ с кодовым разделением каналов CDMA .....	55
4.10. Дуплекс с временным разделением каналов TDD .....	57

4.11. Адаптивная модуляция .....	58
4.11.1. Модуляция QPSK .....	58
4.11.2. Модуляция 8PSK .....	60
4.11.3. Модуляция 16PSK .....	61
4.11.4. Модуляция 64PSK .....	62
4.12. Динамическое предоставление каналов .....	66
4.13. Мягкий хендовер (MBB) .....	67
4.14. Физический уровень МАКВИЛ. Каналообразование в CS-OFDMA .....	68
4.15. Структура кадров .....	68
4.16. Логические каналы .....	70
4.17. Синхронизация .....	71
4.18. Поддержка служб и применений .....	71
4.19. Межсистемная ЭМС .....	72
4.20. Основные системные параметры АТ и БС .....	86
4.21. Базовая станция .....	86
4.21.1. Услуги и функции базовой станции .....	93
4.21.2. Особенности продукта .....	95
4.21.3. Технические характеристики XW6400 .....	97
4.21.4. Функциональные показатели пропускной способности .....	99
4.22. Идентификаторы в сети МАКВИЛ .....	101
4.22.1. Идентификационный номер терминала PID .....	101
4.22.2. Идентификационный номер абонента UID .....	101
4.22.3. Идентификатор безопасности учетной записи пользователя SID .....	102
4.22.4. Идентификационный номер группы абонентов GID .....	103
4.22.5. Идентификационный номер оператора связи CID .....	103
4.22.6. Идентификационный номер базовой станции BTSID .....	104
4.22.7. Идентификационный номер зоны местоположения LAI .....	104
4.22.8. Идентификатор HLR (HLRID). Идентификатор SAG (SAGID). Идентификатор SMC (SMCID) .....	105
<b>Глава 5. Структура сети МАКВИЛ .....</b>	<b>106</b>
<b>Глава 6. Структура ядра сети МАКВИЛ .....</b>	<b>107</b>
6.1. Национальное ядро сети .....	108
6.1.1. Подсистема XBOSS .....	108
6.1.2. Описание подсистем XBOSS .....	110
6.1.3. Подсистема VAS-услуг .....	131
6.1.4. Подсистема BAG3000/ BAG5000 .....	132
6.1.5. Подсистема поддержки клиентов (Custom Support Subsystem) .....	136
6.1.6. Шлюз агрегации служб SAG3000/SAG5000 и STG/GSTG5000 .....	136

6.2. Описание регионального ядра сети RCN .....	149
6.2.1. Опорный регистр местоположения HLR3000 .....	149
6.2.2. Шлюз SAG5000/NK5000 .....	154
6.2.3. Система диспетчерского управления DCS1000 .....	154
6.2.4. Система iM5000 .....	156
6.2.5. Сервер DHCP .....	157
6.2.6. Сервер CDR .....	157
6.2.7. Интегрированный центр сообщений iMC2000 .....	157
6.2.8. Подсистема видеонаблюдения и видеоконференции .....	160
<b>Глава 7. Продукты МАКВИЛ .....</b>	<b>163</b>
7.1. Антенны и мачтовые усилители .....	163
7.2. Терминалы .....	164
7.2.1. Настольное оборудование (CPE) на 1 МГц .....	165
7.2.2. Оборудование (CPE) на 5 МГц .....	165
7.2.3. Платы PCMCIA .....	166
7.2.4. Модули McWiLL (MEM128, MEM160) .....	166
7.2.5. Оборудование McWiLL Bluetooth Companion .....	166
7.2.6. Оборудование McWiLL USB Companion .....	167
7.2.7. Мобильные телефоны .....	167
7.2.8. Модем CPE368W .....	171
7.2.9. Диспетчерские терминалы .....	173
7.2.10. Z-модуль McWiLL (MZ) .....	174
7.2.11. Роутеры SuperCPE (OUTDOOR) .....	175
7.2.12. Модем МАКВИЛ МП-311-М1 .....	176
7.2.13. Модем SCPE330 .....	177
7.2.14. Модем MEM638 .....	178
7.2.15. Интегральная камера с широкополосным модулем .....	179
7.3. Репитеры .....	179
7.4. Система управления сетевым оборудованием EMS .....	179
7.5. Шлюз агрегации служб (SAG) и автономный регистр приписки (SHLR) .....	180
<b>Сокращения .....</b>	<b>181</b>
<b>Литература .....</b>	<b>191</b>

## ВВЕДЕНИЕ

В современном мире телекоммуникации являются одной из ключевых отраслей экономик всех стран и важнейшим фактором развития как глобальной экономики, так и всего общества. Основное направление в телекоммуникациях в последние десятилетия – развитие массовых технологий беспроводной передачи данных. Уже в ближайшие годы прогнозируется, что трафик с мобильных терминалов превзойдет трафик с персональных компьютеров.

С другой стороны, появляются новые технологические сегменты, обладающие исключительным потенциалом развития, для которых необходимы новые технологии мобильной связи. В частности, интернет вещей, увязывающий в единую сеть миллиарды датчиков, счётчиков, компьютеров с промышленным оборудованием и бытовой электроникой.

К такому массовому обслуживанию современные сети мобильной связи пока не готовы [1].

Интернет вещей (IoT), как технология ближайшего будущего – это не только счетчики и датчики ЖКХ, элементы умного дома, умные парковки и умные фермы, нуждающиеся в беспроводных модемах с низкой стоимостью, способные проработать от батарейки несколько лет и не отличающиеся высокими требованиями к надежности и скорости канала связи. IoT – это еще и «критически важные» потребители в системах обеспечения безопасности движения, мониторинга и управления производством, автоматизации систем здравоохранения. Их критерии надежности, доступности и качества канала передачи данных гораздо более строгие [2-10]. Сегодняшним сетям 4G пока нечего предложить таким пользователям.

Другой пример технологически малообеспеченного спроса на услуги корпоративных пользователей: нет ни одного оператора массового рынка, способного предоставлять в одном абонентском устройстве сервисы транкинга, высокоскоростной передачи данных и видео, подкрепленные гарантией доступа абонентов к сети. Если посмотреть на разнообразие телекоммуникационных технических решений любого крупного корпоративного или ведомственного клиента, то каких только беспроводных технологий у него нет: мобильная связь GSM/WCDMA/LTE, DECT-телефония, Wi-Fi-споты для телеметрии и выделенные PMR. То есть, настоящий «зоопарк» технологий – от аналоговых радиостанций до MVNO-сетей. Но каких усилий стоит сопряжение всех этих технологий?! И даже в результате всех этих усилий клиентам по-прежнему недоступны единая нумерация, единая система диспетчеризации и мониторинга: настолько разнообразны эксплуатируемые ими системы.

МАКВИЛ – уникальная технология, которая «здесь и сейчас» может быть эффективно использована для построения как выделенных корпоративных/ведомственных сетей с полным набором транкинговых голосовых сервисов, сервисов M2M/IoT и передачи видео, так и операторских сетей, в рамках ко-

торых пользователям может быть предоставлен приоритет обслуживания/ гарантия доступа к услугам [2, 8, 9, 31].

Эта технология «закрывает» все потребности профессиональных пользователей, превращая привычную «рацию» в современный защищенный смартфон с высокоскоростным выходом в интернет и передачей данных, видеотрансляциями, видеоконференциями, сервисами позиционирования. При этом сохраняются все привычные для пользователей профессиональной (обычно транкинговой) радиосвязи функции: групповые широкополосные вызовы, сервисы диспетчеризации, создание и динамическое изменение групп пользователей. Сети МАКВИЛ обеспечивают приоритеты доступа для пользователей, а также уникальную помехозащищенность радиоинтерфейса.

МАКВИЛ, несмотря на «широкополосность» технологии, намного лучше приспособлен для обработки ультракоротких сообщений в сетях интернета вещей по сравнению с современными сетями массового обслуживания, спроектированными для обработки потокового мультимедиа. Это объясняется тем, что небольшие посылки информации с сенсоров-датчиков в МАКВИЛ дополняются лишь незначительным объемом служебных данных. Гарантия доступа к сети и минимальные задержки гарантируют использование МАКВИЛ для критически важной телеметрии и управления объектами [1, 2, 9].

Линейка абонентских терминалов включает модели мультимедийных радиостанций, роутеров, модемов в различном исполнении. Все необходимое для внедрения стандарта МАКВИЛ производится на российских предприятиях и организациях. Единая универсальная технология способна заменить существующее разнообразие корпоративных решений в области связи, не откладывая решение насущных проблем на завтра и не дожидаясь «созревания» LTE или других технологий.

Обладая сопоставимой с LTE спектральной эффективностью, МАКВИЛ, благодаря использованию временного дуплекса TDD, предоставляет возможность создавать сети в частотных диапазонах, не востребованных в сетях массового обслуживания. Серийное оборудование МАКВИЛ производится для диапазонов частот 337-341, 417-422 и 1785-1805 МГц, не входящих в планы стратегического развития как 3G (UMTS, CDMA-2000), так и 4G (WiMAX, LTE).

Для построения всероссийской сети профессиональной беспроводной связи на основе широкополосной мультимедийной 4G-системы транкинговой радиосвязи МАКВИЛ была создана российско-китайская компания «НИРИТ-СИНВЭЙ Телеком Технолоджи» (ООО «НСТТ»). Компания была основана в 2012 году и представлена на телекоммуникационном рынке холдинговым предприятием и дочерними предприятиями – операторами связи ООО «Юнисел», ООО «Белитон», ООО «КватроПлюс» и ООО «Лардекс». Эти операторы уже построили (или заканчивают) строительство сетей более чем в 80 регионах России. Задача «НСТТ» находить и реализовывать действенные решения, помогающие выполнять конкретные задачи компаний-клиентов.

В качестве примеров предлагаются решения для компаний, работающих в транспорте, энергетике, нефтегазовом секторе, ЖКХ, телемедицине, банковской сфере и спецслужбах (см. главу 3 книги).

Массовое внедрение стандарта МАКВИЛ в России привело к необходимости издания настоящей книги. В её подготовке приняли участие специалисты холдинга «НИРИТ-СИНВЭЙ Телеком Технолоджи»: Аверьянов Р.С., Бокк Г.О., Володина Е.Е., Кудин А.В., Лохвицкий М.С., Пантикян Р.Т., Смирнов А.В., Шорин А.О., под руководством и общей редакцией д.т.н., профессора Шорина О.А.

При написании книги были использованы Технические описания и инструкции отдельных блоков стандарта МАКВИЛ (McWiLL), а также многочисленные статьи, доклады на конференциях и патенты на изобретения специалистов «НИРИТ-СИНВЭЙ Телеком Технолоджи».



# ГЛАВА 1. РЫНОК КОРПОРАТИВНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ И КОРПОРАТИВНАЯ МОБИЛЬНАЯ СВЯЗЬ

## 1.1. Основные тенденции мирового рынка

Телекоммуникационная отрасль, как в России, так и во всем мире сегодня находится на интереснейшем этапе развития, который с одной стороны, характеризуется ярким раскрытием потенциала технологических инноваций последних десяти лет, а с другой – активным проявлением новых трендов, формированием новых технологических сегментов, обладающих не меньшим потенциалом развития [2-4,11,12].

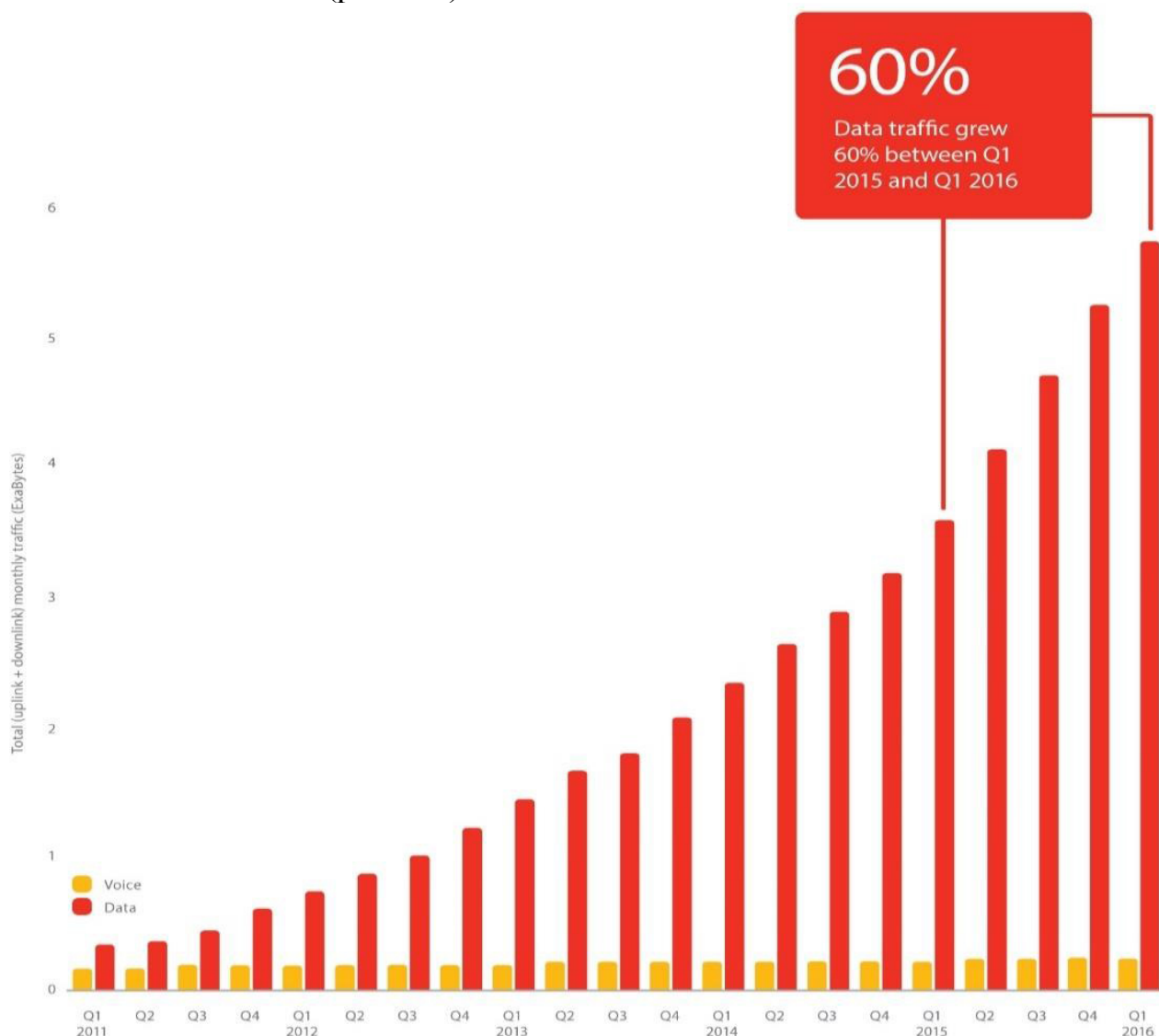
Уже не первый год основной движущей силой развития телекоммуникаций в мире является индустрия мобильной связи, которая продолжает динамично развиваться [13]. Вместе с тем, общие темпы роста количества абонентов мобильной связи по всему миру продолжают замедляться в связи с насыщением мобильного рынка в развитых странах и, по-прежнему, недостаточно высоким уровнем дохода, замедляющих рост проникновения в развивающихся странах. С увеличением спроса на услуги мобильной передачи данных, снижением цен и наличием широкой линейки устройств, обеспечивающих передачу данных, мобильная передача данных стала основным фактором роста мобильных операторов по всему миру [14]. Этому способствует быстрое развертывание сетей 4G/LTE по всему миру.

Темпы прироста числа пользователей мобильного ШПД составляют порядка 20% в год [8]. По оценкам GSMA Intelligence на соединения (3G и 4G) от общего количества соединений в конце 2020 года эта доля увеличилась до 70%. Это связано с большей ценовой доступностью, широким ассортиментом смартфонов и растущим охватом сетей 3G/4G. Согласно Ericsson, на долю смартфонов сейчас приходится более 80% всех продаваемых в мире мобильных телефонов.

Число подписчиков мобильных сетей во многих странах превосходит численность населения, благодаря наличию неактивных/неиспользуемых подписок, одновременному пользованию несколькими номерами/мобильными устройствами одним человеком. Таким образом, реальное число абонентов мобильной связи по всему миру на сегодняшний день находится на уровне пяти миллиардов человек. Согласно GSMA Intelligence, глобальная абонентская база в ближайшие годы приблизится к 6 млрд, т.е. более 70% населения мира будет иметь доступ к мобильной связи.

По данным Cisco [15], мобильный интернет-трафик в глобальном масштабе увеличился на 74%, при этом на мобильное видео пришлось 55% общего потребления трафика. Среднемесячное потребление трафика на смартфонах увеличилось на 43% до 929 МБ в месяц.

Аналитики Ericsson дают схожие оценки по росту трафика данных в мобильных сетях – 60% (рис. 1.1).

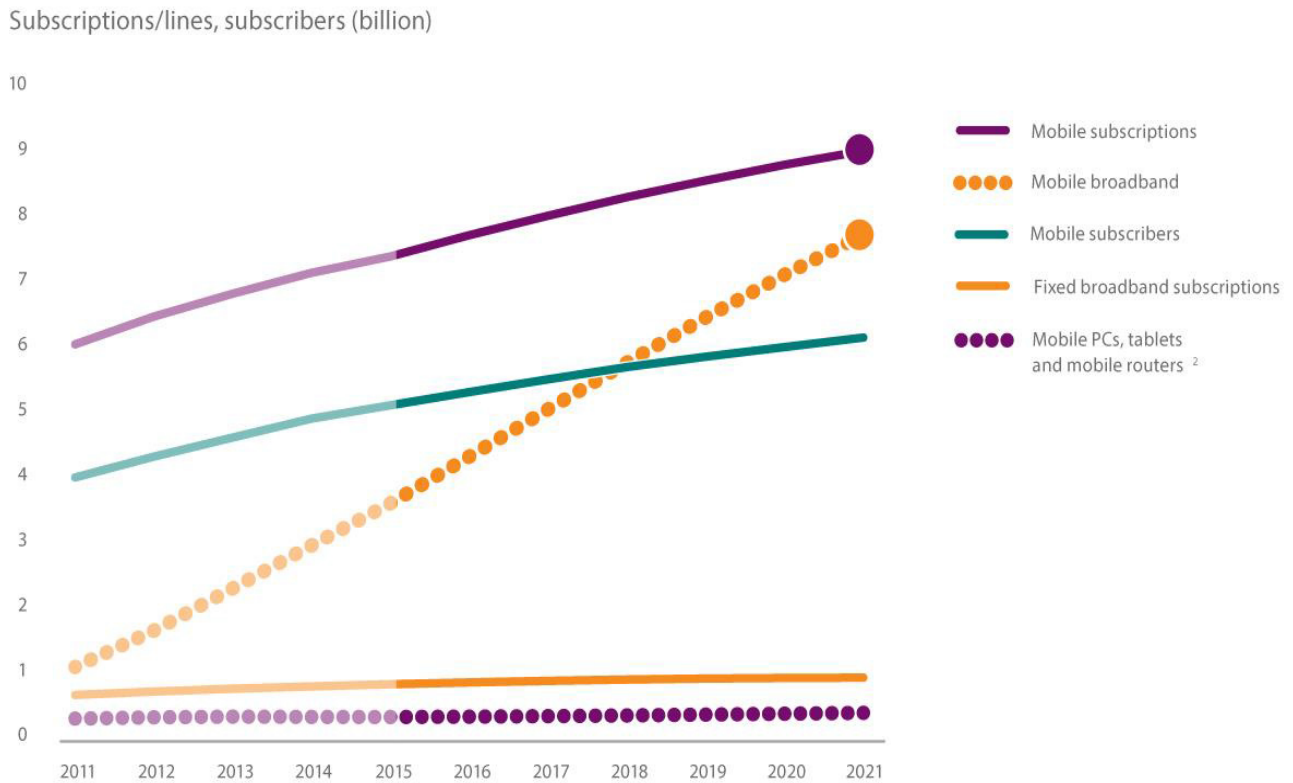


*Рисунок 1.1. Рост трафика данных в мобильных сетях*

Эксперты отмечают, что в настоящее время уже свыше 2 млрд человек пользуются электронной почтой и читают новости онлайн, а количество интернет-покупателей выросло до рекордных значений. В общей сложности, более 100 млрд долл. было потрачено на покупки путевок в интернете, примерно такая же сумма израсходована на книги, CD- и DVD-диски, загрузку приложений и прохождение онлайн-курсов [16].

В целом, по данным International Data Corporation, аудитория мобильного интернета в глобальном масштабе в последние годы растет в среднем на 2% в год. Эксперты не исключают, что этот показатель может увеличиться, если появятся новые способы организации выхода в интернет, разработкой которых в настоящее время активно занимаются такие компании, как Google, SpaceX и Facebook.

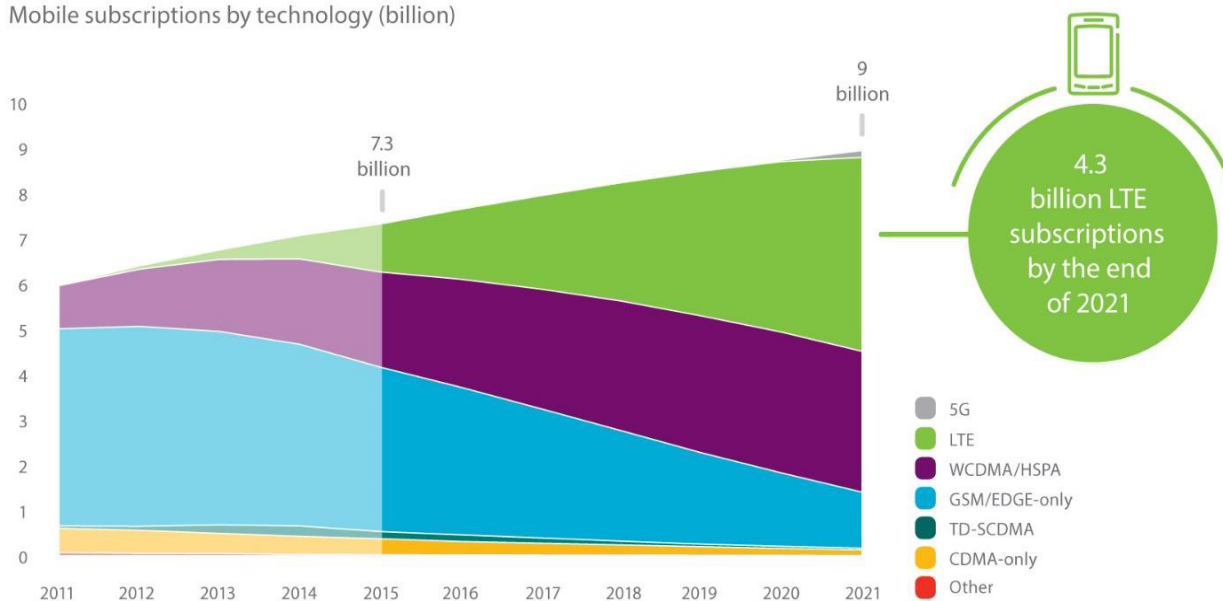
Согласно прогнозу Ericsson, общее число подписок в мобильных сетях достигнет 9 млрд к 2021 году, из которых 7,7 млрд – пользователи мобильного ШПД, а 6,3 млрд – пользователи смартфонов (рис. 1.2).



*Рисунок 1.2. Число подписок в мобильных сетях*

Несмотря на то, что на сегодняшний день подписчики GSM/EDGE составляют большую часть абонентов сетей мобильной связи, уже в 2021 году совокупное число пользователей сетей LTE и HSPA в мире в два раза превзойдет число пользователей сетей GSM/EDGE. Число подписок в LTE-сетях, достигнув 1 млрд в 2015 году, в 2021 году приблизится к отметке 4,3 млрд (рис. 1.3).

Mobile subscriptions by technology (billion)



**Рисунок 1.3.** Число подписок в сетях LTE

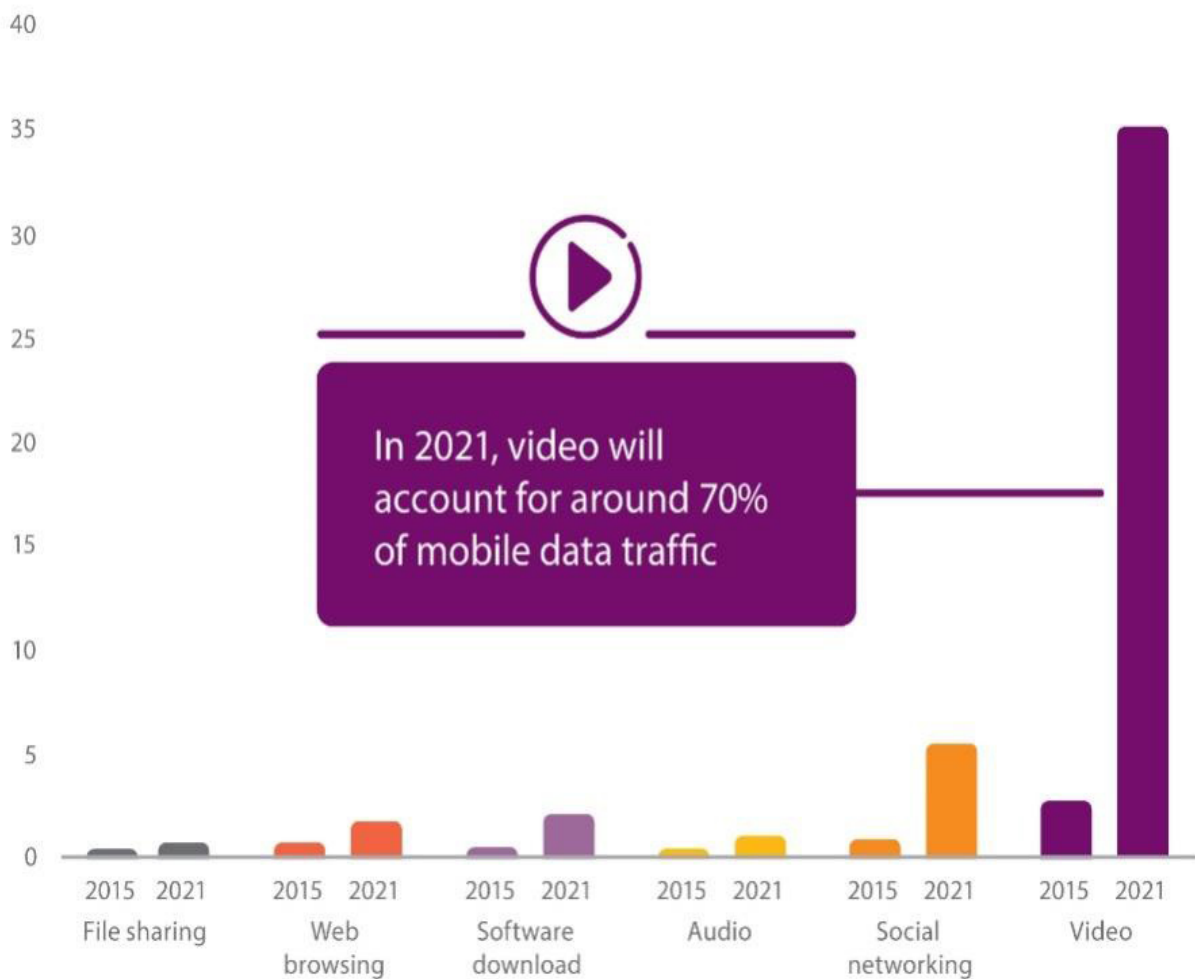
По данным Ericsson, ежегодный темп прироста трафика данных в мобильных сетях в период с 2015 по 2020 гг. составил порядка 45%, при этом трафик данных со смартфонов вырос в 12 раз и составил порядка 90% всего общемирового мобильного трафика данных в 2020 г. По данным Cisco в период с 2015 по 2020 гг. среднегодовой темп прироста трафика в мобильных сетях составил 53%. Соответственно за этот период объем трафика данных в мобильных сетях в мире увеличился в восемь раз.

Согласно аналитическому отчету Cisco Visual Networking Index [9], в 2020 году объем IP-трафика со смартфонов должен был превзойти трафик персональных компьютеров и составить 30% общемирового IP-трафика, а ежегодный темп прироста трафика со смартфонов в восемь раз превосходить рост IP-трафика с PC (58% против 8%). Аналитики Cisco прогнозировали, что совокупный трафик беспроводных и мобильных устройств в 2020 году составит две трети глобального IP-трафика.

По мнению специалистов Ericsson, одним из ключевых драйверов роста трафика в мобильных сетях, по-прежнему будет являться видео. Изучение статистики ряда высокоскоростных коммерческих сетей HSPA и LTE в Азии, Европе, а также в Северной и Южной Америке показало, что уже сегодня независимо от типа используемых абонентами устройств, трафик видео составляет порядка 40-45% общего трафика данных в сети. Просмотр YouTube возглавляет рейтинг наиболее ресурсоемких сервисов (50-70% от общего объема видео-трафика). На втором месте (для пользователей смартфонов) – общение в социальных сетях (порядка 20% мобильного трафика).

По прогнозам ежегодный прирост трафика мобильного видео в период с 2015 по 2021 гг. составит 55%, в 2021 году видео-сервисы будут генерировать до двух третей глобального трафика в сетях мобильной связи (рис. 1.4).

### Mobile traffic by application category per month (ExaBytes)

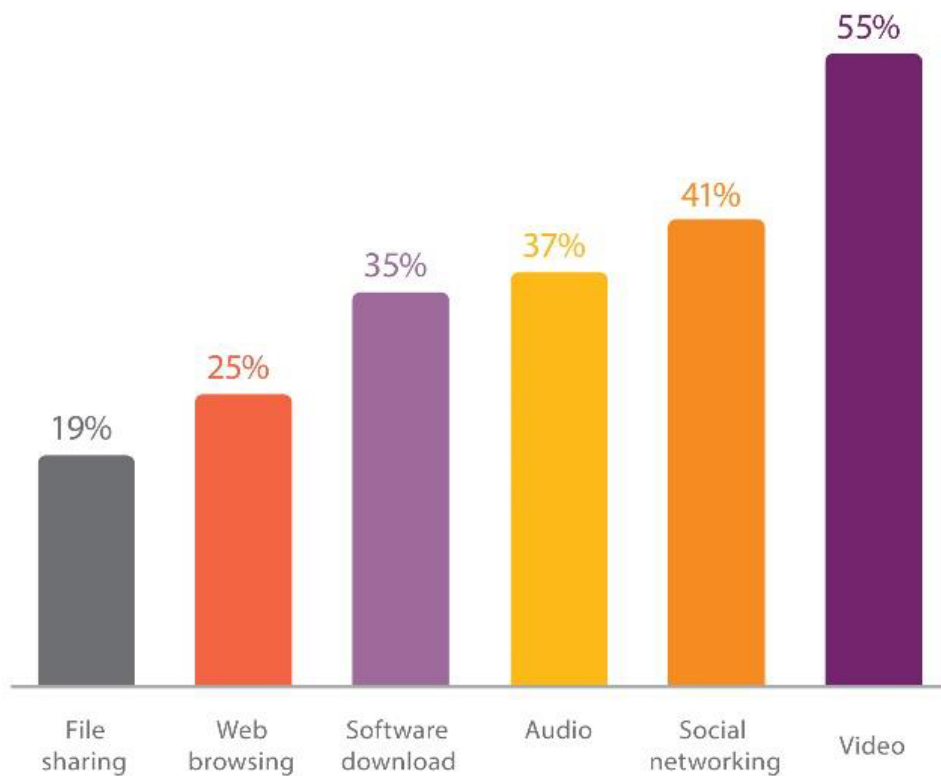


*Рисунок 1.4. Трафик мобильного видео*

С точки зрения ежегодных темпов прироста трафик видео-сервисов обгонит трафик, создаваемый социальными сетями, веб-браузингом, загрузкой программного обеспечения и файл-шерингом (рис. 1.5).

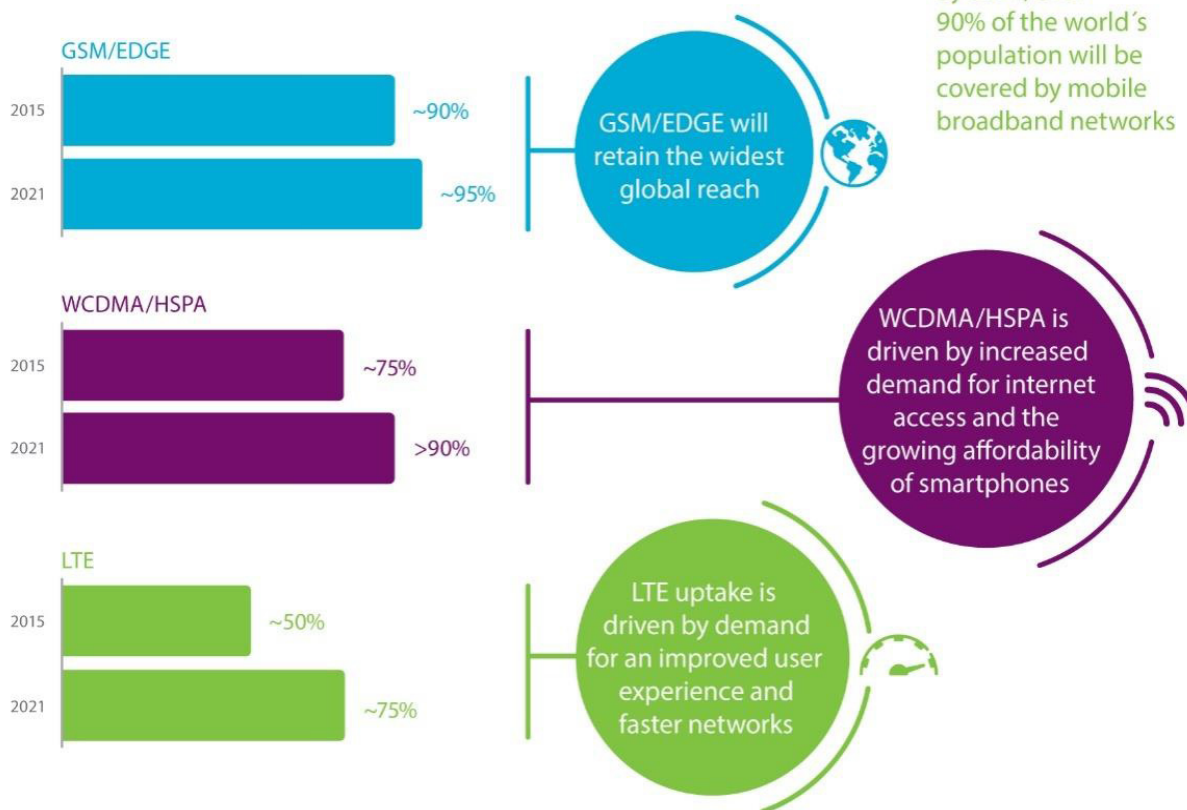
Прогнозируемый многократный рост трафика в мобильных сетях подкрепляется ожиданиями глобального распространения высокоскоростных технологий, в первую очередь WCDMA/HSPA и LTE. По состоянию на середину 2019 года было запущено в коммерческую эксплуатацию 768 сетей LTE в 208 странах мира.

Ожидается, что в 2021 году более 90% населения Земли будет охвачено сетями, работающими на технологии HSPA, и порядка 75% – LTE-сетями (рис. 1.6).



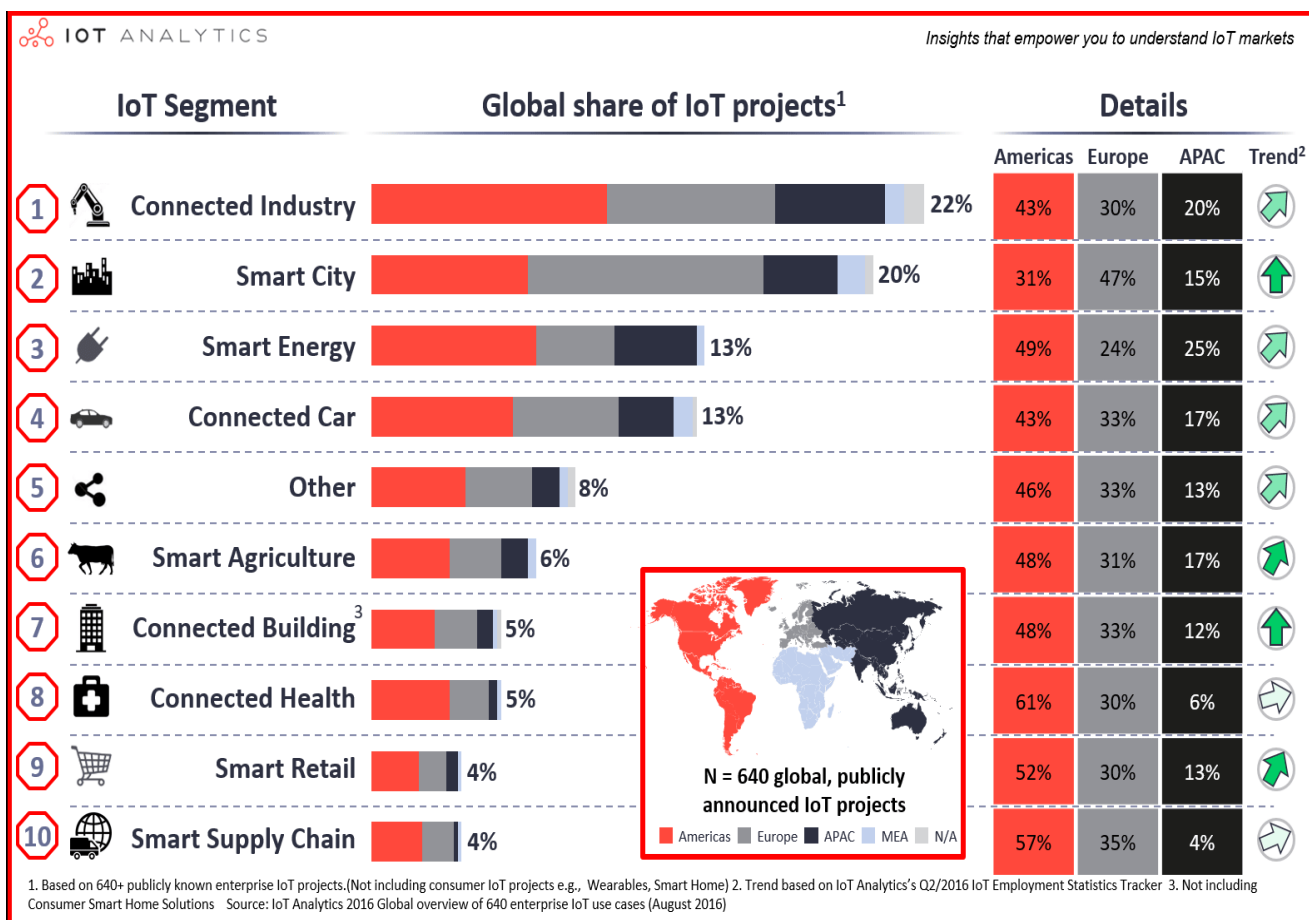
**Рисунок 1.5.** Распределение мобильного трафика по категориям (в процентах)

World population coverage by technology



**Рисунок 1.6.** Распределение мобильного трафика по технологиям

Отдельного рассмотрения заслуживают прогнозы, касающиеся активно заявляющего о себе уже сегодня, сегмента интернета вещей. Аналитики Ericsson отмечают, несмотря на то, что на сегодняшний день мобильные телефоны являются самой многочисленной категорией подключенных к мобильным сетям устройств, уже в 2018 году число подключений интернета вещей (датчики, счетчики, автомобильные компьютеры, промышленное оборудование, бытовая техника и электроника и прочее) по числу превзошло мобильные телефоны.



*Рисунок 1.7. Распределение трафика для интернета вещей по категориям и регионам мира*

Согласно IoT Analytics [18], на сегодняшний день в разных странах уже объявлено о более чем 640 разного рода промышленных проектах в области интернета вещей, среди которых проекты в области управления промышленным производством, построения «умных» городов, «умных» систем поставки, «умного» сельского хозяйства и другие (рис. 1.7).

## 1.2. Состояние российского телекоммуникационного рынка

Российский рынок телекоммуникаций во многом повторяет тренды более развитых рынков Европы и Северной Америки. Ключевой драйвер роста российских операторов – услуги мобильного ШПД. Однако в целом, за счет влияния макроэкономических факторов, динамика отрасли выглядит не так позитивно.

По информации Роскомнадзора на 07 марта 2019 года общее число базовых станций превысило 700 тыс. единиц. Больше всего базовых станций у оператора «МегаФон»: 227 961 РЭС. На втором месте «МТС», у которого 177 222 станций. У ООО «Т2 Мобайл» – 148 863 станций, у ПАО «ВымпелКом» – 146 976 единиц. Однако, по темпам развития сейчас лидирует ООО «Т2 Мобайл» (+ 2,9%). При этом наибольший прирост базовых станций у операторов «большой четверки» наблюдается в стандарте LTE (+2%, общее число базовых станций этого стандарта – 245 309 единиц). Самые высокие темпы роста РЭС данного стандарта также зафиксированы у ООО «Т2 Мобайл» – на 4,6% (до 51 919 РЭС). У ПАО «МТС» количество базовых станций увеличилось на 1,3 % (до 62 109 РЭС), у ПАО «ВымпелКом» – на 2,4 % (до 43 670 РЭС). Вместе с тем наибольшее количество базовых станций LTE остается у ПАО «МегаФон» – 87 611 РЭС (рост с начала года на 1,4%).

Эксперты Минэкономразвития отмечают, что, несмотря на непростую экономическую ситуацию, ведущие операторы мобильной связи в России существенно расширили географию высокоскоростного 4G интернета и охват LTE-сетей, что способствовало дальнейшему увеличению объемов потребляемых услуг.

По данным операторов на середину 2020 года общее число абонентов (SIM карт) превысило 257 млн. Лидирует ПАО «МТС» – свыше 78 млн. На втором месте ПАО «МегаФон» – свыше 75 млн, далее ПАО «ВымпелКом» – свыше 55 млн и ООО «Т2 Мобайл» – больше 46 млн.

Тем не менее, по данным Минэкономразвития, за последние несколько лет общий объём услуг связи уменьшился. Аналитики связывают это с насыщением рынка услуг мобильной связи. Сегмент услуг традиционной голосовой связи, оставаясь крупнейшим на рынке мобильной связи, характеризуется снижением выручки. На фоне быстрого развития сетей 3G и 4G, а также роста популярности OTT-контента (в частности, мессенджеров), наблюдается миграция голосового трафика в сервисы передачи данных. Пользователи проводят все больше времени со своими смартфонами, но все чаще не совершают звонки, а пишут сообщения, обмениваются фото- и видеоконтентом. Аналитики ГМТ Консалтинг полагают, что в ближайшие пять лет темпы роста российского рынка составят порядка 1,3% в год, а рост выручки от услуг мобильного доступа в интернет, а также других дополнительных услуг частично компенсирует падение доходов от голосовой связи.

Схожие оценки дают и представители Минэкономразвития: рынок мо-



бильной связи продолжит чувствовать себя достаточно уверенно за счет расширения географии сетей четвертого поколения, роста потребления услуг мобильного интернета и всевозможных пакетных предложений. Фиксированная связь в России, по-прежнему, с высокой степенью надежности удовлетворяет потребности корпоративных и частных клиентов в услугах голосовой связи и доступа в интернет, цифрового телевидения, обеспечивает инфраструктуру для организации высокоскоростных магистральных каналов, услуг видеоконференции и других традиционных для данного сегмента сервисов.

На примере данного сегмента телекоммуникационного рынка отчетливо видно, как массовые технологии связи вчерашнего дня, уступая в объемах предоставляемых услуг новым технологическим решениям, занимают свои ниши, становясь более узкоспециализированными [24-33]. По данным ТМТ-Консалтинг, падение доходов во всех подсегментах фиксированной телефонной связи продолжается, что связано с продолжающимся уходом трафика в мобильные сети и ОТТ-сервисы.

В целом, массовый рынок фиксированной и мобильной связи в России, за исключением сегмента мобильного ШПД (доступа в интернет и к мультимедийному контенту), можно охарактеризовать как находящийся в стадии насыщения или близкой к нему, что подтверждается прогнозами Минкомразвития. Перспективы нового игрока на массовых (B2C) сегментах рынка представляются не очень утешительными: олигопольная структура рынка с несколькими крупными игроками, продолжающими активно внедрять технологические инновации и ежегодно инвестировать миллиарды долларов в развитие своих сетей, обладающими лояльной абонентской базой и мощными брендами, отсутствие свободного частотного ресурса для развертывания новых сетей LTE создают непреодолимо высокие барьеры для вхождения в перспективный рынок мобильного ШПД.

При этом, как показывают аналитические отчеты, корпоративный сегмент рынка беспроводной связи может предложить новому оператору пути развития, привлекательные с точки зрения перспектив роста и более низких барьеров вхождения в рынок подсегмента. Это – корпоративная беспроводная связь (включая профессиональную мобильную связь) и интернет вещей. Более того, в среднесрочной перспективе, за счет развития данных подсегментов рынок корпоративной связи может стать драйвером всего телекоммуникационного рынка.

Исследование AC&M Consulting [27] показало, что вопреки опасениям аналитиков, спрос на мобильную связь в корпоративном сегменте не падает даже в условиях экономического кризиса. 24,7 млн клиентов или каждая пятая компания или индивидуальных предпринимателей являются корпоративными клиентами операторов мобильной связи. При этом ежегодный прирост данного сегмента рынка составляет в среднем 10-12%. Снижение активности абонентов в роуминге и стоимости исходящего голосового трафика операторов

ры компенсируют за счет увеличения потребления корпоративными клиентами мобильного интернета и дополнительных услуг.

В то же время, по данным AC&M Consulting [22], сегмент услуг для корпоративных клиентов (B2B) демонстрирует беспрецедентную для нынешнего времени динамику выручки – доходы B2B растут в пять раз быстрее, чем весь рынок.

В 2018 году корпоративный сегмент стал одним из локомотивов общего роста выручки в отрасли.

Почти половина предприятий, включая индивидуальных предпринимателей, используют какое-либо корпоративное решение мобильных операторов. Каждая седьмая SIM карта принадлежит корпоративному клиенту (два года назад только каждая десятая карта была задействована в B2B сегменте).

По оценкам AC&M рынок B2B расширяется на 5%-10% ежегодно по числу используемых активных SIM карт и демонстрирует двузначный рост выручки (не менее 15% год к году), несмотря на то, что макроэкономическая стагнация сохраняется.

Говорить о совокупной динамике средней выручки операторов на одно абонентское подключение в сегменте B2B становится всё сложнее, так как вся совокупность SIM карт делится на два больших класса: (i) те, что предназначены для связи сотрудников и (ii) те, что используются в различных корпоративных приложениях, не предполагающих участие человека (решения IoT от управления парком транспортных средств, до кассовых аппаратов, от видеокамер до умных приборов учёта). Средняя выручка в расчёте на одну SIM карту может сокращаться исключительно по причине опережающего роста числа SIM карт в IoT решениях, где среднемесячная плата за подключение к сети составляет 25-35 руб. в месяц. Если исключить из расчёта IoT, удельная доходность не падает, а даже постепенно растёт за счёт всё более активного использования сотрудниками мобильного интернета, конвергентных услуг и функций интеллектуальных сетей связи.

Более двух третей от общего числа респондентов среди корпоративных пользователей подтвердили, что используют услуги мобильного интернета. Уже в 2016 году доля корпоративных клиентов, использующих мобильный интернет, составляла более половины всех клиентов.

По данным AC&M [18], 75% бизнес-клиенты, опрошенные агентством в ходе проведения исследования, пользуются услугами двух и более операторов связи одновременно. Сегмент профессиональной мобильной (беспроводной) связи, или PMR, в отличие от массового рынка, является более информационно закрытым, практически никто из телеком-аналитиков не обладает исчерпывающей картиной данного рынка, поскольку, в отличие от массового «операторского» рынка услуг связи, подавляющее число пользователей PMR-сетей обслуживаются в выделенных корпоративных и ведомственных сетях.

Ключевыми потребителями PMR-сервисов во всем мире являются службы общественной безопасности, компании нефтегазовой отрасли, металлургии,

добывающей промышленности, транспортные, электроэнергетические компании. Потребители на данном рынке характеризуются исключительной консервативностью, жизненный цикл систем связи составляет 10-15 лет и поэтому, более 70% в мире и не менее 85% PMR-пользователей в России до сегодняшнего дня используют аналоговую УКВ радиосвязь. Абсолютная емкость данного сегмента рынка достаточно велика. Среди потенциальных пользователей «раций» представители силовых «специальных» ведомств (МВД, Министерство обороны, МЧС, пожарные, скорая, ФСИН, ФСБ, таможенные органы, судебные приставы, наркополиція, миграционная служба), сотрудники государственных корпораций (РЖД, Ростех, Росатом), предприятия добывающей и обрабатывающей промышленности, строительные компании, охранные предприятия, ритейл, логистические компании, транспортные компании и крупные транспортные узлы – всего порядка 10 млн чел.

Основные сервисы, востребованные на данном сегменте рынка, принципиально отличаются по своему составу от массового рынка мобильной связи – это групповой вызов, ширококвещательный вызов, прямой вызов между абонентскими устройствами (режим DMO), диспетчеризация вызовов и установление приоритетов пользователей и групп пользователей, мгновенное установление вызова (задержка менее 300 мс) нажатием «тангенты», стойкость абонентского оборудования к внешним воздействиям (пыле-, влаго-, ударостойкость, а так же взрывобезопасность).

Исключительные требования предъявляются и к сетевому/операторскому оборудованию, призванному обеспечить гарантированное качество и доступность сети, а также надежность и бесперебойность связи в чрезвычайных ситуациях. Так, например, ПАО «Газпром» выдвигает следующие требования к доступности систем связи, обеспечивающих информационный обмен: коэффициент готовности систем не менее 0,99. Обрабатывающие предприятия в качестве одного из ключевых требований к системе связи декларируют обеспечение высокого качества передачи речи в шумных помещениях.

На сегодняшний день такого рода требования обеспечиваются лишь рядом узкополосных цифровых технологий, таких как TETRA, DMR, P25, PDT.

Наибольшим спросом у PMR-клиентов, на сегодняшний день, пользуется сетевое и абонентское оборудование стандарта DMR. Данная технология разработана и описана Европейским институтом телекоммуникационных стандартов (ETSI) в 2005 году и является открытым стандартом для цифровой радиосвязи, призванным заместить аналоговые системы корпоративной профессиональной связи. Изначально стандарт задумывался как упрощенное, недорогое, по сравнению с TETRA, решение для покрытия обширных областей с невысокой плотностью трафика, обеспечивающее наименее болезненную миграцию от аналоговых систем. Зона обслуживания базовой станции и частотная «нарезка» (12,5 КГц, TDMA) DMR – такая же, как у аналоговых систем и превосходит TETRA (DMR обеспечивает работу абонентских станций с мощностью до 5 Вт), более того, сетевое оборудование и БС DMR позволяют одно-

временно обслуживать и аналоговые, и цифровые абонентские устройства, предполагая постепенную замену парка аналоговых абонентских терминалов на цифровые радиостанции. DMR поддерживается большим числом вендоров, предлагая клиенту сетевое и абонентское оборудование, по цене в два раза ниже по сравнению с TETRA в самом широком диапазоне частот (от 66 МГц).

Скорость передачи данных в системах DMR ограничена 9,6 кбит/с. Примером крупного корпоративного клиента, эксплуатирующего DMR-сеть в России является Сбербанк с 12,5 тыс. инкассаторов, использующих рации данного стандарта. Стандарт TETRA в Европе и стандарт P25 в США, в отличие от DMR, разрабатывались в интересах служб, обеспечивающих общественную безопасность (mission critical design) и были призваны обеспечить исключительную надежность и отказоустойчивость. Согласно данным представителя ТССА (TETRA and Critical Communications Association), представленным на конференции «Профессиональная мобильная радиосвязь, спутниковая связь и навигация 2016 г.», проведенной Infromedia Russia в 2016 году [20], на конец 2015 года в мире радиостанциями TETRA пользовались 3,6 млн человек, из которых 2,3 млн – представители служб охраны и общественной безопасности. По заявлениям производителей сетевого оборудования, скорость передачи данных в режиме TEDS (объединение нескольких голосовых каналов для сеанса передачи данных) в сетях TETRA может достигать 500 кбит/с.

Таким образом, распространенные на рынке PMR технологии связи, обеспечивая абонентов сервисами голосовой транкинговой связи, не в состоянии предоставить корпоративным и ведомственным пользователям приемлемый и сравнимый с сетями массового обслуживания сервис передачи данных. Корпоративные клиенты, пользуясь «рациями» для голосовой связи, вынуждены применять другие беспроводные технологии (Wi-Fi, HSPA/LTE) для организации систем телематики, видеонаблюдения. При этом ни оборудование Wi-Fi, ни сети мобильной связи «большой четверки» не в состоянии обеспечить необходимый уровень надежности и помехозащищенности. На крупных предприятиях используется значительное количество различных технологий, не имеющих единого административного/диспетчерского интерфейса.

В качестве примера можно привести опыт таких крупных предприятий, как аэропорт Домодедово и АК Транснефть. Домодедово обеспечивает сотрудников аэропорта, таможни, пограничников, работающих на территории аэропорта голосовой связью на базе технологии TETRA (оборудование Dimetra IP производства Motorola в катастрофо устойчивой конфигурации с двумя географически разнесенными центрами коммутации). Служебная сеть передачи данных Домодедово до недавнего времени была построена на оборудовании Wi-Fi, однако из-за крайне низкой помехоустойчивости, постоянных обрывов соединения было принято решение о развертывании сети LTE в формате MVNO. АК Транснефть, являясь крупнейшим клиентом на российском рынке, эксплуатирует собственную сеть из более, чем 2300 базовых станций. При этом 70% «раций» являются аналоговыми, цифровая профессиональная связь

представлена оборудованием TETRA на ряде фрагментов сети, от 20% до 50% сотрудников перерабатывающих предприятий используют мобильную связь в служебных целях, а 30-50% – DECT-телефонию. Ряд функций, таких как телеметрия и видеонаблюдение на трубопроводах, за пределами зоны обслуживания операторов мобильной связи, традиционно организующих покрытие населенных пунктов и дорог, остаются нереализованными.

Многие эксперты DMR-рынка возлагают большие надежды на реализацию функционала систем профессиональной связи в 14 релизе LTE, в результате чего в одной системе мог бы быть объединен функционал широкополосной передачи данных и профессионального транкинга (приоритеты, групповые вызовы и прочее). Однако, стандартизированные решения critical LTE (LTE professional), по различным оценкам, появятся на рынке не ранее 2020-2025 гг., в частности, представители Motorola говорят о полноценной обработанной интеграции critical голоса и данных в LTE лишь к 2025 году.

Необходимо отметить, что даже появление на рынке сетевого и абонентского оборудования LTE Professional не решит задачу построения на данном оборудовании по-настоящему высоконадежных выделенных сетей. В России, в отличие от других стран, в частности США, нет специального частотного спектра для построения выделенных LTE-сетей. Предполагавшийся к использованию диапазон 700 МГц «занят» ТВ-вещанием, переиспользование диапазонов 410-430 и 450-470 МГц только рассматривается в качестве потенциальной стандартной полосы. Отсутствие свободного сетевого ресурса для LTE диктует необходимость либо использования «профессиональными» пользователями оборудования и частного ресурса сетей общего пользования (надежность и устойчивость к отказам такой системы ничем не выше надежности сети общего пользования), либо построения сетей по модели MVNO в рамках совместного использования частотного ресурса [3].

Резюмируя, сегмент услуг беспроводной профессиональной связи в его текущем состоянии можно охарактеризовать как крайне привлекательный.

## ГЛАВА 2. КОРПОРАТИВНЫЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛИ И ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ

### 2.1. Корпоративная беспроводная связь

Рынок профессиональной мобильной связи (PMR) является одним из наиболее информационно закрытых как в России, так и во всем мире. Есть ряд причин, по которым в широком доступе отсутствуют данные по применяемым технологиям, численности пользователей, динамике развития сетей для профессиональных пользователей. С одной стороны, это принятая на рынке PMR-модель построения выделенных ведомственных и корпоративных сетей. Работа в отдаленной от публичных сетей системе связи может быть продиктована соображениями информационной безопасности, требуемой надежности связи или географической удаленностью от зон покрытия сетей массового обслуживания. С другой стороны, специальные и корпоративные пользователи не любят афишировать детали своей деятельности, неотъемлемой частью которой является обеспечение сотрудников связью.

Рынок услуг PMR тесно связан с сегментом корпоративной мобильной связи, поскольку для коммуникаций между одними и теми же сотрудниками ведомств и корпораций могут в различных обстоятельствах использоваться как публичные сети мобильной связи, так и средства «спецсвязи». И это «не от хорошей жизни». Изначально созданные для обеспечения «критически важных» (*англ.* critical) коммуникаций средства профессиональной радиосвязи способны гарантировать требуемый уровень надежности/доступности сети связи, а в определенных обстоятельствах и катастрофоустойчивости системы связи. Однако выделенные сети, построенные на основе подобных технологий, обладают ограниченным/очаговым покрытием, незначительной емкостью и очень узким набором сервисов транкинговой радиосвязи.

Публичные сети мобильной связи, значительно превосходя выделенные по зоне обслуживания, емкости и набору услуг, не могут обеспечить специальным пользователям гарантированный уровень доступности сервисов голосовой связи/услуг передачи данных (ПД), а также необходимый уровень конфиденциальности. Режим транкинговой радиосвязи может быть реализован в них лишь посредством облачных OTT-сервисов, не соответствующих требованиям критических коммуникаций. В результате ведомства и корпорации вынуждены предусматривать в своих бюджетах затраты на несколько видов мобильной/беспроводной связи, не имея возможности получить весь набор необходимых им сервисов в рамках одной технологии.

Технологический парк практически любого крупного корпоративного клиента/ведомства весьма разнообразен. Каких только беспроводных технологий в нем нет: мобильная связь GSM/WCDMA/LTE, DECT-телефония и Wi-Fi споты для реализации телеметрических сервисов и удаленного доступа к ресурсам корпоративной/ведомственной сети, выделенные PMR-сети.

Таким образом применяются технологии от аналоговых радиостанций до MVNO-сетей. Определенных усилий стоит сопряжение всех этих технологий, да и ношение двух или трех абонентских терминалов не добавляет удобств сотрудникам. Но даже в результате всех усилий корпоративным клиентам не доступна единая нумерация, единая система диспетчеризации и мониторинга сотрудников, инфраструктурных объектов – настолько разнородными являются эксплуатируемые ими сети. Не меньшие проблемы лежат и в организационной плоскости, когда за эксплуатацией различных технологий связи отвечают разные структуры одного предприятия.

Проведем краткий анализ данных по рынку PMR и корпоративной мобильной связи, находящихся в открытом доступе.

За последний год доля корпоративных клиентов, использующих мобильный интернет, выросла от 10 до 50%. По оценке AC&M, ARPU в сегменте B2B составляет около 390 руб. в месяц, а на массовом рынке 284 руб. В целом, этот сегмент рынка мобильной связи отличается исключительной стабильностью и имеет на ближайшие годы хорошие перспективы роста, отражающие высокую востребованность сервисов мобильной/беспроводной связи среди корпоративных пользователей.

К сожалению, оценить размер сегмента PMR можно лишь на основе косвенных данных, поскольку этот рынок сильно фрагментирован, информационно закрыт и практически никто из телеком-аналитиков не обладает его исчерпывающей картиной. Ключевыми потребителями PMR-сервисов во всем мире являются службы общественной безопасности, компании нефтегазовой отрасли, металлургии, добывающей промышленности, транспортные, электроэнергетические и другие производственные и сервисные компании, которые характеризуются исключительной консервативностью. Напомним, что жизненный цикл систем связи составляет 10-15 лет.

Сервисы голосовой связи, востребованные на данном сегменте рынка, принципиально отличаются по своему составу от доминирующих на массовом рынке мобильной связи. Представители операторов и корпоративных клиентов декларируют заинтересованность, в первую очередь, в таких сервисах как:

- групповой вызов;
- широковещательный вызов;
- прямой вызов между абонентскими устройствами (режим DMO);
- диспетчеризация вызовов;
- установление приоритетов пользователей и групп пользователей;
- мгновенное установление вызова (с задержкой менее 300 мс) нажатием «тангенты».

В качестве важных, отмечены такие свойства абонентского оборудования, как устойчивость к внешним воздействиям (пыле-, влаго-, ударостойкость), а также взрывобезопасность и обеспечение высокого качества передачи речи в шумных помещениях.

Таким образом, сегмент услуг профессиональной мобильной связи в его текущем состоянии можно охарактеризовать как крайне привлекательный для технологии/оператора, готового предложить корпоративным и ведомственным клиентам услуги транкинговой связи и высокоскоростной передачи данных/видео в рамках единой современной платформы, удовлетворяющей требованиям «критических» коммуникаций. Ни одна из широко применяемых сегодня технологий не в состоянии решить всех стоящих перед корпоративными и ведомственными клиентами задач. В связи с этим как никогда актуальна «гармонизация» используемых клиентами средств беспроводной связи.

Рынок PMR-сервисов обладает значительным потенциалом развития как в рамках замены текущих аналоговых и узкополосных цифровых решений на более современные широкополосные, так и за счет привлечения бюджетов и пользователей из сегмента корпоративной мобильной связи в случае реализации сервисов современного мобильного телефона/смартфона и «рации» в одном абонентском устройстве, предлагаемом по приемлемой цене.

## **2.2. Интернет вещей**

В качестве яркой иллюстрации растущей потребности корпоративных и ведомственных PMR-клиентов в интеграции современных услуг ПД в корпоративные сети связи, может выступать исключительный интерес к сервисам интернета вещей (Internet of Things, IoT). Телеметрия и межмашинное взаимодействие становятся неотъемлемой частью современных систем управления производством. Данные исследовательских агентств и операторов, публикуемые в открытом доступе, подтверждают, что данный сегмент рынка является наиболее многообещающим, ему пророчат «взрывной» рост в ближайшие годы [4].

Согласно оценке iKS-Consulting [5], по итогам 2015 года число SIM карт в сегменте m2m/IoT составляло порядка 8 млн, при этом на корпоративный сегмент приходилось более 97% рынка, а к 2020 году оно выросло до 26 млн. В аналитическом отчете по рынку M2M/IoT, представленном компанией МТС [6], говорится, что объем российского рынка M2M/IoT превысил 300 млрд. руб. Физический объем рынка M2M SIM-карт в России увеличился за год с 6 до 7,8 млн штук.

Согласно оценке агентства J'son & Partners, в ближайшие годы рынок M2M ждет небывалый рост. По мнению аналитиков этого агентства, общее число подключенных устройств в системах телеметрии России к концу 2020 года превысило 40 млн.

Радужные перспективы рынку интернета вещей обещают не только российские телеком-аналитики, но и общепризнанные мировые аналитические центры. Согласно регулярно обновляемому компанией Ericsson отчету MobilityReport [7], уже в 2018 году число подключений IoT (датчики, счетчи-



ки, автомобильные компьютеры, промышленное оборудование, бытовая техника и электроника и пр.) во всем мире по числу превзошло количество мобильных телефонов. По прогнозам Ericsson, к 2021 году из 28 млрд «подключенных» ко всемирной сети устройств, 16 млрд подключений будет приходиться на интернет вещей. В сетях мобильной связи подключенные устройства интернета вещей станут самым быстрорастущим сегментом – их число вырастет с 400 млн в 2015 году до 1,5 млрд в 2021 году.

Все устройства интернета вещей специалисты Ericsson подразделяют на два основных класса: «массовый» и «критический важный». Первый, более многочисленный, включает устройства с малым потреблением энергии, низкой стоимостью, незначительными объемами потребляемого трафика. На их базе создаются решения для построения автоматизированных комплексов управления «умными» зданиями, «умными» счетчиками и датчиками в ЖКХ, сельском хозяйстве и пр. Второй представляет собой устройства, включающиеся в комплексы управления критически важными, с точки зрения обеспечения надежности канала ПД, системами, такими как системы обеспечения безопасности движения, управления производством, решения в области здравоохранения. Ключевыми требованиями к данному классу устройств являются повышенная надежность, помехоустойчивость, доступность канала связи, низкие задержки прохождения телеметрических данных и передачи управляющих.

Российским корпоративным клиентам еще предстоит определиться с тем, какие технологии беспроводной связи будут доминировать на корпоративном сегменте рынка IoT в ближайшем будущем. В настоящее время, безусловно, львиная доля данного сегмента принадлежит решениям, использующим сети мобильных операторов связи GSM/GPRS. Начинают активно развиваться и альтернативные технологические решения: одни способны обеспечить ПД от счетчиков/датчиков на сравнительно небольшие расстояния (преимущественно в пределах одного здания, например, ZigBee) для последующего сбора ее на уровне «концентратора»; другие (например, технологии семейства LPWAN, такие как LoRa, Sigfox, Weightless-N, Стриж) обеспечивают доставку данных от модема до БС на расстояния в десять и более километров. Однако, ни первые, ни вторые пока не в состоянии удовлетворить запросам «критически важного» сегмента IoT.

Перечислим некоторые, наиболее популярные сегодня технологии интернета вещей.

*ZigBee* – спецификация сетевых протоколов верхнего уровня, регламентированных стандартом IEEE 802.15.4, который появился в 2003 году. Разрабатывается ZigBee Alliance, в который входит более 300 компаний. Является очень популярным LAN-решением, широко применяемым в устройствах «умного дома» благодаря двум своим свойствам:

– ZigBee не является проприетарным (т.е. не собственническим, не закрытым) лицензируемым протоколом (в отличие от технически похожего Z-Wave);

– в рамках ZigBee работа описывается вплоть до уровня приложений.

Среди преимуществ данной технологии: способность к самоорганизации и самовосстановлению, простота развертывания, высокая помехоустойчивость, низкое энергопотребление (в том числе режим «сна» для устройств). К недостаткам следует отнести, в первую очередь, невысокую проникающую способность в городской застройке – это пример технологии для построения сетей «внутри здания».

*Thread Networking Protocol* – беспроводной сетевой протокол на основе IP. Создан в сотрудничестве OSRAM, QUALCOMM, ARM, Samsung, NestLabs и других (более 200 компаний) с одной целью – разработать самый лучший способ подключения и управления устройствами в доме. Первый публичный релиз состоялся в июне 2015 года (Revision 2.0). В ближайшее время будет сертифицировано более 30 устройств. Thread, реализованный в качестве дополнения к Wi-Fi, имеет ограничения для использования в домашней автоматизации в плане безопасности и энергопотребления. Протокол основан на стандарте 6LoWPAN (IPv6 over Lowpower Wireless Personal Area Networks) – стандарте взаимодействия по протоколу IPv6 поверх маломощных беспроводных персональных сетей стандарта IEEE802.15.4. Протокол обеспечивает безопасность банковского класса AES в дополнение к надежности меш-сети, разработанной специально для домашней автоматизации. К одной сети можно подсоединить 250+ авторизованных устройств. Преимущества Thread: разработка специально для домашней электроники, надежная самовосстанавливающаяся сеть, низкое энергопотребление за счет использования спящего режима. К существенным недостаткам, по аналогии с ZigBee, можно отнести невысокую проникающую способность в городской застройке.

*LPWAN (Low Power WAN)* – активно развивающееся семейство технологий передачи коротких сообщений от различного рода сенсоров с модемами низкой мощности (на 20-30 ДБ ниже мощности передатчиков сотовой связи). К основным характеристикам семейства LPWAN можно отнести низкую стоимость владения, большое время автономной работы, негарантированную доступность, низкую скорость передачи данных, передачу сообщений не в реальном времени, поддержку большого числа конечных устройств. Среди технологий LPWAN такие решения, как LoRa, Sigfox, Weightless-N, Стриж.

*Lo Ra (сокращение от Long Range)* – технология, позволяющая, в отличие от упомянутых выше вариантов организовать телематическую сеть масштаба района или города, а не квартиры или офиса. Топология сети – звезда, дальность – от нескольких километров в плотной городской застройке до 20-30 км прямой видимости. Скорость – до 37,5 кбит/с, падает с увеличением расстояния между приемником и передатчиком. Количество устройств – до 5 тыс. штук/км<sup>2</sup>. Поддерживает двунаправленную передачу данных.

*Sigfox, Weightless-N, Стриж*, в отличие от LoRa не поддерживают постоянный двусторонний канал передачи данных и являются более узкополосными/поддерживают скорости передачи данных до 100 бит/с (600 для Sigfox).

Система SigFox построена одноименной компанией, основанной во Франции в 2009 году и использует технологию Ultra-NarrowBand (UNB). Устройство может отправить до 140 сообщений в день, каждое сообщение может содержать до 12 байт полезных данных. Для того чтобы получать сообщения, устройство должно запросить данные с сервера, это должно быть запрограммировано на конкретные события или на определенное время.

Сеть SigFox уже развернута по всей Европе и Северной Америке и охватывает десятки тысяч устройств. Преимущества SigFox: низкая стоимость, большое покрытие, высокая проникающая способность в городской застройке, сверхнизкое энергопотребление (по оценкам до 20 лет работы сенсора от 2-х батарей АА). Среди недостатков – низкая помехоустойчивость.

*Weightless* – группа открытых технологических стандартов связи, развиваемых некоммерческой организацией Weightless SIG. В настоящее время доступны три стандарта – Weightless-N, Weightless-P и Weightless-W. Weightless-N использует технологию Ultra Narrow Band (UNB), является стандартом односторонней связи. Это самый экономичный стандарт в группе как с точки зрения затрат, так и по энергопотреблению. Он является открытым стандартом, обладает большой дальностью, высокой проникающей способностью в городской застройке, низким энергопотреблением.

«Стриж» – отечественная разработка, полностью закрытое решение, базирующееся, вероятно, на протоколе Lo Ra. Оператором СТРИЖ Телематика сооружена и эксплуатируется сеть с несколько превосходящими Lo Ra характеристиками по дальности, но с существенно меньшей скоростью передачи данных.

Цель всех разработчиков новых решений для IoT – создание устройств с низкой стоимостью и длительным временем работы от аккумуляторной батареи, исчисляемым не сутками, а годами. При этом такие параметры, как гарантированная доставка сообщений, скорость передачи сообщений, низкие задержки не рассматриваются в качестве приоритетных.

Таким образом, на многообещающем сегменте промышленного или «критически важного» интернета вещей сегодня не представлено ни одной из публично обсуждаемых технологий беспроводной связи, удовлетворяющей требованиям потребителей данного сегмента рынка. Ни LPWAN, ни GSM/GPRS/LTE пока не могут обеспечить помехоустойчивую и гарантированную связь с датчиками/управляющими элементами критически важных производственных участков в дуплексном режиме с малыми задержками [8].

### ГЛАВА 3. ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ МАКВИЛ ДЛЯ КОРПОРАТИВНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Учитывая материал, изложенный в первых двух главах, можно сделать прогноз, что технология, позволяющая в едином стандарте реализовать необходимые для эффективной работы функции, весьма востребована корпоративным рынком радиосвязи. Наиболее адекватным и по сути единственным коммерческим решением, способным уже сегодня удовлетворить все актуальные потребности российских корпоративных и ведомственных пользователей в услугах профессиональной мобильной связи является МАКВИЛ – стандарт, разработанный на базе TD-SCDMA и поддерживается группой Xīnwei, имеющей исчерпывающий пакет международных патентов, сильную команду инженеров-разработчиков и большое число примеров успешного внедрения в разных странах. МАКВИЛ – китайский стандарт, включенный в рекомендации Международного союза электросвязи (ITU).

МАКВИЛ представляет собой отработанную технологию, «закрывающую» все потребности профессиональных пользователей и превращающую привычную «рацию» в современный защищенный смартфон с высокоскоростным выходом в интернет и передачей данных, видеотрансляциями, видеоконференциями, сервисами позиционирования. При этом сохраняются все привычные для пользователей транкинговой связи функции, такие как групповые, широковещательные вызовы, сервисы диспетчеризации, создание и динамическое изменение групп пользователей.

Следуя принятой терминологии, технологию МАКВИЛ можно определить, как технологию широкополосной транкинговой радиосвязи с возможностью выхода и получения услуг сетей связи общего пользования. С точки зрения решения «критически» важных задач, принципиально важна такая характеристика сетей МАКВИЛ, как надежность и гарантии доступа выделенных групп абонентов вне зависимости от обстоятельств [2, 34, 42, 43].

МАКВИЛ обеспечивает приоритезацию доступа к сети как для голосовых вызовов, так и для сессий ПД, а также уникальную помехозащищенность радиоинтерфейса. Более того, радиоинтерфейс МАКВИЛ, несмотря на «широкополосность» технологии, по сравнению с современными сетями массового обслуживания, спроектированными для обработки потокового мультимедиа (WCDMA/HSPA/LTE), намного лучше приспособлен для обработки ультракоротких сообщений в IoT-сетях, поскольку дополняет небольшие посылки с сенсоров/датчиков лишь незначительным объемом служебных данных.

С технической точки зрения, ключевыми элементами системы МАКВИЛ являются:

– интеллектуальные антенны (смарт-антенны), включая SDMA (многостанционный доступ с пространственным разделением каналов) и MIMO (применение нескольких приемопередатчиков для связи одного и того же абонента);

- CS-OFDMA (ортогональный многостанционный доступ с частотным и кодовым разделением каналов и переменным коэффициентом расширения спектра);
- TDD (дуплекс с временным разделением);
- предоставление различных категорий обслуживания (GoS) и различных показателей качества обслуживания (QoS);
- адаптивная модуляция;
- динамическое управление канальным ресурсом;
- два режима хэндовера (между сотами и между зонами обслуживания многолучевой антенны);
- новейшие методы кодирования, а также обеспечение защиты информации и защиты от фрода.

Интеллектуальные антенные системы, используемые в технологии МАКВИЛ, представляют собой сочетание фазированных антенных решеток и быстрых алгоритмов обработки сигнала. С одной стороны, применение данной технологии позволяет добиться увеличения зоны обслуживания БС, по сравнению с традиционной антенной системой. С другой стороны, применение интеллектуальных антенн обеспечивает значительное подавление помех. Для случая пространственного формирования луча БС может не только сформировать луч в направлении терминала, но и создать нулевое значение в направлении помехи с тем, чтобы получить максимальное отношение сигнал/помеха и сигнал/шум.

Таким образом, адаптивная система управления лучами диаграмм направленности антенн отслеживает движение абонентов и наиболее эффективно осуществляет пространственную селекцию каналов, подавляя помехи. Кроме того, 8-лучевая антенная система базовой станции МАКВИЛ предлагает заметно большие возможности пространственной селекции по сравнению с традиционно используемой в других сотовых сетях однолучевых антенн.

Применяемая в МАКВИЛ методика пространственного подавления помех эффективна в отношении как внешних помех, что значительно улучшает возможности по межсистемной ЭМС, так и помех от соседних БС, что улучшает внутрисистемную ЭМС. Поскольку МАКВИЛ использует метод TDD, достижение нулевых значений диаграммы направленности антенны может осуществляться как для восходящей, так и нисходящей линии, что позволяет минимизировать соканальную помеху от соседних БС и вместе с возможностью кодового разделения сигналов, обеспечить развертывание сети с коэффициентом повторного использования частот 1.

Радиоинтерфейс CS-OFDMA означает ортогональный многостанционный доступ с частотным разделением каналов и переменным коэффициентом расширения спектра. Он представляет собой комбинацию OFDMA и SCDMA и поэтому имеет преимущества как OFDMA, так и SCDMA, что позволяет эффективно бороться как с эффектом многолучевого распространения сигнала, так и с доплеровским эффектом при передвижении абонента.

В отличие от доминирующих на рынке CDMA-систем, МАКВИЛ использует режим дуплекса с временным разделением (TDD), имеющим немало преимуществ по сравнению с FDD (дуплекс с частотным разделением):

- в случае TDD требуется только одна полоса частот как для нисходящей, так и для восходящей линии, чем обеспечивается более высокая эффективность использования частотного спектра;

- TDD позволяет реализовать режим DoA (Direction of Arrival – дословно «направление прибытия») при использовании интеллектуальных антенн;

- TDD дает возможность регулировать выделяемый каналный ресурс для нисходящих и восходящих линий связи, являясь более эффективной технологией для систем с асимметричным трафиком.

Для обеспечения эффективного использования спектра и заданной помехоустойчивости в системе МАКВИЛ применяется технология адаптивной модуляции: QPSK, 8PSK, QAM16 или QAM64.

Благодаря двум режимам хэндовера обеспечения непрерывности канала связи при перемещении абонента между сотами и между лучами одной смарт-антенны, технология МАКВИЛ позволяет уверенно осуществлять высокоскоростную передачу данных и видео на скорости движения абонента до 300 км/ч.

Система управления уровнем сервиса технологии МАКВИЛ на уровне БС реализует GoS-первоочередное предоставление/высвобождение полосы частот для абонентских терминалов с более высоким приоритетом/гарантированной полосой. Качество обслуживания предполагает дифференциацию в обслуживании трафика на уровне системы управления очередями голосовой информации, высокоприоритетных и низкоприоритетных данных модулем EMS (управления сетевым оборудованием). Система динамически поддерживает требуемый уровень качества QoS.

В МАКВИЛ используются самые современные методы кодирования с использованием кодов Рида-Соломона, турбо-кодов и LDPC (коды с малой плотностью проверок на четность). Конкретный метод кодирования выбирается в зависимости от типа модуляции, состояния канала, потенциала мощности, запаса на замирание и уровня помех и шума (используется в алгоритме QoS), а система защиты от несанкционированного доступа к сети, помимо аутентификации в EMS, проверки на регистрацию в HLR, авторизации на PPPoE сервере, располагает механизмом увязывания адреса IP, адреса MAC и идентификатора абонентского оборудования. [48, 49, 53-58]. Обладая сопоставимой с LTE спектральной эффективностью, МАКВИЛ благодаря TDD предоставляет возможность строить сети в частотных диапазонах, не востребованных в сетях массового обслуживания. Серийно оборудование МАКВИЛ производится для диапазонов частот 337...341 МГц, 417...422 МГц, 1785...1805 МГц, не входящих в планы стратегического развития как 3G (UMTS, CDMA-2000), так и 4G (Wi Max, LTE).

К уникальным свойствам технологии МАКВИЛ также можно отнести:

- применение высокоэффективного эквалайзера, компенсирующего мультидоплеровские искажения;
- специализированный протокол передачи коротких пакетов данных, речевых пакетов и потокового видео с уменьшенной долей затрат на служебную информацию;
- применение техники мультиплексирования абонентских потоков на уровне отдельного ресурсного блока (Sub Channel – подканал), позволяющей более тонко подстраивать ресурс под уровень качества связи в канале и повысить КПД использования ресурса радиоканала.

Линейка абонентских терминалов включает несколько моделей мультимедийных радиостанций, роутеров, модемов в различном исполнении – все необходимое для внедрения стандарта МАКВИЛ на российских предприятиях и организациях.

В настоящее время идет активная работа по полной локализации стандарта в России (программное обеспечение, нумерация, защита передаваемой информации и т.д.). В качестве «Национального стандарта Российской Федерации» в 2018 году уже были утверждены «Технические требования к радиointерфейсу широкополосной системы радиодоступа (ШПР)» [31].

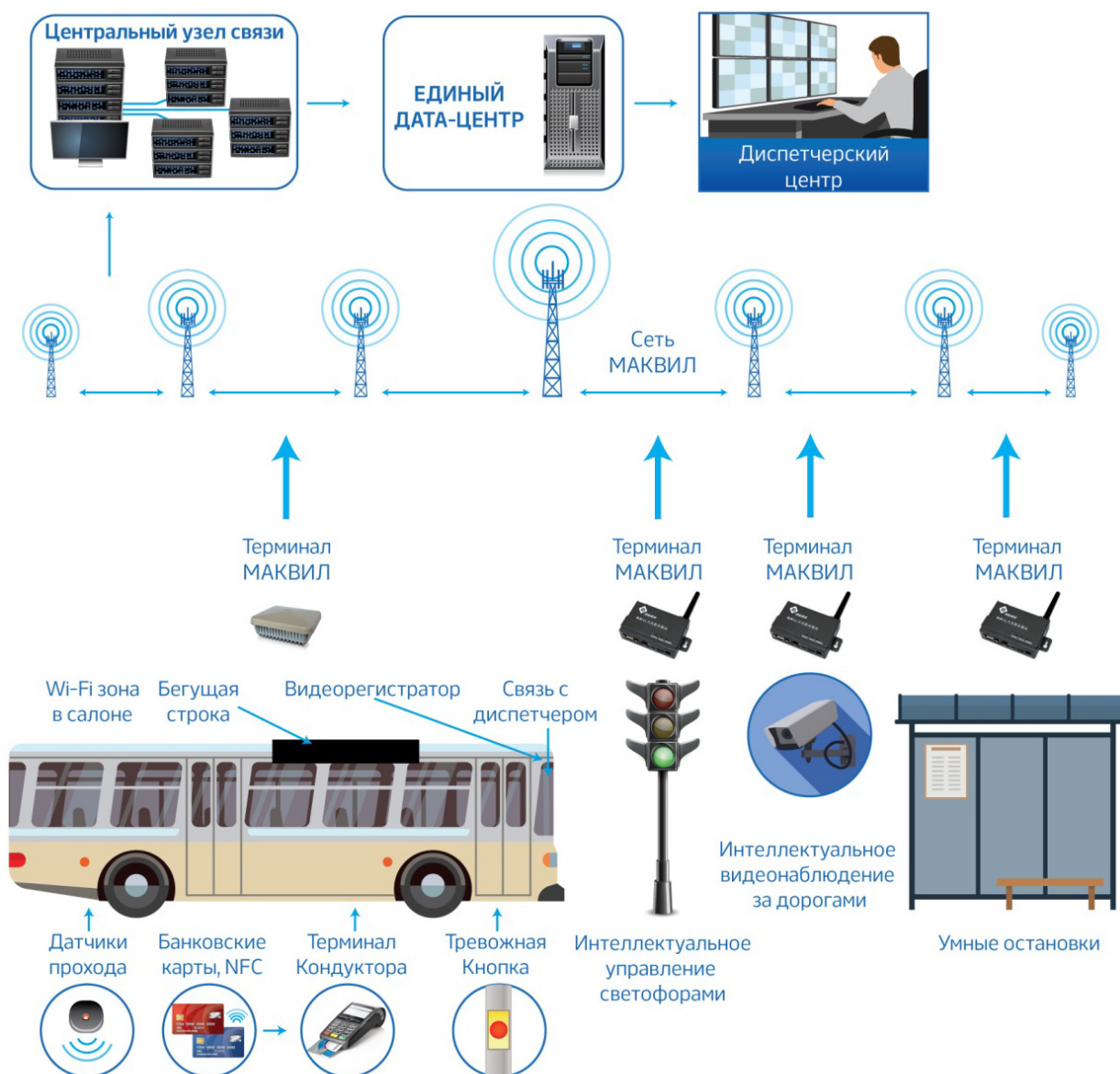
Далее приведем несколько конкретных примеров возможностей использования МАКВИЛ в различных сферах деятельности.

### **3.1. МАКВИЛ на транспорте**

Модемы МАКВИЛ, установленные на средства общественного транспорта, позволяют обеспечить гарантированную передачу в диспетчерскую службу и центр управления общественным транспортом (рис. 3.1):

- данных об онлайн оплате проезда с установленных в салоне аппаратов;
- данных телеметрии с датчиков, установленных на транспортном средстве, позволяющих отслеживать его состояние и местоположение;
- фото- и видеоматериалов с оборудования видеofиксации, установленного в салоне и кабине водителя, а также Wi-Fi доступ пассажиров в сеть интернет.

Благодаря голосовым сервисам водитель постоянно находится на связи с диспетчером, что позволяет оперативно реагировать на внештатные ситуации. Оборудование МАКВИЛ предоставляет защищенные от прослушивания и устойчивые к помехам линии связи для мгновенных сообщений, групповых вызовов и индивидуальных голосовых вызовов.



*Рисунок 3.1. МАКВИЛ на транспорте*

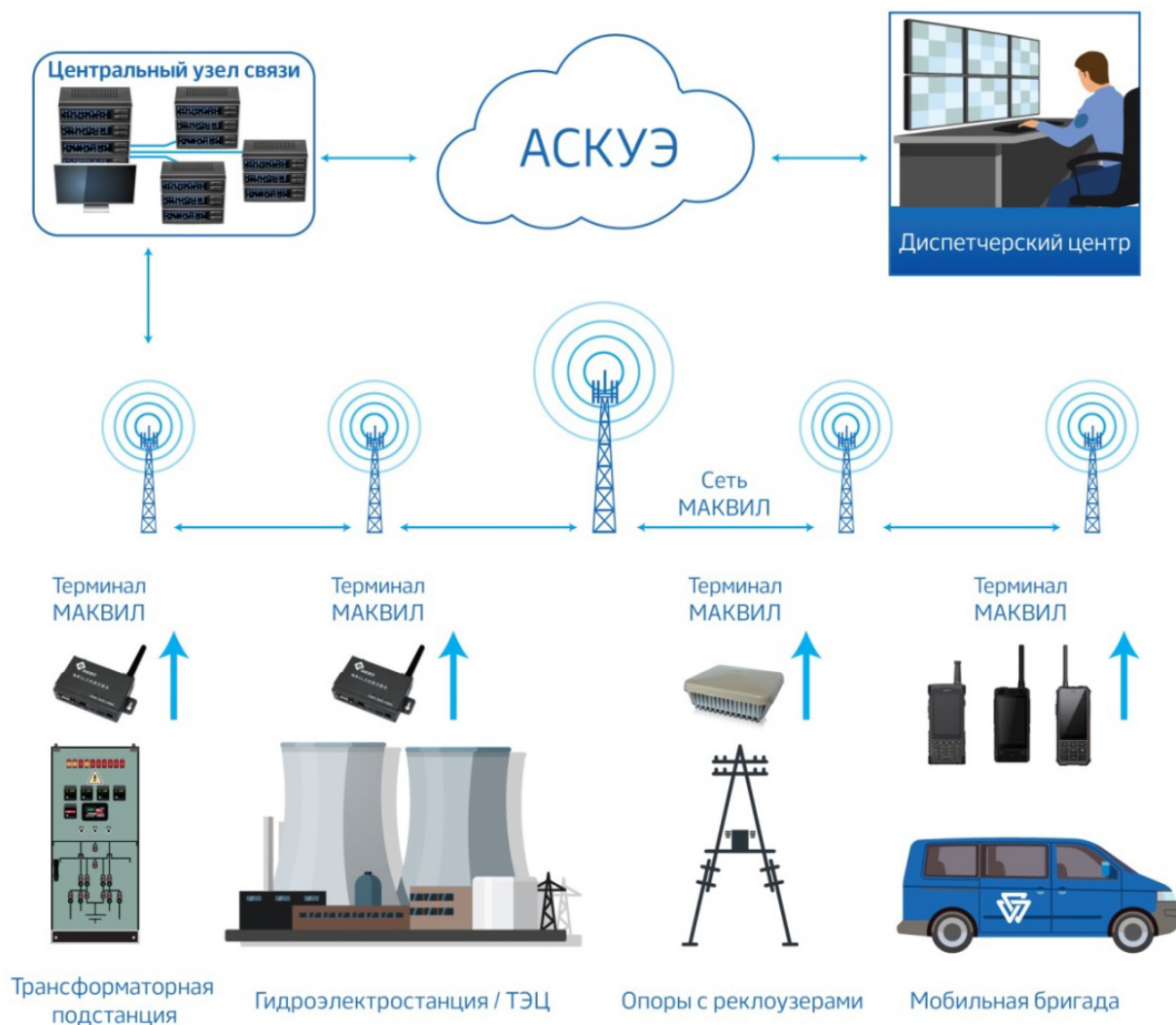
Отличительной особенностью оборудования МАКВИЛ является широкополосная передача данных на скоростях до 200 км/ч, что позволяет использовать его на любых объектах транспортной инфраструктуры.

### 3.2. МАКВИЛ в энергетике и нефтегазовом секторе

Модемы МАКВИЛ в реальном времени обеспечивают гарантированный сбор показаний датчиков, сенсоров (установленных в том числе в местах добычи, переработки, хранения и транспортировки сырья), а также отправку управляющих команд на исполнительные устройства при возникновении внештатных ситуаций, поддерживают удаленный доступ к системам фото- и видеофиксации (рис. 3.2, 3.3).



Радиостанции МАКВИЛ поддерживают обмен текстовыми сообщениями, фото- и видео материалами, предоставляют защищенные от прослушивания и устойчивые к помехам линии связи для групповых вызовов и индивидуальных голосовых вызовов позволяют оперативно координировать действия персонала, мобильных бригад, а также, осуществлять обмен фото- и видеоматериалами.



*Рисунок 3.2. МАКВИЛ в энергетике*

Диспетчерская служба МАКВИЛ позволяет гибко управлять конфигурацией групп сотрудников, оперативно координировать действия рабочих бригад, определять местоположение сотрудников на карте, вести запись переговоров, прослушивать окружение, без задержек доносить до персонала важную информацию в виде голосовых или текстовых сообщений. Дополнительные преимущества дает возможность оперативной организации диспетчером видеоконференций и обмена файлами.

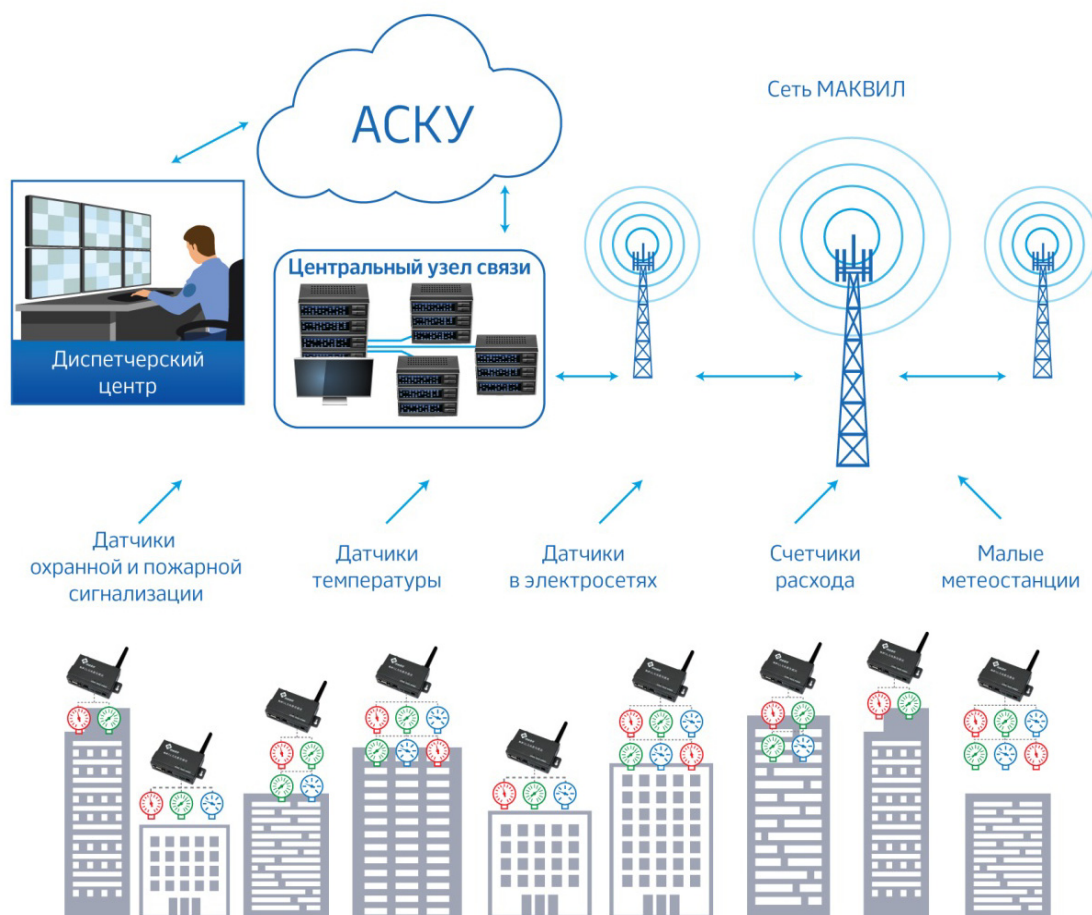


*Рисунок 3.3. МАКВИЛ в нефтегазовом секторе*

### 3.3. МАКВИЛ в ЖКХ

Широкая линейка оборудования МАКВИЛ позволяет реализовать комплексную систему сбора и передачи данных со счетчиков воды, тепла, газа, электричества, датчиков охранно-пожарной сигнализации, освещения и других элементов автоматизации управления ЖКХ (рис. 3.4).

Сеть МАКВИЛ обеспечивает высокую надежность, скорость передачи данных и управляющих команд, необходимые для реализации удаленного управления узловыми элементами распределительных сетей.



*Рисунок 3.4. МАКВИЛ в ЖКХ*

Радиостанции МАКВИЛ предоставляют мобильным сотрудникам устойчивые к помехам линии связи для мгновенных групповых (нажатием тангенты) и индивидуальных (набором номера) голосовых вызовов, позволяют обмениваться текстовыми сообщениями, фото и видео данными.

Диспетчерская служба МАКВИЛ позволяет централизованно координировать работу мобильных бригад. В арсенале диспетчера широкий набор возможностей по формированию закрытых групп пользователей, управлению вызовами и отслеживанию местоположения сотрудников на карте.

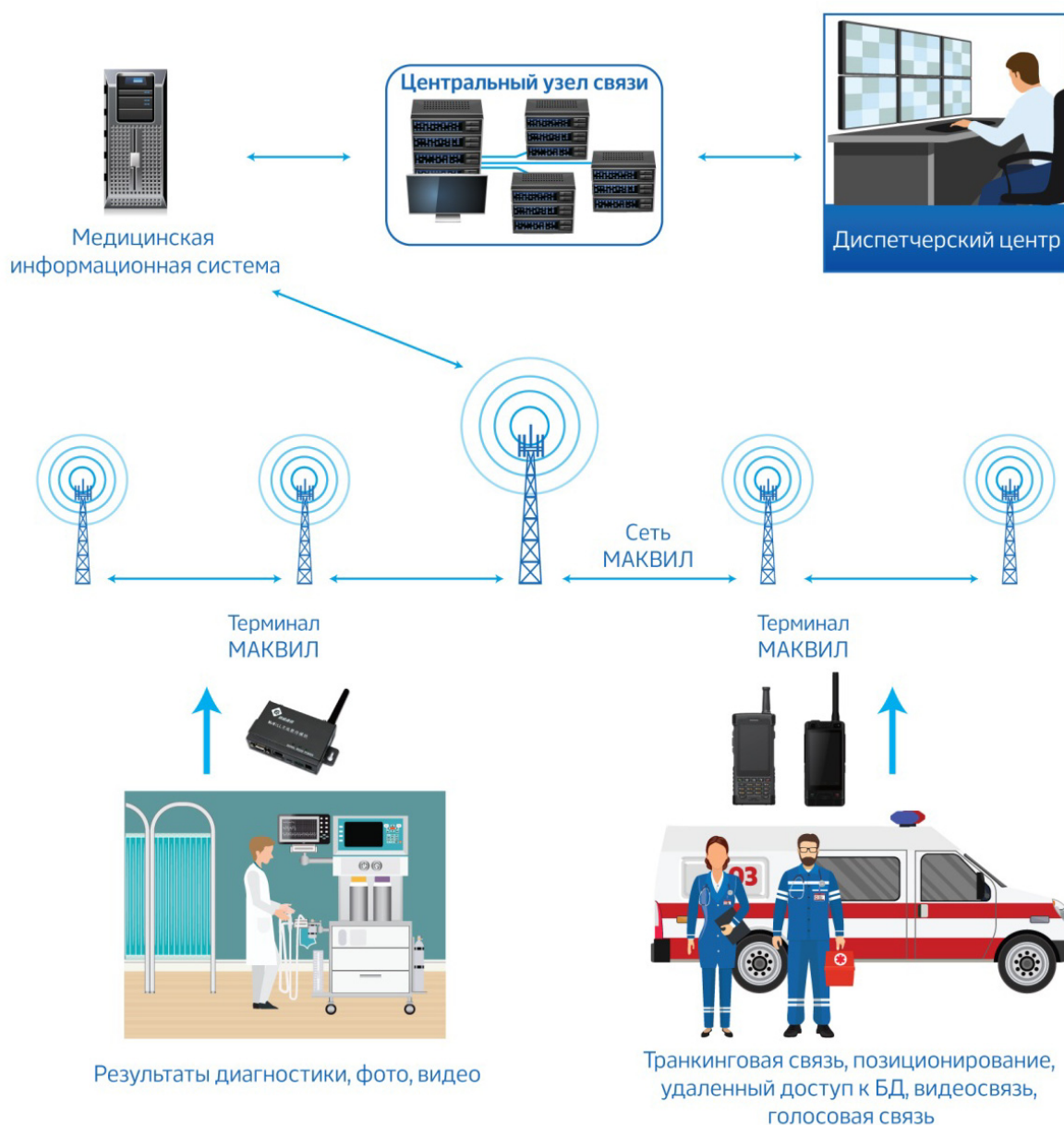
### **3.4. МАКВИЛ в телемедицине**

Модемы МАКВИЛ позволяют осуществлять надежную передачу данных на системы датчиков жизнеобеспечения пациентов (датчик давления, пульса, дистанционная кнопка вызова врача) в центр дистанционного мониторинга здоровья.

Сотрудники мобильных бригад, благодаря радиостанциям МАКВИЛ, постоянно находятся на связи с диспетчерским центром и другими бригадами, а

также имеют возможность позвонить с радиостанции на городские и мобильные телефоны. Поддерживаемая радиостанциями и модемами МАКВИЛ высокоскоростная передача данных обеспечивает постоянный доступ врачей к удаленным системам регистрации и учета, базам знаний.

Диспетчерская служба МАКВИЛ позволяет гибко управлять групповыми и индивидуальными голосовыми вызовами, определять местоположение бригад на карте, вести запись переговоров, прослушивать окружение, без задержек доносить до всех пользователей важную информацию в виде голосовых или текстовых сообщений. Дополнительные преимущества дает возможность оперативной организации диспетчером видеоконференций и обмена файлами (рис. 3.5).



*Рисунок 3.5. МАКВИЛ в телемедицине*

### 3.5. МАКВИЛ в банковском деле

Модемы МАКВИЛ, установленные на банкоматы и терминалы оплаты, обеспечивают стабильный канал связи с процессинговым центром, а также гарантированную передачу данных с оборудования фото- и видеофиксации. Оборудование МАКВИЛ, установленное на инкассаторские автомобили, позволяет реализовать голосовую связь с диспетчером и другими автомобилями, передачу телеметрических данных о состоянии и местоположении автомобиля, передачу данных с камер видеонаблюдения (рис. 3.6).

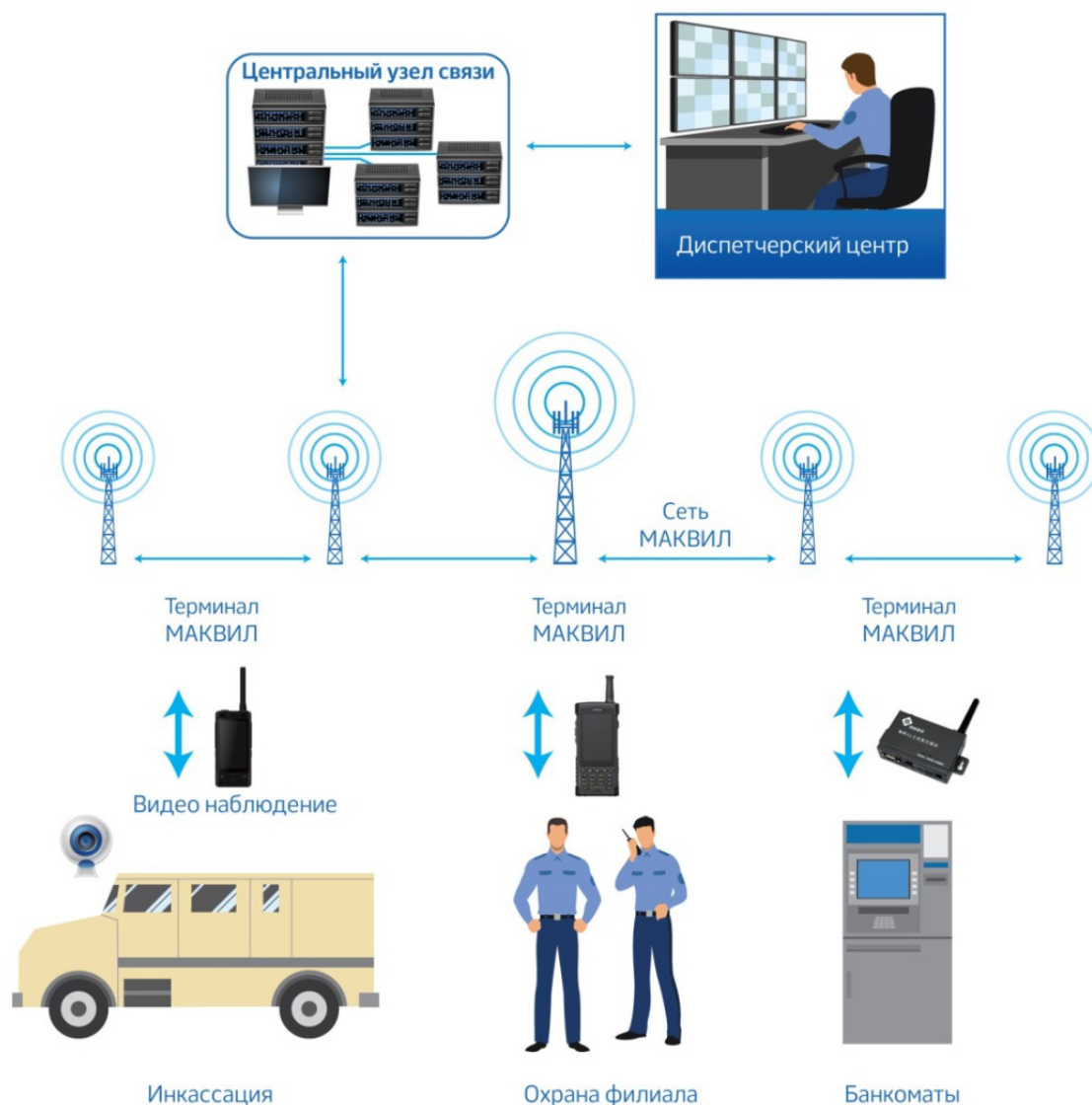


Рисунок 3.6. МАКВИЛ в банковском деле

Радиостанции МАКВИЛ предоставляют инкассаторам защищенные от прослушивания и устойчивые к помехам линии связи для мгновенных групповых (нажатием тангенты) и индивидуальных (набором номера) голосовых

вызовов, осуществлять обмен фото и видеоматериалами в режиме реального времени. Помимо вызовов по сети МАКВИЛ им также доступны звонки на городские и мобильные телефоны.

Диспетчерская служба МАКВИЛ позволяет гибко управлять связью с экипажами, контролировать каждого из сотрудников (определять его местоположение на карте, вести запись переговоров, прослушивать окружение), без задержек доносить до всех важную информацию в виде голосовых или текстовых сообщений, организовывать видеоконференции и обмен файлами.

### 3.6. МАКВИЛ для спецслужб

С помощью оборудования МАКВИЛ реализуется сбор и передача телеметрических, фото- и видеоданных в режиме реального времени с мест происшествий и чрезвычайных ситуаций (рис. 3.7).

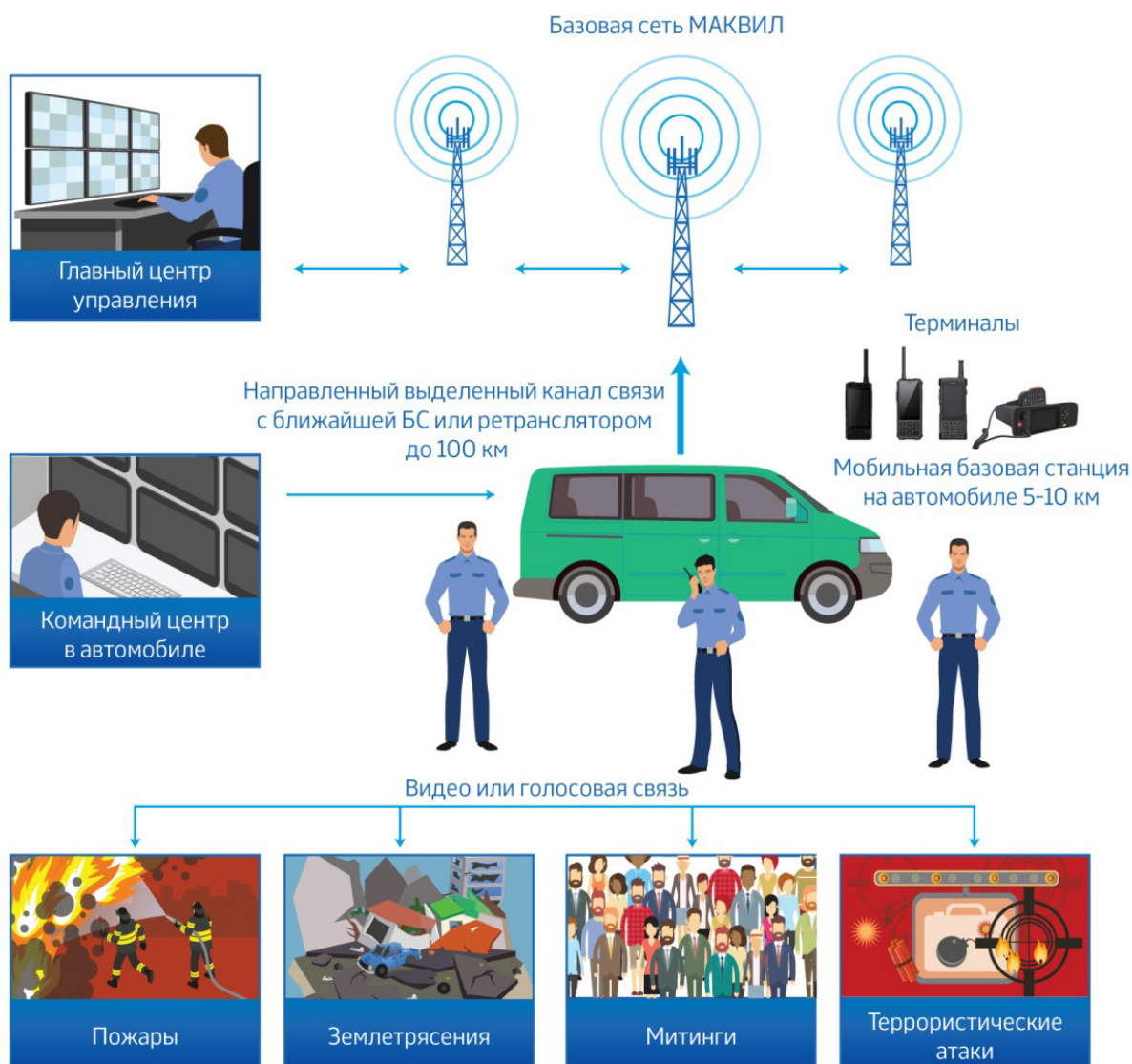


Рисунок 3.7. МАКВИЛ для спецслужб

Благодаря радиостанциям МАКВИЛ сотрудники спецслужб постоянно находятся на связи с членами своей группы и диспетчерским центром: могут совершать защищенные от прослушивания и устойчивые к помехам групповые и индивидуальные голосовые вызовы, звонить на мобильные и городские телефоны, использовать высокоскоростную передачу данных для обмена фото- и видеоматериалами.

Диспетчерская служба МАКВИЛ позволяет гибко управлять группами пользователей и контролировать каждого из пользователей (отслеживать его местоположение на карте, вести запись переговоров, прослушивать окружение), без задержек доносить срочную оперативную информацию в виде голосовых или текстовых сообщений, организовывать видеоконференции и обмен файлами.

По запросу возможна организация быстро развёртываемого мобильного комплекса связи МАКВИЛ, обеспечивающего весь спектр сервисов системы (голосовая транкинговая связь, позиционирование, диспетчеризация передачи данных, фото, видео, организация видеоконференций) для мобильных подразделений, работающих в удаленных районах.

## ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ РАДИОИНТЕРФЕЙСА СТАНДАРТА МАКВИЛ

Стандарт МАКВИЛ использует CS-OFDMA (ортогональный многостанционный доступ с частотным разделением каналов и переменным коэффициентом расширения), адаптивную модуляцию, динамическое предоставление каналов, мягкий хендовер, SDMA (многостанционный доступ с пространственным разделением каналов) и MIMO (использование нескольких приемопередатчиков для связи одного и того же абонента). Система обеспечивает предоставление как услуг передачи данных, так и голосовых услуг пользователям фиксированной и мобильной связи.

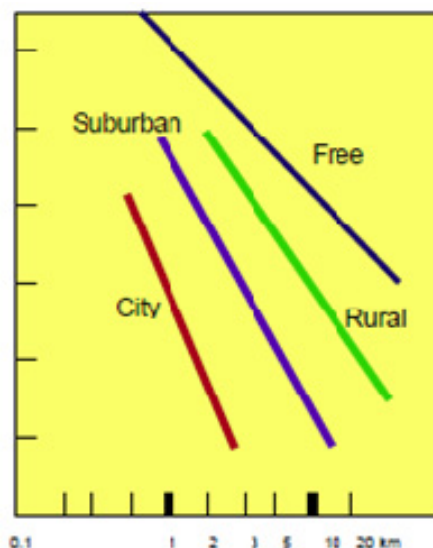
Благодаря использованию указанных выше передовых технологий МАКВИЛ обеспечивает большое покрытие, высокую эффективность использования спектра (до 15 Мбит/с в полосе 5 МГц), эффективное сочетание высокоскоростных и низкоскоростных служб, использование недорогих терминалов, поддержку применений для высокоподвижных объектов и развертывание N=1. Кроме того система МАКВИЛ может легко сопрягаться с сетями следующего поколения (NGN) и предоставлять разнообразные современные услуги и службы. Кроме того система МАКВИЛ обеспечивает требуемое качество обслуживания при различных типах трафика и уровень обслуживания для пользователей различного типа.

В сравнении с популярной системой WiMAX система МАКВИЛ имеет существенно большее покрытие, более дешевые терминалы, лучшие возможности преодоления замирания вследствие многолучевого распространения и является более эффективной и надежной при обеспечении узкополосного трафика типа голосового. И, что самое важное, система WiMAX сталкивается с трудностями при обеспечении развертывания N=1X1 (повторного использования частот с коэффициентом 1) и требует как минимум три полосы для формирования надежной сети. А система МАКВИЛ рассчитана на работу в таких сложных условиях (N=1X1) благодаря заложенному в ней превосходному подавлению помех, специально спроектированной структуре цикла и режимов динамического назначения каналов.

### 4.1. Затухание тракта и энергетический потенциал линии связи

На рисунке 4.1 показано затухание тракта в различных типах сетей согласно модели Hata. Из рисунка видно, что затухание тракта быстро нарастает с ростом расстояния, особенно в условиях плотной городской застройки. Кроме того, чтобы обслужить абонентов внутри зданий мы должны добавить еще 15-25 дБ на затухание при прохождении в здание.





*Рисунок 4.1. Затухание тракта в различных типах сетей вне помещений*

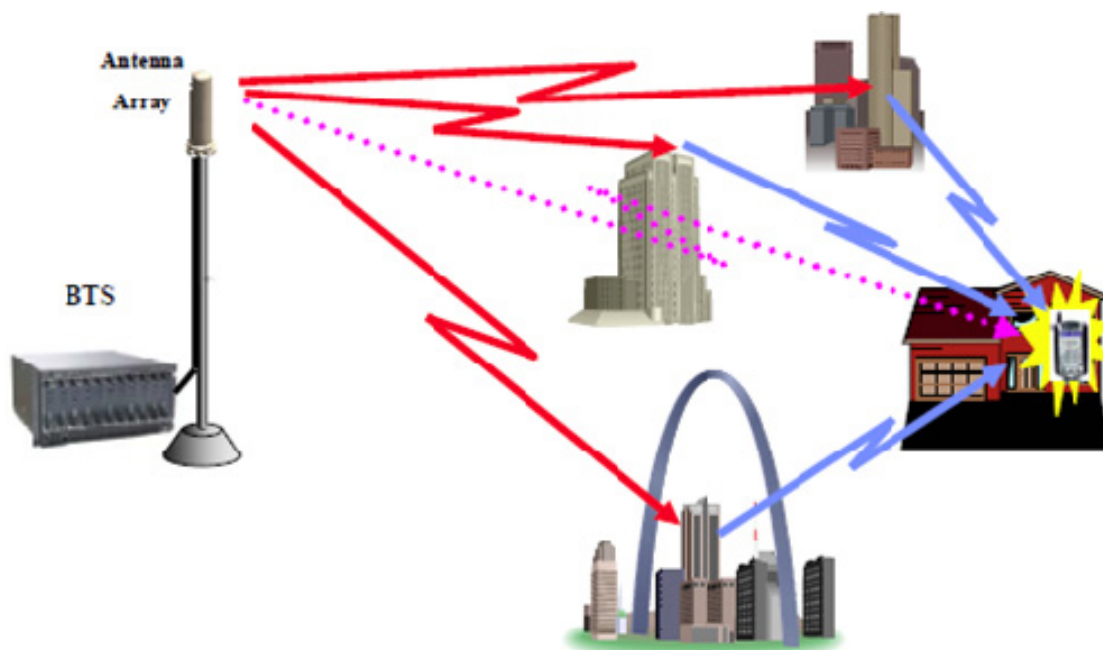
Для обычной сотовой телефонной связи полезная скорость передачи составляет всего лишь 8 кбит/с, а в системах широкополосного доступа требуется максимальная скорость на нисходящей линии, составляющая как минимум 512 кбит/с, т.е. в 64 раза больше. Это означает, что для поддержки широкополосных служб скорость передачи должна быть увеличена, как минимум, в 64 раза (а энергетический потенциал линии связи – на 18 дБ) по сравнению с узкополосными голосовыми системами второго поколения (2G).

Обычно базовые станции CDMA или GSM имеют мощность на выходе от 20 до 30 Вт. При увеличении в 64 раза (для передачи широкополосных данных) усилитель мощности становится дорогим и сложным по конструкции, что, конечно, неприемлемо. Кроме этого, существенное увеличение мощности мобильных терминалов в принципе не возможно.

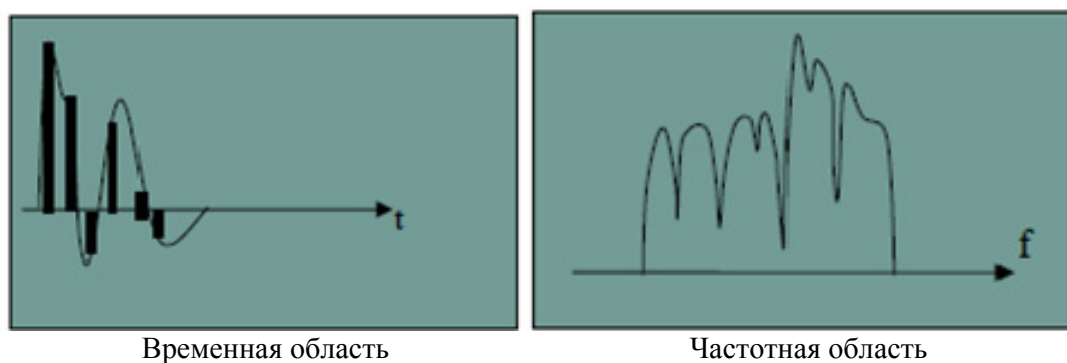
#### **4.2. Каналы с многолучевым распространением**

Канал связи между базовой станцией и терминалом имеет большое число составляющих многолучевого распространения, особенно в зонах плотной городской застройки (рис. 4.2).

Каждый компонент многолучевого распространения имеет свою задержку и свое затухание сигнала, а комбинация таких компонентов образует канал многолучевого распространения во временной области (рис. 4.3). Если многолучевое распространение отсутствует, канал будет иметь плоскую частотную характеристику. При наличии многолучевого распространения, как правило, возникает флуктуирующая частотная характеристика, как показано на рисунке 4.3.



*Рисунок 4.2. Типичные сценарии многолучевого распространения*



*Рисунок 4.3. Искажение сигнала из-за многолучевости во временной и частотной областях*

Неудивительно, что на некоторых частотах имеют место нулевые значения, а это может создавать проблемы при методе OFDMA, где дискретные частотные сигналы используются для передачи цифровых символов.

Поскольку характеристики каналов с многолучевым распространением могут меняться при изменении относительного положения терминала и базовой станции, скоростное перемещение терминала может послужить причиной существенных изменений канала с многолучевым распространением и привести к появлению режима, так называемого, быстрого замирания, отрицательно сказывающегося на устойчивости и пропускной способности системы.

### 4.3. Помехи между сотами

Поскольку спектр является ограниченным национальным ресурсом и службы передачи данных потребляют существенно больше спектра, чем голосовые услуги (как минимум в 64 раза, как указывалось выше), развертывание сети N=1, то есть сети, работающей в одном частотном диапазоне, является крайне важным для реализации беспроводного широкополосного доступа. Если все базовые станции работают в одном частотном диапазоне, возникает серьезная помеха между сотами как на восходящей, так и на нисходящей линии.

Как показано на рисунке 4.4, имеются две базовые станции с всенаправленными антеннами, помеченные зелеными и красными звездочками, соответственно. Пусть имеются два терминала (красный и зеленый), находящиеся на границах зоны покрытия обеих базовых станций. Красный терминал подключается к красной базовой станции, а зеленый к зеленой. Красная базовая станция будет принимать сигнал не только от красного терминала, но также и соканальную помеху со сравнимым уровнем сигнала от зеленого терминала.

Подобным образом, на нисходящей линии красный терминал будет принимать сигнал от красной базовой станции и соканальную помеху от зеленой базовой станции.

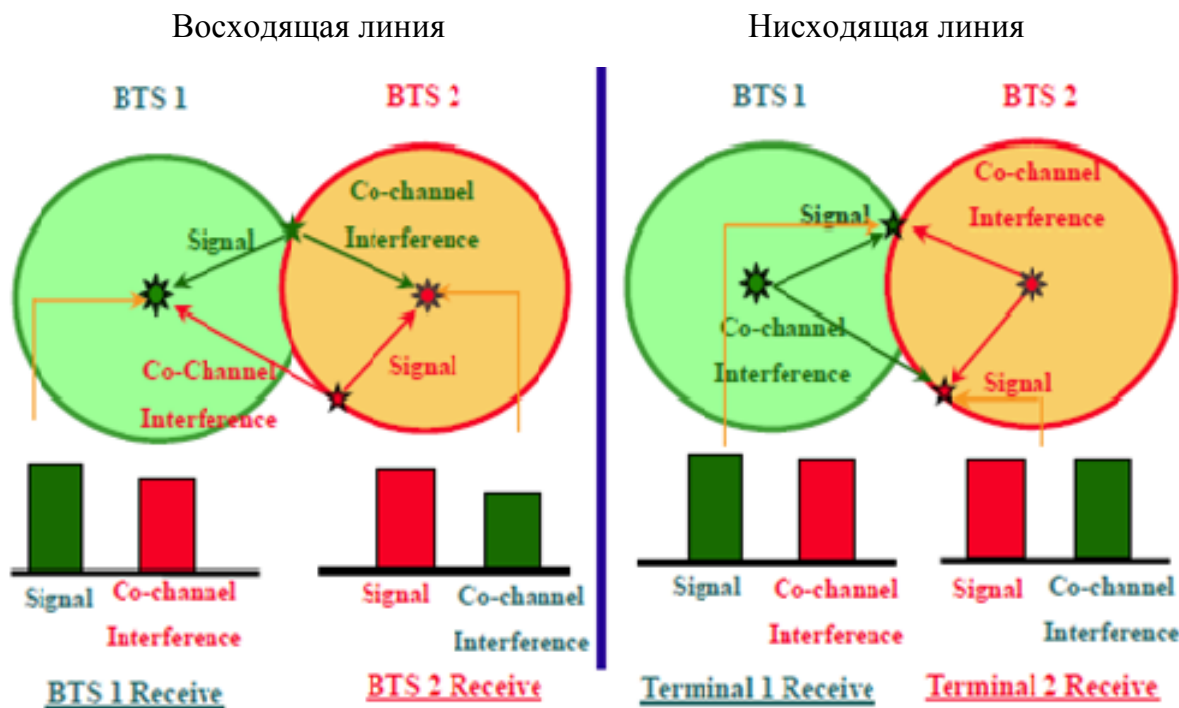


Рисунок 4.4. Иллюстрация помехи между сотами

В системе стандарта CDMA для борьбы с помехами между сотами применяется переменный коэффициент расширения и мягкий хендовер.

Однако режим развертывания  $N=1$ , как показано на рисунке 4.5, достигнут за счет ограничения полосы частот или пропускной способности. Типичные системы OFDMA не имеют защиты в виде переменного коэффициента расширения, поскольку все близлежащие соты используют точные шаги сетки частот. Поэтому система OFDMA может развертываться только при  $N=3$ , что означает трехкратную потерю в эффективности использования спектра, а это с течением времени становится все более важным фактором.

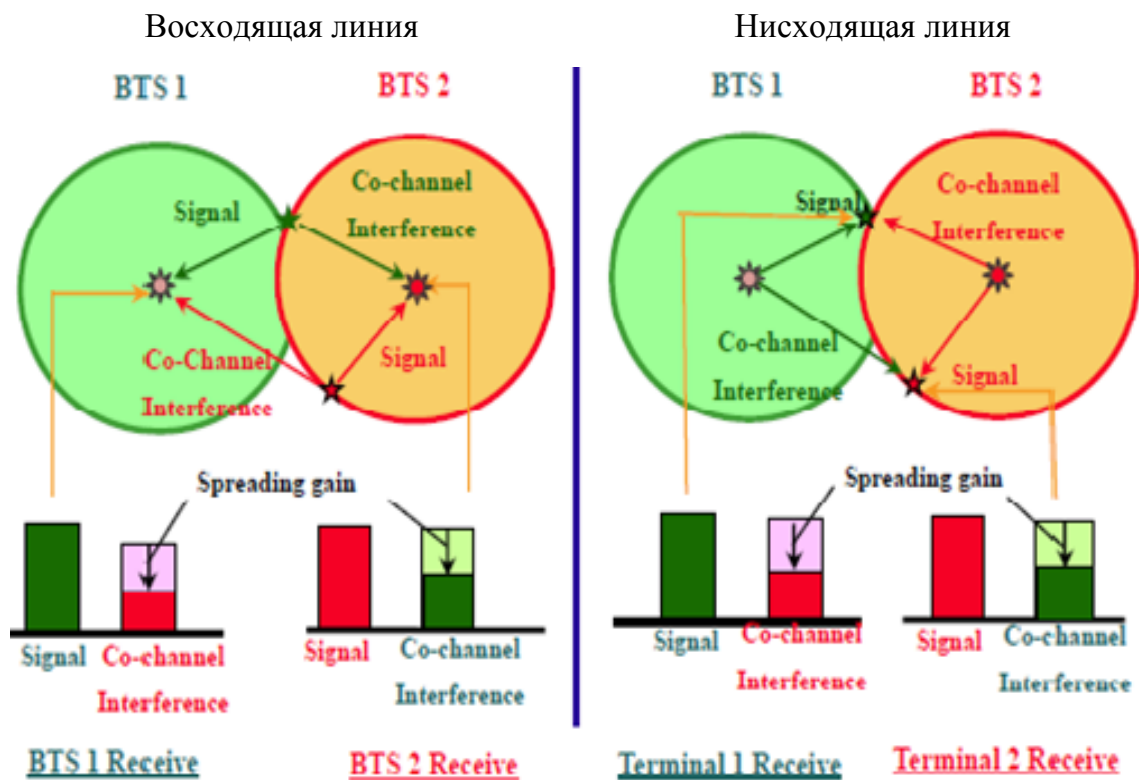


Рисунок 4.5. Иллюстрация помехи между сотами в системе CDMA

#### 4.4. Сочетание узкополосных и широкополосных служб

Никакой оператор связи не захочет иметь две сети: одну для узкополосных применений типа голосовой связи и SMS и одну для передачи широкополосных данных типа видео, передачи файлов, электронной почты ит.п. Точно также ни один конечный пользователь не захочет иметь два терминала: один для голосовой связи и другой для широкополосных применений. Тем не менее, системы сотовой связи, основанные на стандартах 2G и 3G CDMA, разрабатывались в первую очередь для узкополосных применений типа голосовой связи и SMS.

В связи с существенной межкодовой помехой между различными широкополосными кодовыми каналами пропускная способность системы оказывается сильно ограниченной.

Системы OFDMA, такие как WiMAX и LTE, проектируются в первую очередь для широкополосных применений. Хотя, в отличие от CDMA, системы OFDMA не имеют межкодовой помехи, они сталкиваются с серьезными проблемами замирания сигналов из-за нулевых значений некоторых частот.

В случае широкополосных применений будет использоваться большое число частотных сигналов, и проблема нулевых значений может быть устранена путем использования мощного кода. Когда число частотных сигналов для узкополосных применений уменьшается, мощное кодирование не может обеспечить необходимую защиту от замирания и система OFDMA сталкивается с серьезной проблемой эффективности обслуживания узкополосного трафика. Разработка системы беспроводного доступа, обеспечивающей высокоэффективное обслуживание узкополосных и широкополосных применений, остается сложной технической задачей.

#### 4.5. Подавление помех и развертывание в случае N=1

С помощью технологии смарт-антенн (умных антенн) можно добиться не только существенного расширения покрытия, но и значительно подавить помехи. Как показано на рисунке 4.6, для случая пространственного формирования луча мы можем не только сформировать луч в направлении терминала, но и создать нулевое значение в направлении помехи с тем, чтобы получить максимально отношение сигнал/помеха и сигнал/шум.

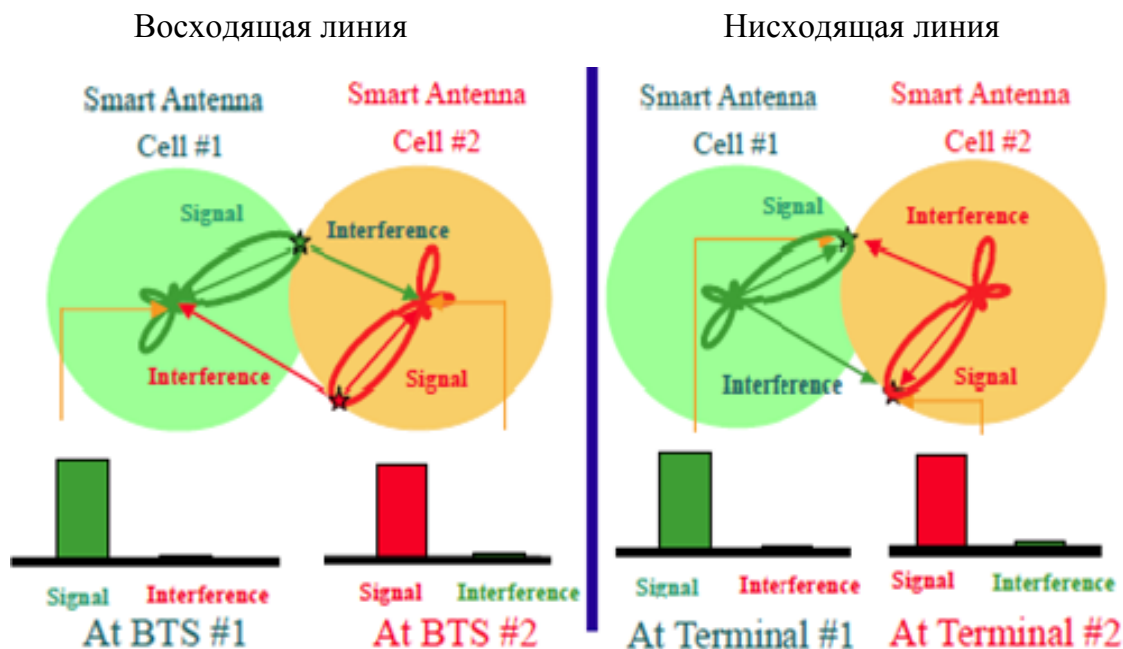


Рисунок 4.6. Подавление помехи от соседних сот с помощью смарт-антенн

Такая методика подавления помех эффективна не только в отношении внешних помех, но и в отношении помех от соседних базовых станций, ис-

пользующих ту же самую несущую частоту. Поскольку МАКВИЛ использует метод TDD (временного мультиплексирования каналов), достижение нулевых значений может осуществляться как для восходящей, так и для нисходящей линии, что позволяет минимизировать соканальную помеху от соседних базовых станций, давая возможность развертывания сети N=1 (или повторно-го использования частот с коэффициентом 1).

На рисунке 4.7 проиллюстрировано развертывание сот в режимах N=1, 2, 3.

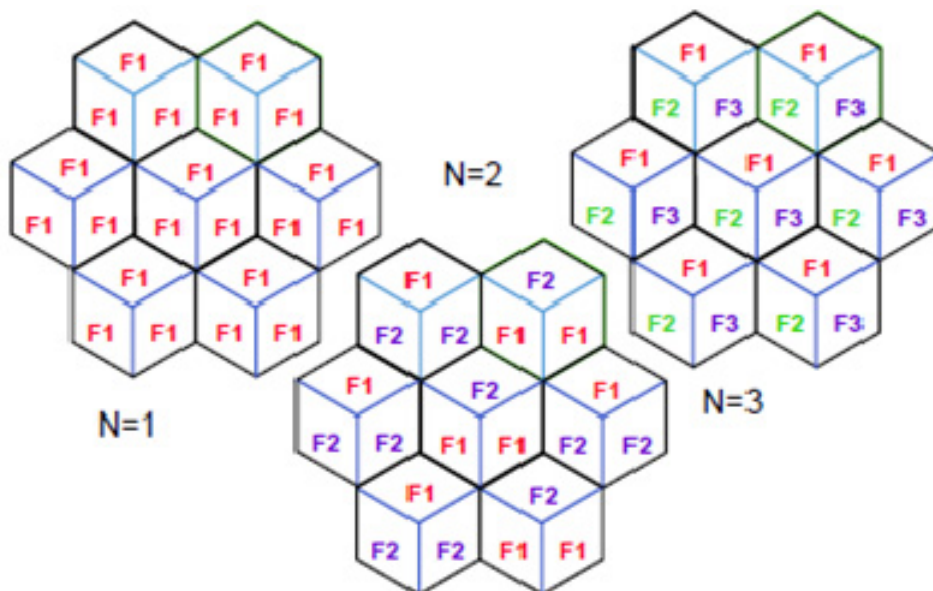
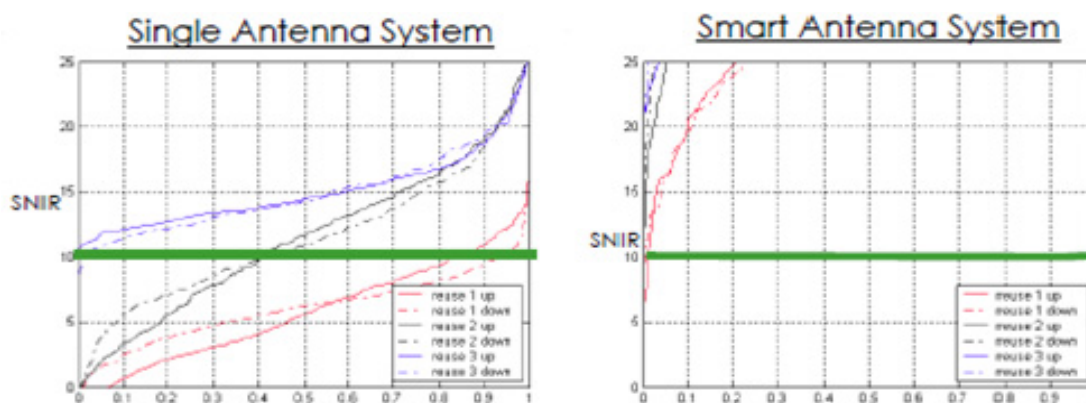


Рисунок 4.7. Иллюстрация развертывания сот в режимах N=1, 2, 3

Было проведено обширное компьютерное моделирование, результаты которого представлены на рисунке 4.8.



Вероятность того, что SNIR недостаточно для передачи QPSK N=1: <95%; N=2: <43%; N=3: <2%	Вероятность того, что SNIR недостаточно для передачи QPSK N=1: <1%; N=2: 0%; N=3: 0%
---	---

Рисунок 4.8. Результаты моделирования для режимов развертывания N=1, 2, 3

Результаты моделирования показывают, что в традиционной системе с одной антенной 95% терминалов имеют отношение сигнала к помехе и шуму

(SINR) ниже порога 10 дБ для случая модуляции QPSK, а при использовании системы смарт-антенн только 1% терминалов имеет SNIR менее 10 дБ и более 90% имеют SNIR в 20 дБ и более, что делает их применимыми для модуляции QAM16.

## 4.6. Описание преобразования потока данных на физическом уровне

### 4.6.1. Общая схема преобразования данных

Физический уровень системы широкополосного беспроводного доступа ШПР включает преобразование сигналов при передаче и приеме потока данных, как показано на рисунках 4.9 и 4.10.

Примечание: пунктиром показаны блоки, функции которых являются опциональными (т.е. необязательными).

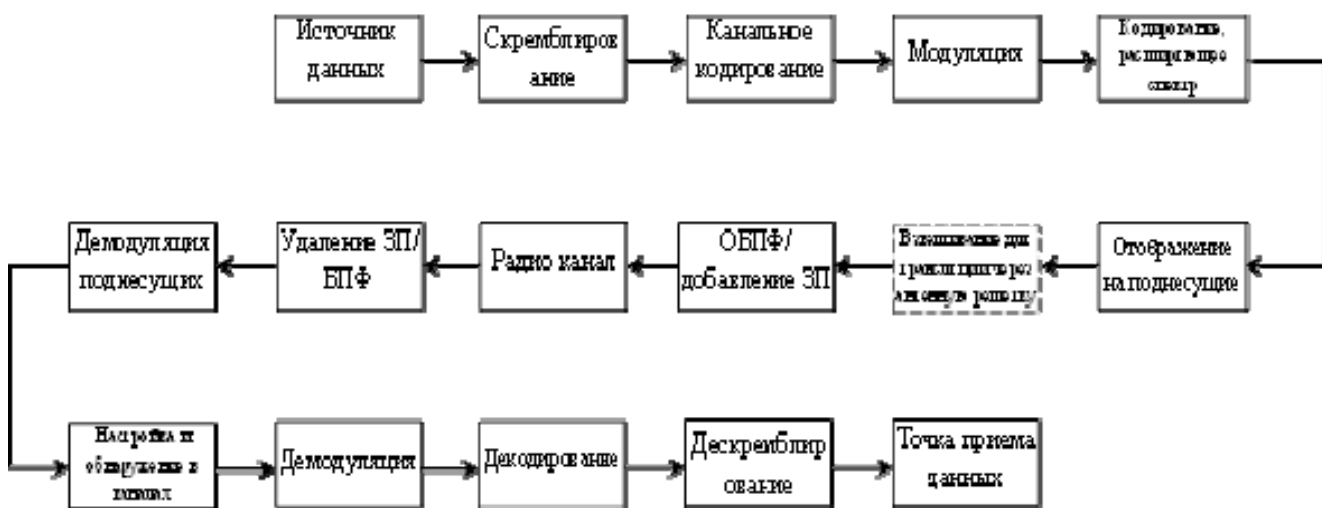


Рисунок 4.9. Преобразование потока данных в радиолинии DL

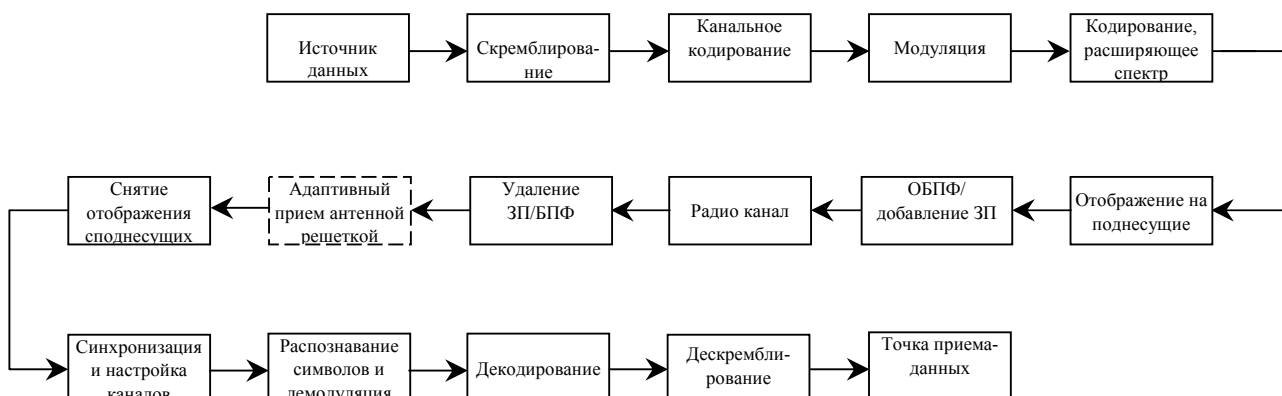
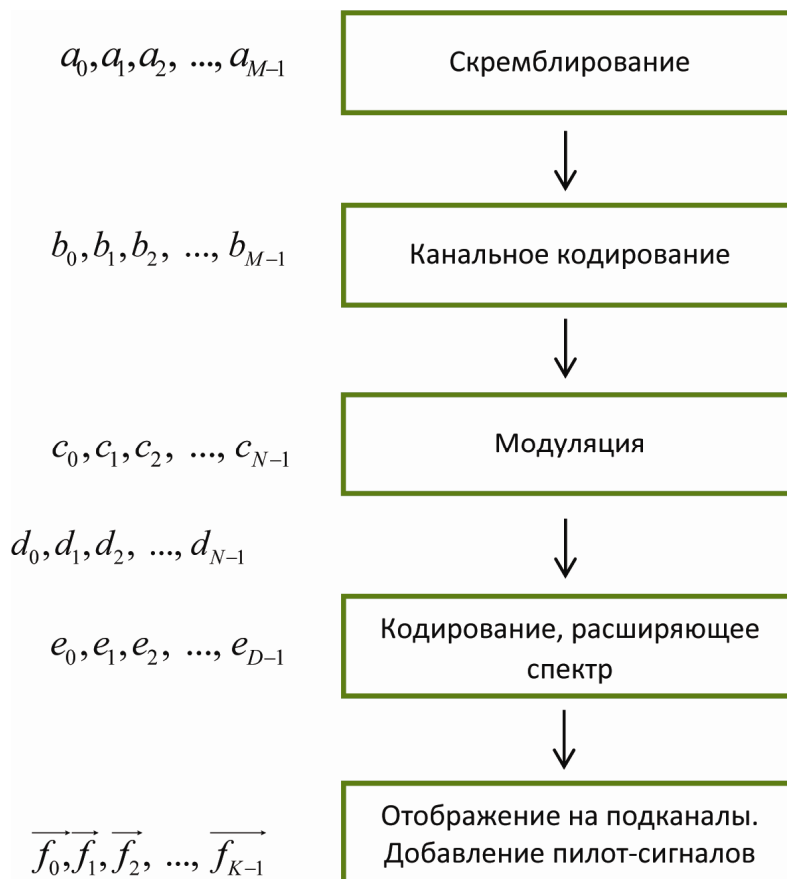


Рисунок 4.10. Преобразование потока данных в радиолинии UL

Диаграмма преобразования потока информации на физическом уровне показана на рисунке 4.11.



**Рисунок 4.11.** Диаграмма преобразования потока информации на физическом уровне

На рисунке 4.11 использованы следующие обозначения:

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_{M-1}$  – битовый поток с подуровня MAC;

$b_0, b_1, b_2, \dots, b_{M-1}$  – битовый поток после скремблирования;

$c_0, c_1, c_2, \dots, c_{N-1}$  – битовый поток после канального кодирования;

$d_0, d_1, d_2, \dots, d_{N-1}$  – битовый поток, преобразованный для обработки в модуляторе;

$e_0, e_1, e_2, \dots, e_{D-1}$  – поток символов после модуляции;

$\vec{f}_0, \vec{f}_1, \vec{f}_2, \dots, \vec{f}_{K-1}$  – векторная последовательность после кодирования,

расширяющего спектр. Каждый элемент последовательности  $\vec{f}_i$ ,  $i = (0, 1, \dots, K-1)$  представляет собой вектор размерности  $L_{actual}$ , где  $L_{actual}$  – актуальный коэффициент нагрузки.



#### 4.6.2. Спецификации используемых последовательностей

В стандарте МАКВИЛ используются шесть типов последовательностей: последовательность скремблирования, последовательность преамбулы, последовательность, расширяющая спектр (Spreading), маск-последовательность (mask), последовательность коррекции задержки распространения (ranging) и последовательность пилот-сигнала. Последовательность скремблирования и последовательность, расширяющая спектр, не связаны с идентификационным номером ID базовой станции, в то время как другие последовательности предопределяются ID номером базовой станции.

##### *Последовательность скремблирования:*

В стандарте МАКВИЛ используется только один вид последовательности скремблирования, состоящей из 1536 битов, каждый из которых равен 0 или 1. Конкретный вид указанной последовательности скремблирования приведен в стандарте [31]. Алгоритм скремблирования заключается в сложении по модулю 2  $i$ -го элемента информационного битового потока с  $i$ -ым элементом последовательности скремблирования ( $i=0, \dots, M-1$ , где  $M$  длина битовой последовательности подуровня MAC). Также осуществляется и дескремблирование.

##### *Последовательности преамбулы:*

Последовательности преамбулы используются только в радиолиниях связи «вниз». Всего существует 16 различных последовательностей преамбулы по числу различных значений номеров ID базовых станций. Каждая последовательность состоит из 64 бит. Конкретный вид указанных последовательностей преамбулы приведен в стандарте [31].

##### *Последовательности, расширяющие спектр (Spreading sequence):*

Пусть  $\mathbf{H}$  – матрица расширения спектра, имеющая размер  $N_s \times N_s$ . В системе существует три типа матриц расширения спектра, каждому из которых соответствует различное значение параметра  $N_s$ :

1. В случаях, когда  $N_s=8$ , в качестве  $\mathbf{H}$  используется матрица Адамара (Hadamara) размера  $8 \times 8$ , которая применяется при передаче по каналам радиолиний «вниз» и радиолиний «вверх». Матрица имеет вид (4.1):

$$\mathbf{H} = \frac{1}{\sqrt{8}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

2. В случаях, когда  $N_s = 7$ , в качестве  $\mathbf{H}$  используется матрица Адамара (Hadamara) размера  $7 \times 7$ , которая применяется при передаче по каналам радиолиний «вниз» и радиолиний «вверх». Матрица имеет вид (4.2) :

$$\mathbf{H} = \frac{1}{\sqrt{7}} \begin{bmatrix} -0.1781 + 0.9840j & -0.2665 - 0.9638j & 0.9990 - 0.0453j & 0.6583 + 0.7528j \\ -0.2665 - 0.9638j & -0.1781 + 0.9840j & -0.2665 - 0.9638j & 0.9990 - 0.0453j \\ 0.9990 - 0.0453j & -0.2665 - 0.9638j & -0.1781 + 0.9840j & -0.2665 - 0.9638j \\ 0.6583 + 0.7528j & 0.9990 - 0.0453j & -0.2665 - 0.9638j & -0.1781 + 0.9840j \\ 0.6583 + 0.7528j & 0.6583 + 0.7528j & 0.9990 - 0.0453j & -0.2665 - 0.9638j \\ 0.9990 - 0.0453j & 0.6583 + 0.7528j & 0.6583 + 0.7528j & 0.9990 - 0.0453j \\ -0.2665 - 0.9638j & 0.9990 - 0.0453j & 0.6583 + 0.7528j & 0.6583 + 0.7528j \\ 0.6583 + 0.7528j & 0.9990 - 0.0453j & -0.2665 - 0.9638j \\ 0.6583 + 0.7528j & 0.6583 + 0.7528j & 0.9990 - 0.0453j \\ 0.9990 - 0.0453j & 0.6583 + 0.7528j & 0.6583 + 0.7528j \\ -0.2665 - 0.9638j & 0.9990 - 0.0453j & 0.6583 + 0.7528j \\ -0.1781 + 0.9840j & -0.2665 - 0.9638j & 0.9990 - 0.0453j \\ -0.2665 - 0.9638j & -0.1781 + 0.9840j & -0.2665 - 0.9638j \\ 0.9990 - 0.0453j & -0.2665 - 0.9638j & -0.1781 + 0.9840j \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

3. В случаях, когда  $N_s = 6$ , в качестве  $\mathbf{H}$  используется матрица Адамара (Hadamara) размера  $6 \times 6$ , которая применяется при передаче по каналам радиолиний «вниз» и радиолиний «вверх». Матрица имеет вид (4.3):

$$\mathbf{H} = \frac{1}{\sqrt{6}} \begin{bmatrix}
-0.8816 + 0.4720j & 0.4720 + 0.8816j & 0.0320 - 0.9995j \\
-0.9995 - 0.0320j & -0.8816 + 0.4720j & 0.4720 + 0.8816j \\
-0.8816 + 0.4720j & -0.9995 - 0.0320j & -0.8816 + 0.4720j \\
0.4720 + 0.8816j & -0.8816 + 0.4720j & -0.9995 - 0.0320j \\
0.0320 - 0.9995j & 0.4720 + 0.8816j & -0.8816 + 0.4720j \\
0.4720 + 0.8816j & 0.0320 - 0.9995j & 0.4720 + 0.8816j \\
0.4720 + 0.8816j & -0.8816 + 0.4720j & -0.9995 - 0.0320j \\
0.0320 - 0.9995j & 0.4720 + 0.8816j & -0.8816 + 0.4720j \\
0.4720 + 0.8816j & 0.0320 - 0.9995j & 0.4720 + 0.8816j \\
-0.8816 + 0.4720j & 0.4720 + 0.8816j & 0.0320 - 0.9995j \\
-0.9995 - 0.0320j & -0.8816 + 0.4720j & 0.4720 + 0.8816j \\
-0.8816 + 0.4720j & -0.9995 - 0.0320j & -0.8816 + 0.4720j
\end{bmatrix} \quad (4.3)$$

### ***Маск-последовательность***

Маск-последовательность, обозначаемая как  $P_s$ , однозначно предопределяется идентификатором БС ID и используется для того, чтобы при обработке последовательностей, расширяющих спектр, можно было осуществить селекцию сигналов различных БС.

Как было указано выше, последовательность преамбулы выбирается согласно Приложению А, таблица А.1 [31]. Пусть элементами указанной последовательности преамбулы являются  $(p_0, p_1, \dots, p_{63})$ . Тогда элементы от  $p_1$  до  $p_8$  составляют маск-последовательность. То есть,  $P_s = (p_1, \dots, p_8)$ .

### ***Последовательность запроса коррекции задержки (ЗКЗ)***

В системе существует 384 (то есть,  $16 \times 24$ ) ЗКЗ-последовательностей, использующихся в каждой группе поднесущих (ГПЧ) с полосой 1 МГц. В приведенном расчетном соотношении 16 соответствует числу различных идентификаторов ID БС, поддерживаемых в системе, а 24 определяется числом различных ЗКЗ-последовательностей, поддерживаемых БС с заданным номером идентификатора ID. Конкретный вид ЗКЗ-последовательностей приведен в Приложении А, таблица А.2 [31].

## Пилот-последовательность

Пилот-последовательность (другое название – обучающая последовательность [36]) используется в каждой группе поднесущих (ГПЧ). Ее применяют как в линиях «вниз», так и в линиях «вверх». Ее кодовые символы передаются на интервале одного символа OFDM на 128 соседних поднесущих, составляющих полосу в 1МГц. Вид пилот-последовательности однозначно определяется идентификатором ID БС. Конкретный вид 16 допустимых пилот-последовательностей приведен в Приложении А3 [31].

### 4.6.3. Канальное кодирование

В стандарте МАКВИЛ применяются коды Рида-Соломона (RS Coding), при этом используется укороченный (26, 24) код, получаемый из исходного кода (31, 29) над полем  $GF(2^5)$ .

В качестве примитивного многочлена над полем  $GF(2^5)$  используется многочлен, задаваемый соотношением (4.4):

$$P(x) = x^5 + x^2 + 1 \quad (4.4)$$

А порождающий многочлен РС-кода определяется формулой (4.5):

$$G(x) = (x - \alpha)(x - \alpha^2) \quad (4.5)$$

Процедура РС-кодирования состоит в следующем:

1. Если поток битов, поступающий на кодер, имеет размер не кратный 96, то он дополняется нулевыми битами до ближайшего размера, кратного 96.

2. Обозначим текущий кодируемый блок битового потока через  $(b_0, b_1, \dots, b_{95})$ . Тогда на его основе создается последовательность из 5-битовых символов  $(S_0, S_1, \dots, S_{28})$ :

$$S_0 = (0b_0b_1b_2b_3), S_1 = (0b_4b_5b_6b_7), \dots, S_{23} = (0b_{92}b_{93}b_{94}b_{95}), S_{24} = (00000), \\ S_{25} = (00000), S_{26} = (00000), S_{27} = (00000), S_{28} = (00000).$$

Символы  $S_{24} - S_{28}$  не передаются в эфир, а используются только на этапе кодирования.

3. Входная последовательность  $(S_0, S_1, \dots, S_{28})$  поступает на вход РС-кодера. Кодер на выходе формирует два проверочных символа, или, что тоже самое, 10 проверочных бит  $par_0, par_1, \dots, par_9$ . После этого исходный блок битового потока дополняется проверочными битами и приобретает вид:

$$b_0, b_1, \dots, b_{95}, par_0, par_1, \dots, par_9.$$

4. Если на первом шаге была произведена операция дополнения нулевыми битами, то после кодирования эти нулевые биты удаляются из кодированного блока. Выходной поток битов после РС-кодирования обозначается как:  $c_0, c_1, \dots, c_{N-1}$ .

#### ***4.6.4. Преобразование проверочных битов РС-кода с помощью операции XOR при осуществлении процедуры переконфигурирования полосы канала связи***

Этот подраздел описывает процедуру взаимодействия физического уровня и MAC-подуровня при переопределении полосы канала связи.

Когда БС отправляет команду переопределения (изменения) параметров канала связи на абонентский терминал (АТ), то АТ на физическом уровне должен осуществлять преобразование последовательности бит четности  $par_0, par_1, \dots, par_9$  каждого формируемого РС-кодированного блока с помощью операции XOR с фиксированной последовательностью скремблирующих бит (01010101), что должно приводить к формированию закодированных блоков в битовом потоке:

$b_0, b_1, \dots, b_{95}, \overline{par_0}, \overline{par_1}, \overline{par_2}, \overline{par_3}, \dots, \overline{par_8}, \overline{par_9}$ , и только после этого АТ может перейти к следующим шагам работы.

А в свою очередь БС после приема данных должна выполнить операцию XOR для проверочных бит с фиксированной скремблирующей последовательностью (01010101) и только после этого отправить результат на декодер. Если РС-декодирование при этом успешно выполняется, то выносятся решение о том, что реконфигурация полосы канала прошла успешно, в противном случае попытка реконфигурации рассматривается как неудачная. Физический уровень передает рапорт о результате реконфигурации на уровень 2.

#### **4.7. Ортогональный многостанционный доступ с частотным разделением каналов и переменным коэффициентом расширения CS-OFDMA**

CS-OFDMA означает ортогональный многостанционный доступ с частотным разделением каналов и переменным коэффициентом расширения. Он представляет собой комбинацию OFDMA и SCDMA и поэтому имеет преимущества как OFDMA, так и SCDMA. Ниже мы покажем преимущества и недостатки технологий OFDMA и SCDMA и эффект взаимодополняющей интеграции OFDMA и CDMA с CS-OFDMA.

#### 4.8. Ортогональный многостанционный доступ с частотным разделением каналов OFDMA

Ортогональный многостанционный доступ с частотным разделением каналов (OFDMA) представляет собой метод многостанционного доступа наподобие TDMA, FDMA и CDMA. При использовании OFDMA полоса частот подразделяется на несколько частотных поднесущих, как показано на рисунке 4.12. В системе OFDMA входящий поток данных делится на несколько параллельных подпотоков с более низкой скоростью передачи (что приводит к увеличению длительности символа), а каждый подпоток модулируется и передается на своей ортогональной поднесущей.

Увеличение длительности символа повышает устойчивость OFDMA к разбросу задержки. Кроме того, введение циклического префикса (CP) может полностью устранить межсимвольную помеху (ISI), если длительность CP превышает разброс задержки канала. Как правило, CP представляет собой последние образцы части отсчетов блока, который добавляется к началу полезных данных.

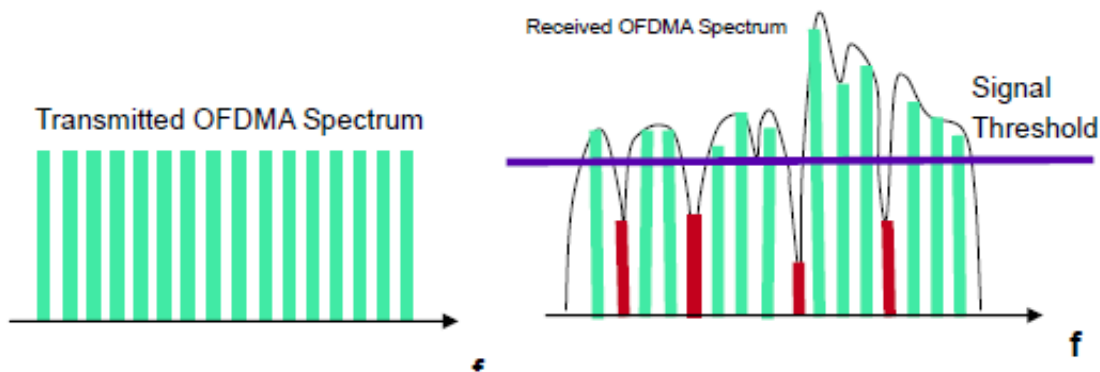


Рисунок 4.12. Передаваемый и принимаемый спектр OFDM

На рисунке 4.12 показан спектр принимаемого сигнала, переданного по беспроводному каналу, в котором существует многолучевое распространение. Основные преимущества сигнала состоят в том, что любой частотный сигнал не создает помех соседним частотным сигналам, благодаря ортогональности частот, т.е. отсутствует помеха, возникающая от многолучевого распространения.

Однако, поскольку многолучевое распространение вызывает существенные флуктуации спектра OFDMA, мы сталкиваемся с серьезным многолучевым замиранием в сигналах OFDMA, т.е. амплитуды определенных частотных сигналов снижаются. Амплитуды таких замирающих сигналов, помеченные красным цветом на рисунке 4.12, снижаются ниже порогового значения, что препятствует их надежному детектированию.

Основным недостатком метода OFDMA является серьезное замирание сигнала. Для преодоления этого недостатка приходится использовать методы мощного кодирования типа турбо-кодирования или LDPC-кодирования, которые существенно снижают скорость передачи данных и усложняют реализацию системы. И что более важно, в случае узкополосных применений, например, при голосовой связи, когда выделяется небольшое количество частотных сигналов и замирание одного или двух таких сигналов может привести к существенному ухудшению рабочих характеристик системы, а кодирование в этом случае может оказаться не столь эффективным.

Поскольку в каждой системе OFDMA используется один и тот же набор частот, все соседние соты будут создавать помехи друг другу. По этой причине развертывание в режиме  $N=1$ , т.е. использование всех сот, работающих в одной и той же полосе частот для «чистой» системы OFDMA невозможно.

#### 4.9. Многостанционный доступ с кодовым разделением каналов CDMA

CDMA означает многостанционный доступ с кодовым разделением каналов. Большинство систем CDMA, в частности стандарта IS-95, 1XRTT, 1XEVD0 и WCDMA используют метод CDMA. При использовании CDMA полоса частот делится на несколько широкополосных кодовых каналов. В отличие от системы OFDM, использующей узкополосные и потому чувствительные к замиранию сигнала каналы, канал в системе CDMA является широкополосным и не чувствителен к появлению нулевых значений в спектре частот, в результате чего влияние замирания сигнала становится несущественным.

Поскольку каждый кодовый канал имеет высокий адаптивный выигрыш, система оказывается менее чувствительной к межсотовой помехе, что дает возможность развертывания сети  $N=1$  или повторного использования частот с коэффициентом 1 (рис. 4.13).

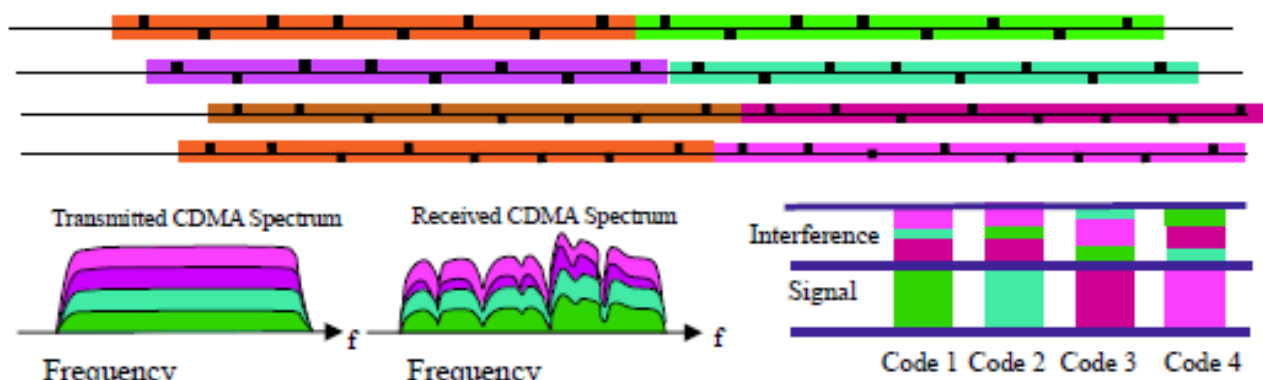


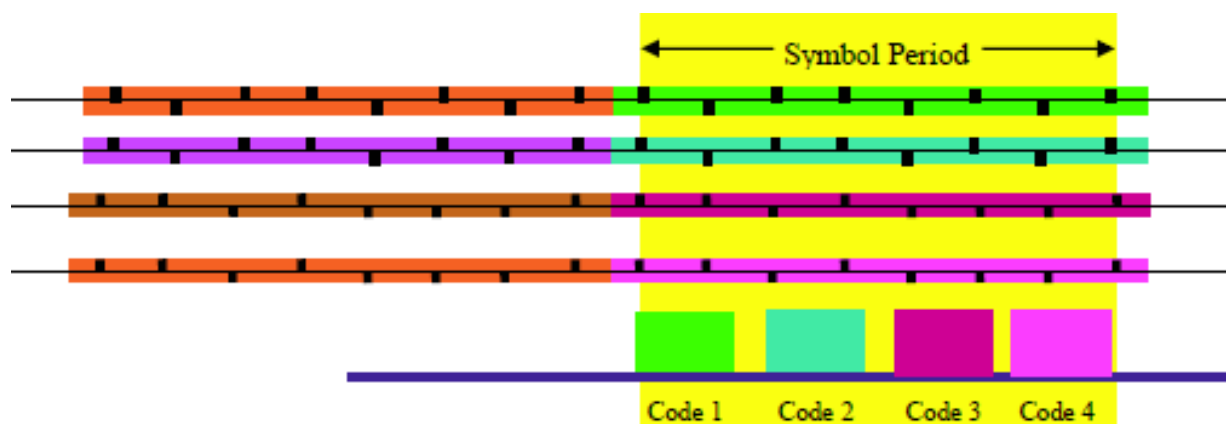
Рисунок 4.13. Представление (асинхронной) CDMA во временной и частотной областях

Во всех указанных выше стандартах CDMA восходящая линия является асинхронной, т.е. сигналы от различных терминалов поступают в различные моменты времени.

Если мы пользуемся одним кодом для сжатия (де-распределения) одного сигнала, другие кодовые каналы будут создавать серьезную помеху нужному сигналу, что приведет к существенному снижению отношения «сигнал-шум» или скорости передачи. Кроме того, большая межкодовая помеха сказывается на размере зоны покрытия, приводя к «дыханию соты», т.е. к снижению покрытия по мере роста числа пользователей.

### *Синхронная CDMA*

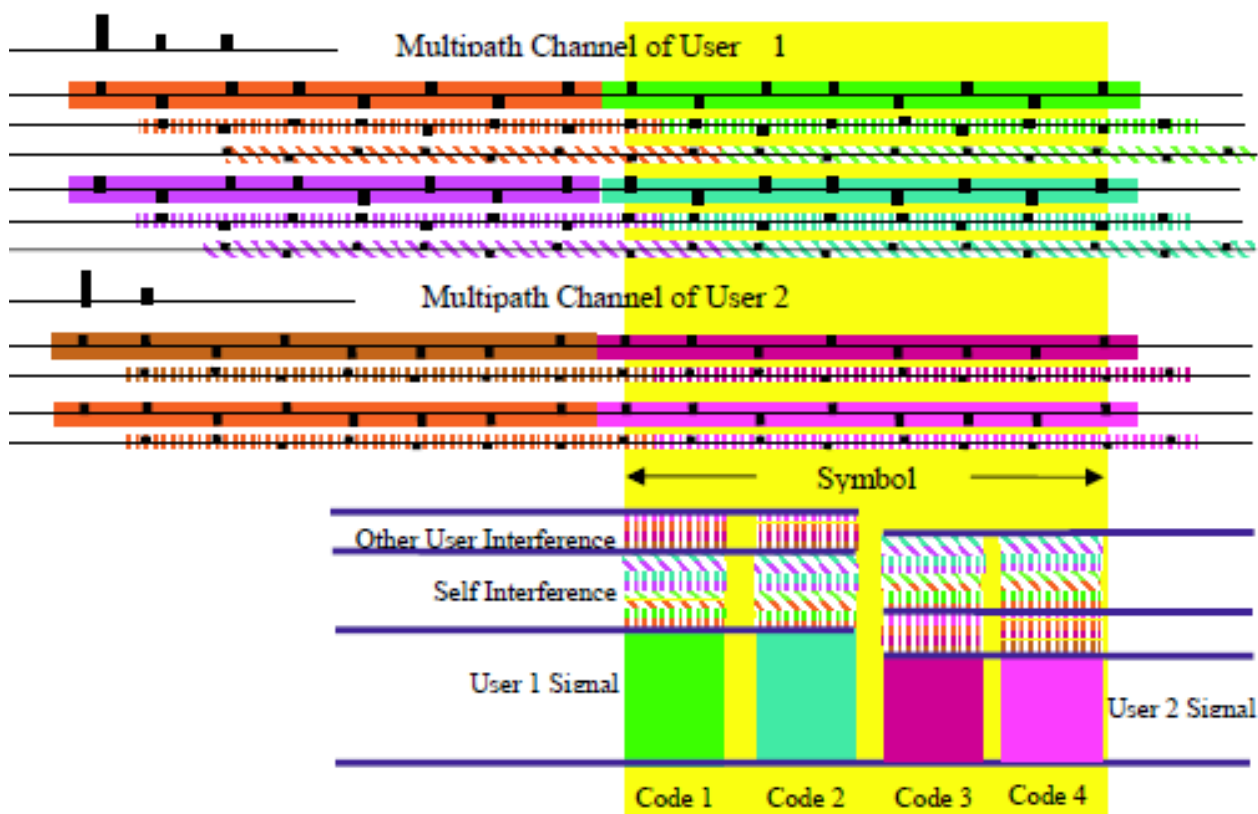
SCDMA означает синхронную систему CDMA, проиллюстрированную на рисунке 4.14. Штрихи различных цветов обозначают различные кодовые последовательности. Поскольку мы можем обеспечить синхронный прием всех кодовых последовательностей, то для минимизации помех можно использовать ортогональные коды. Если мы осуществим сжатие (де-распределение) одного символа (см. желтый участок рисунка) из принимаемого сигнала, то не увидим помех от ортогональных кодовых каналов. Это означает, что SCDMA не имеет существенных межкодовых помех и не создает условий для «дыхания сот».



*Рисунок 4.14. Идеальная синхронная система CDMA*

В присутствии многолучевого распространения принимаемый сигнал будет содержать запаздывающий вариант ортогональных кодовых последовательностей (рис. 4.15). Хотя все кодовые последовательности ортогональны, запаздывающие варианты таковыми не являются и возникают внутренние и перекрестные помехи между различными кодовыми последовательностями. Такие помехи могут приводить к снижению отношения «сигнал-шум» и пропускной способности системы.





*Рисунок 4.15. Сигналы синхронной CDMA в каналах с многолучевым распространением*

Для эффективной борьбы с такими межкодовыми помехами, вызванными многолучевым распространением с большой задержкой, можно использовать совместное детектирование. Однако, применение совместного детектирования требует больших вычислительных ресурсов, а сложность такого детектирования равна  $O(N^2L)$ , где  $N$  – коэффициент расширения, а  $L$  – длина канала. Увеличение коэффициента расширения  $N$  может привести к большей устойчивости к замиранию сигнала, но также приводит и к квадратичному увеличению сложности реализации и снижению характеристик совместного детектирования.

Как указано выше, МАКВИЛ использует технологию CS-OFDMA, которая представляет собой комбинацию CDMA и OFDMA. Но в отличие от обычных систем CDMA система МАКВИЛ осуществляет кодовое расширение в частной, а не во временной области. Ниже приведем подробное описание этого метода.

#### 4.10. Дуплекс с временным разделением каналов TDD

В системе МАКВИЛ используется режим дуплекса с временным разделением (TDD). Имеется немало преимуществ TDD по сравнению с FDD (дуплекс с частотным разделением):

- в случае TDD требуется только один канал как для нисходящей, так и для восходящей линий, чем обеспечивается более существенная гибкость в

адаптации к разнообразным ситуациям распределения спектра частот в разных странах;

- конструкция приемопередатчика при использовании TDD оказывается менее сложной, а потому и менее дорогой;

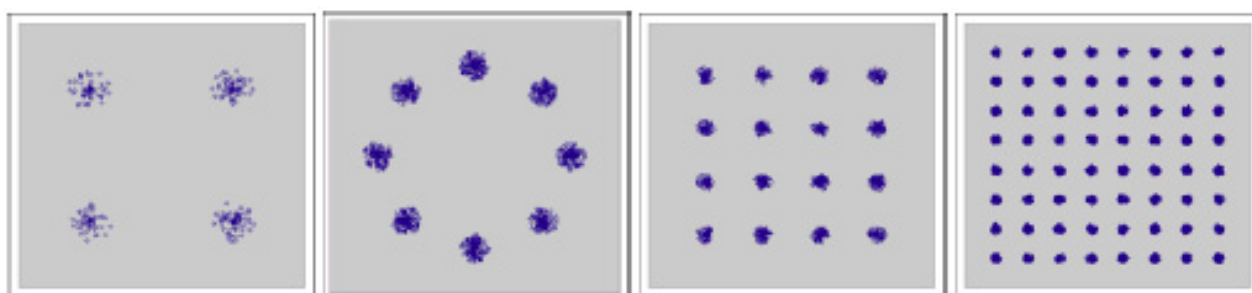
- TDD более подходит для применения технологии smart-антенн;

- TDD дает возможность регулировать отношение количества нисходящих линий к восходящим, а стало быть, оперативно поддерживать применение с асимметричным трафиком на нисходящей и восходящей линии.

Защитное время на нисходящей и восходящей линии определяет максимальное расстояние в случае сценариев полного использования каналов (т.е. все временные интервалы используются терминалом). Поскольку наше защитное время достаточно велико, чтобы поддерживать связь на расстоянии 40 км, система МАКВИЛ позволяет выполнить большинство требований к широкополосному доступу. Отказавшись от присвоения одного временного интервала для восходящей или нисходящей линий, мы без труда можем увеличить предел дальности связи на более чем 100 км.

#### 4.11. Адаптивная модуляция

Как показано на рисунке 4.16 в системе МАКВИЛ используются следующие виды модуляции: QPSK, 8PSK, QAM16 и QAM64. Эти виды модуляции применяются в зависимости от состояния каналов, имеющейся мощности, а также уровня помех и шума с тем, чтобы обеспечить оптимальное использование спектра и мощности. Вид модуляции в процессе работы выбирается динамически на основе оценки качества канала связи, чтобы оптимизировать пропускную способность канала. Основным используемый показатель – отношение сигнал/шум при приеме пилот – сигнала.



*Рисунок 4.16. Адаптивная модуляция QPSK, 8PSK, QAM16 и QAM64*

##### 4.11.1 Модуляция QPSK

Битовый поток после кодирования был обозначен, как  $c_0, c_1, c_2, \dots, c_{N-1}$  (см. рис. 4.11). Способ преобразования его в последовательность символов QPSK модуляции (рис. 4.17) показан ниже:

1. Битовый поток преобразуется в векторную последовательность. Каждый член векторной последовательности формируется из двух смежных бит исходного битового потока:

$$(c_0, c_1), (c_2, c_3) \dots, (c_{N-2}, c_{N-1});$$

2. Каждый 2-битовый член векторной последовательности отображается в биты созвездия:  $c_0$  на  $d_1$  и  $c_1$  на  $d_0$ . После чего полученная пара бит созвездия  $d_1d_0$  отображается на соответствующую ей точку (позицию) созвездия модуляции. В таблице 4.1 показано правило отображения бит  $d_1d_0$  на комплексные позиции созвездия модуляции  $e_i$ .

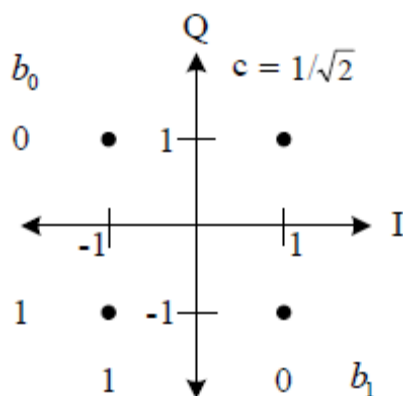


Рисунок 4.17. Созвездие QPSK

Таблица 4.1 – Отображение бит на точки созвездия для QPSK модуляции

Биты $d_1$ (Re) $d_0$ (Im)	Комплексные символы $e_i$
00	$\frac{\sqrt{2}}{2}(1 + j)$
10	$\frac{\sqrt{2}}{2}(-1 + j)$
11	$\frac{\sqrt{2}}{2}(-1 - j)$
01	$\frac{\sqrt{2}}{2}(1 - j)$

3. На следующем шаге в схему модулятора вводится очередной 2-битовый член векторной последовательности и осуществляется его отображение на точку созвездия модуляции по алгоритму, описанному выше.

В результате на выходе схемы модулятора получим последовательность комплексных символов, которую будем обозначать как:  $e_0, e_1, e_2, \dots, e_{D-1}$ , где  $D$  – длина потока символов модуляции.

### 4.11.2. Модуляция 8PSK

Битовый поток после кодирования был обозначен, как  $c_0, c_1, c_2, \dots, c_{N-1}$  (см. рис. 4.11). Способ преобразования его в последовательность символов модуляции 8PSK (рис. 4.18) показан ниже:

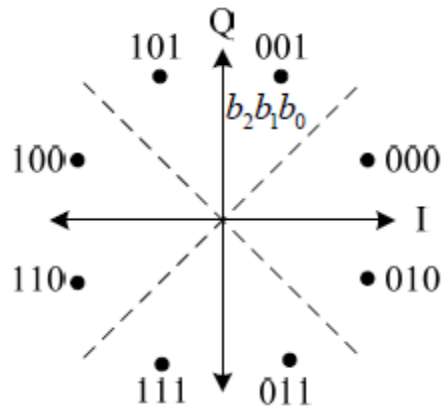


Рисунок 4.18. Созвездие 8PSK

1. Битовый поток преобразуется в векторную последовательность. Каждый член векторной последовательности формируется из трех смежных бит исходного битового потока:

$$(c_0, c_1, c_2), (c_3, c_4, c_5) \dots, (c_{N-3}, c_{N-2}, c_{N-1});$$

2. Каждый 3-битовый член векторной последовательности отображается в биты созвездия:  $c_0$  на  $d_2$ ,  $c_1$  на  $d_1$  и  $c_2$  на  $d_0$ . Затем полученная тройка бит созвездия  $d_2d_1d_0$  отображается на соответствующую ей точку (позицию) созвездия модуляции.

В таблице 4.2 показано правило отображения бит  $d_2d_1d_0$  на комплексные позиции созвездия модуляции  $e_i$ .

Таблица 4.2 – Отображение бит на точки созвездия при 8PSK модуляции

Биты $d_2d_1d_0$	Комплексные символы $e_i$
000	$\cos(\pi/8) + j\sin(\pi/8)$
001	$\cos(3\pi/8) + j\sin(3\pi/8)$
101	$\cos(5\pi/8) + j\sin(5\pi/8)$
100	$\cos(7\pi/8) + j\sin(7\pi/8)$
110	$\cos(9\pi/8) + j\sin(9\pi/8)$
111	$\cos(11\pi/8) + j\sin(11\pi/8)$
011	$\cos(13\pi/8) + j\sin(13\pi/8)$
010	$\cos(15\pi/8) + j\sin(15\pi/8)$

3. На следующем шаге в схему модулятора вводится очередной 3-битовый член векторной последовательности и осуществляется его отображение на точку созвездия модуляции по алгоритму, описанному выше.

В результате на выходе схемы модулятора получим последовательность комплексных символов, которую будем обозначать как:  $e_0, e_1, e_2, \dots, e_{D-1}$ , где  $D$  – длина потока символов модуляции.

### 4.11.3. Модуляция 16PSK

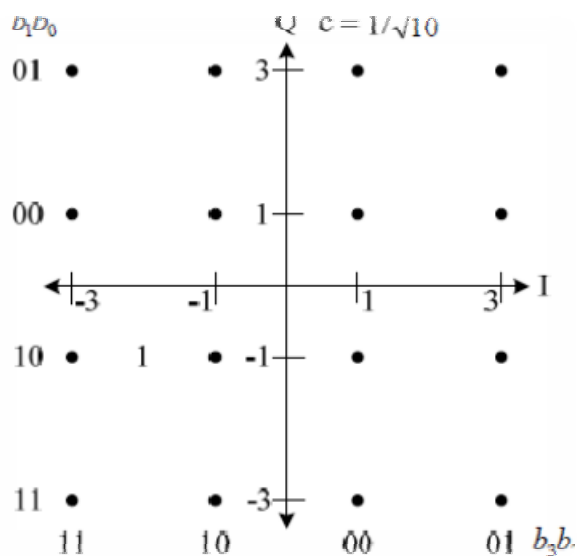


Рисунок 4.19. Созвездие 16QAM

Битовый поток после кодирования был обозначен, как  $c_0, c_1, c_2, \dots, c_{N-1}$  (см. рис. 4.11). Способ преобразования его в последовательность символов модуляции 16QAM (рис. 4.19) раскрыт ниже:

1. Битовый поток преобразуется в векторную последовательность. Каждый член векторной последовательности формируется из четырех смежных бит исходного битового потока:

$$(c_0, c_1, c_2, c_3), (c_4, c_5, c_6, c_7) \dots, (c_{N-4}, c_{N-3}, c_{N-2}, c_{N-1});$$

2. Каждый 4-битовый член векторной последовательности отображается в биты созвездия:  $c_0$  на  $d_3$ ,  $c_1$  на  $d_2$ ,  $c_2$  на  $d_1$  и  $c_3$  на  $d_0$ . Затем полученная четверка бит созвездия  $d_3d_2d_1d_0$  отображается на соответствующую ей точку (позицию) созвездия модуляции. В таблице 4.3 показано правило отображения бит  $d_3d_2d_1d_0$  на комплексные позиции созвездия модуляции  $e_i$ .

Таблица 4.3 – Отображение бит на точки созвездия для 16QAM модуляции

Биты $d_3d_2d_1d_0$	Комплексные символы ( $e_i$ )	Биты $d_3d_2d_1d_0$	Комплексные символы ( $e_i$ )
0000	$\frac{\sqrt{10}}{10}(1 + j)$	1010	$\frac{\sqrt{10}}{10}(-1 - j)$
0001	$\frac{\sqrt{10}}{10}(1 + 3j)$	1011	$\frac{\sqrt{10}}{10}(-1 - 3j)$
0100	$\frac{\sqrt{10}}{10}(3 + j)$	1110	$\frac{\sqrt{10}}{10}(-3 - j)$
0101	$\frac{\sqrt{10}}{10}(3 + 3j)$	1111	$\frac{\sqrt{10}}{10}(-3 - 3j)$
1000	$\frac{\sqrt{10}}{10}(-1 + j)$	0010	$\frac{\sqrt{10}}{10}(1 - j)$
1001	$\frac{\sqrt{10}}{10}(-1 + 3j)$	0011	$\frac{\sqrt{10}}{10}(1 - 3j)$
1100	$\frac{\sqrt{10}}{10}(-3 + j)$	0110	$\frac{\sqrt{10}}{10}(3 - j)$
1101	$\frac{\sqrt{10}}{10}(-3 + 3j)$	0111	$\frac{\sqrt{10}}{10}(3 - 3j)$

3. На следующем шаге в схему модулятора вводится очередной 4-битовый член векторной последовательности и осуществляется его отображение на точку созвездия модуляции по алгоритму, описанному выше.

В результате на выходе схемы модулятора получим последовательность комплексных символов, которую будем обозначать как  $e_0, e_1, e_2, \dots, e_{D-1}$ , где  $D$  – длина потока символов модуляции.

#### 4.11.4. Модуляция 64PSK

Битовый поток после кодирования был обозначен, как  $c_0, c_1, c_2, \dots, c_{N-1}$  (см. рис. 4.11). Способ преобразования его в последовательность символов модуляции 16QAM (рис. 4.20) раскрыт ниже:

1. Битовый поток преобразуется в векторную последовательность. Каждый член векторной последовательности формируется из шести смежных бит исходного битового потока:

$$(c_0, c_1, c_2, c_3, c_4, c_5), (c_6, c_7, c_8, c_9, c_{10}, c_{11}) \dots, (c_{N-6}, c_{N-5}, c_{N-4}, c_{N-3}, c_{N-2}, c_{N-1});$$

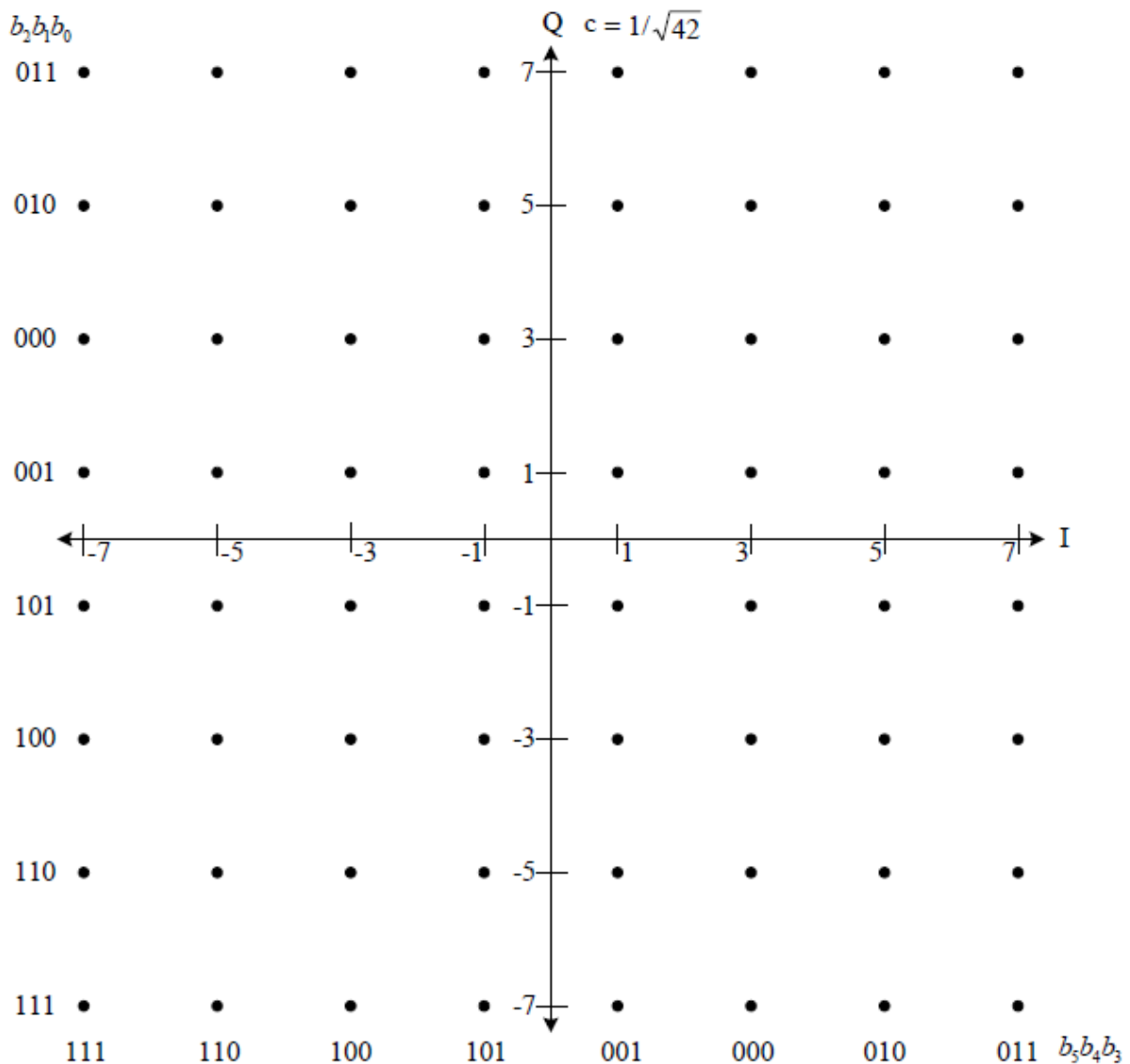


Рисунок 4.20. Созвездие 64QAM

2. Каждый 6-битовый член векторной последовательности отображается в биты созвездия:  $c_0$  на  $d_5$ ,  $c_1$  на  $d_4$ ,  $c_2$  на  $d_3$ ,  $c_3$  на  $d_2$ ,  $c_4$  на  $d_1$  и  $c_5$  на  $d_0$ . После чего полученная шестёрка бит созвездия  $d_5d_4d_3d_2d_1d_0$  отображается на соответствующую ей точку (позицию) созвездия модуляции. В таблице 4.4 показано правило отображения бит  $d_5d_4d_3d_2d_1d_0$  на комплексные позиции созвездия модуляции  $ei$ .

3. На следующем шаге в схему модулятора вводится очередной 6-битовый член векторной последовательности и осуществляется его отображение на точку созвездия модуляции по алгоритму, описанному выше.

Таблица 4.4 – Отображение бит на точки созвездия при 64QAM модуляции

Биты $d_5d_4d_3d_2d_1d_0$	Комплексные символы $e_i$	Биты $d_5d_4d_3d_2d_1d_0$	Комплексные символы $e_i$
001001	$\frac{\sqrt{42}}{42}(1+j)$	101101	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-1-j)$
001000	$\frac{\sqrt{42}}{42}(1+3j)$	101100	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-1-3j)$
001010	$\frac{\sqrt{42}}{42}(1+5j)$	101110	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-1-5j)$
001011	$\frac{\sqrt{42}}{42}(1+7j)$	101111	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-1-7j)$
000001	$\frac{\sqrt{42}}{42}(3+j)$	100101	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-3-j)$
000000	$\frac{\sqrt{42}}{42}(3+3j)$	100100	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-3-3j)$
000010	$\frac{\sqrt{42}}{42}(3+5j)$	100110	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-3-5j)$
000011	$\frac{\sqrt{42}}{42}(3+7j)$	100111	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-3-7j)$
010001	$\frac{\sqrt{42}}{42}(5+j)$	110101	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-5-j)$
010000	$\frac{\sqrt{42}}{42}(5+3j)$	110100	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-5-3j)$
010010	$\frac{\sqrt{42}}{42}(5+5j)$	110110	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-5-5j)$
010011	$\frac{\sqrt{42}}{42}(5+7j)$	110111	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-5-7j)$
011001	$\frac{\sqrt{42}}{42}(7+j)$	111101	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-7-j)$
01100	$\frac{\sqrt{42}}{42}(7+3j)$	111100	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-7-3j)$
011010	$\frac{\sqrt{42}}{42}(7+5j)$	111110	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-7-5j)$
011011	$\frac{\sqrt{42}}{42}(7+7j)$	111111	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-7-7j)$
011001	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-1+j)$	001101	$\frac{\sqrt{42}}{42}(1-j)$

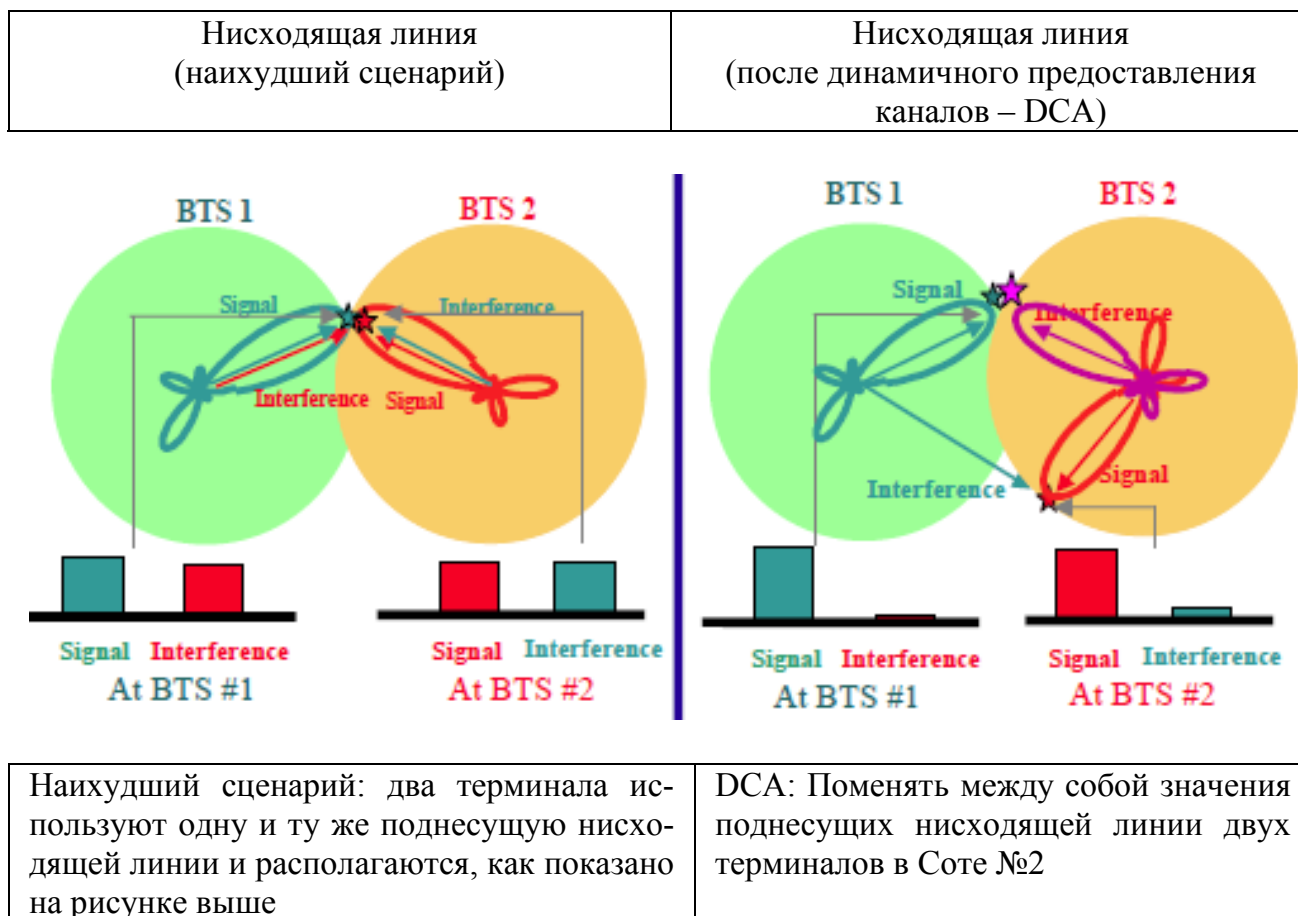


101000	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-1 + 3j)$	001100	$\frac{\sqrt{42}}{42}(1 - 3j)$
101010	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-1 + 5j)$	001110	$\frac{\sqrt{42}}{42}(1 - 5j)$
101011	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-1 + 7j)$	001111	$\frac{\sqrt{42}}{42}(1 - 7j)$
100001	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-3 + j)$	000101	$\frac{\sqrt{42}}{42}(3 - j)$
100000	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-3 + 3j)$	000100	$\frac{\sqrt{42}}{42}(3 - 3j)$
100010	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-3 + 5j)$	000110	$\frac{\sqrt{42}}{42}(3 - 5j)$
100011	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-3 + 7j)$	000111	$\frac{\sqrt{42}}{42}(3 - 7j)$
110001	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-5 + j)$	010101	$\frac{\sqrt{42}}{42}(5 - j)$
110000	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-5 + 3j)$	010100	$\frac{\sqrt{42}}{42}(5 - 3j)$
110010	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-5 + 5j)$	010110	$\frac{\sqrt{42}}{42}(5 - 5j)$
110011	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-5 + 7j)$	010111	$\frac{\sqrt{42}}{42}(5 - 7j)$
111001	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-7 + j)$	011101	$\frac{\sqrt{42}}{42}(7 - j)$
111000	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-7 + 3j)$	011100	$\frac{\sqrt{42}}{42}(7 - 3j)$
111010	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-7 + 5j)$	011110	$\frac{\sqrt{42}}{42}(7 - 5j)$
111011	$\frac{\sqrt{42}}{42}(-7 + 7j)$	011111	$\frac{\sqrt{42}}{42}(7 - 7j)$

В результате на выходе схемы модулятора получим последовательность комплексных символов, которую будем обозначать как  $e_0, e_1, e_2, \dots, e_{D-1}$ , где  $D$  – длина потока символов модуляции.

## 4.12. Динамическое предоставление каналов

Принципы организации динамического предоставления каналов показаны на рисунке 4.21.



*Рисунок 4.21. Иллюстрация динамического предоставления каналов*

При развертывании в режиме  $N=1$  указанный выше метод подавления помех может подавить большинство помех за счет использования пространственной разнесённости различных терминалов. Однако, когда мы сталкиваемся с наихудшими сценариями, где оба терминала, подключенные к разным базовым станциям находятся в одном и том же месте, такой метод подавления помех может оказаться неэффективным.

Для разрешения таких экстремальных случаев и стабилизации развертывания в режиме  $N=1$  был разработан специальный метод динамического предоставления каналов (DCA). При использовании этого метода сначала определяется появление таких случаев. Обеим базовым станциям запрещается предоставлять одинаковые каналы этим двух терминалам, обеспечивая связь между этими двумя базовыми станциями через прямое транспортное соединение (backhaul).

### 4.13. Мягкий хендовер (МВВ)

Как показано на рисунке 4.22, в режиме (МВВ) сначала с терминала инициируется поиск нескольких базовых станций, и затем целевая базовая станция для хендовера определяется по уровню сигнала преамбулы от различных базовых станций и по состоянию их загрузки. После этого терминал обменивается информацией с целевой базовой станцией и пытается организовать туннель L2 между целевой базовой станцией и базовой станцией привязки.

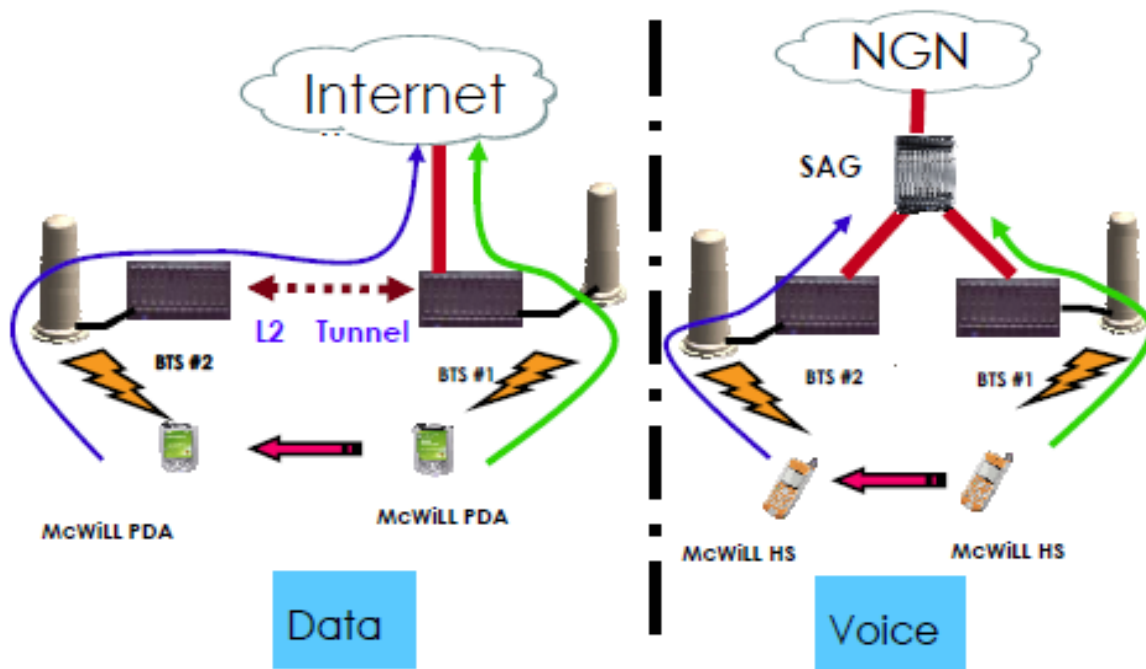


Рисунок 4.22. Принцип мягкого хендовера для случая передачи данных и речи

После подключения туннеля терминал начинает хендовер от исходной базовой станции к целевой. До хендовера терминал обменивается информацией с обеими базовыми станциями с тем, чтобы избежать потери пакетов в процессе передачи абонента при переходе от одной соты к другой соте.

Если терминал продолжает движение и осуществляет хендовер на новую целевую базовую станцию, туннель L2 между прежней целевой базовой станцией и базовой станцией привязки будет отключен.

Организуется новый туннель L2 между новой целевой базовой станцией и базовой станцией привязки, и после этого происходит хендовер. Поэтому в каждый момент времени существует один туннель для терминала. Для голосового хендовера мы используем шлюз SAG в качестве контроллера базовой станции, который осуществляет хендовер от одной базовой станции к другой.

#### 4.14. Физический уровень МАКВИЛ. Каналообразование в CS-OFDMA

Как показано на рисунке 4.23, вся полоса сигнала CS-CDMA составляет 5 МГц. Она подразделяется на пять независимых групп поднесущих, и каждая поднесущая имеет полосу 1 МГц. Каждая поднесущая состоит из 128 наборов частот (несущие OFDM). А затем эти 128 наборов далее подразделяются на восемь подгрупп, и каждая подгруппа имеет 16 наборов.

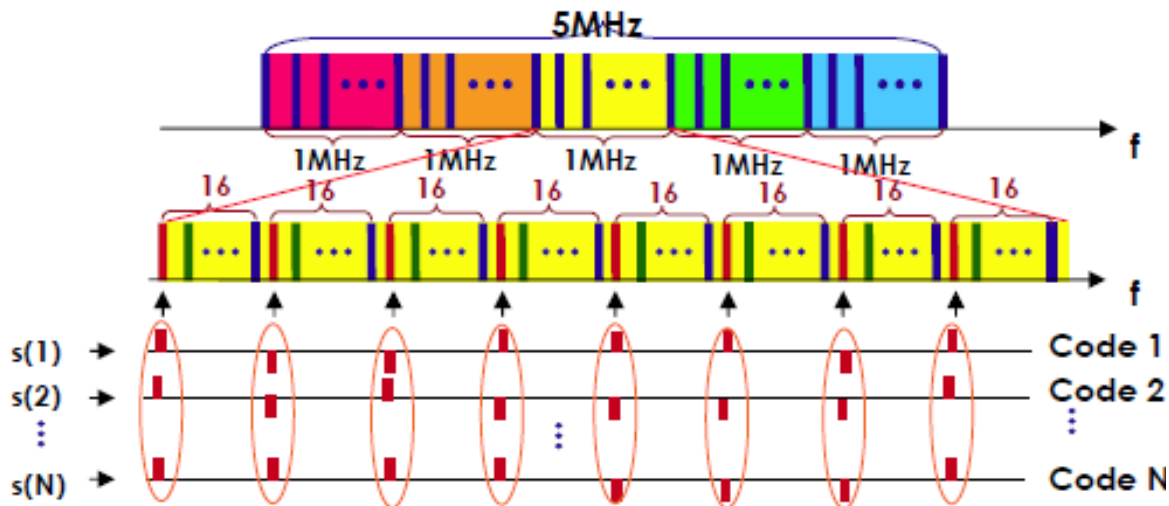


Рисунок 4.23. Сигнал CS-OFDMA в частотной области

При передаче одного символа он сначала разворачивается в восемь частотных наборов (наподобие чипов в CDMA) посредством восьми ортогональных кодов Уолша-Адамара. Эти восемь наборов частот развертывания размещаются во всех этих восьми подгруппах. Это означает, что энергия одного передаваемого символа распределяется по всей полосе 1 МГц посредством восьми отдельных частотных наборов. Таким образом, мы можем получить как выигрыш от разворачивания спектра, так и разнос по частоте, чтобы компенсировать воздействие замирания каналов.

#### 4.15. Структура кадров

Система МАКВИЛ поддерживает два типа структуры кадров: 10 мс и 5 мс, как показано на рисунке 4.24.

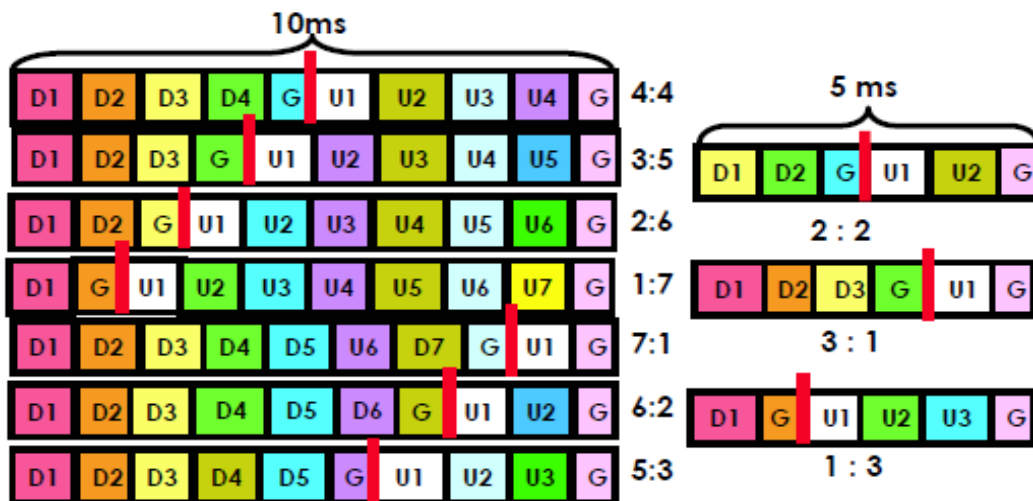


Рисунок 4.24. Предоставление канальных интервалов на нисходящей и восходящей линиях

Первый канальный интервал на нисходящей линии будет состоять из последовательности преамбулы для синхронизации нисходящей линии и двух защитных временных интервалов. В случае структуры кадра длительностью 10 мс имеется 8 канальных интервалов для трафика, которые могут присваиваться восходящей или нисходящей линии так, чтобы соотношение нисходящей к восходящей линии могло меняться от 1:7 до 7:1 (семь вариантов). В случае структуры кадра длительностью 5 мс. Всего имеется четыре временных интервала, и соотношение асимметрии имеет три варианта: 1:3, 2:2 и 3:1.

На рисунке 4.25 представлено частотно-временное построение кадра и принцип каналообразования для структуры кадра длительностью 10 мс.

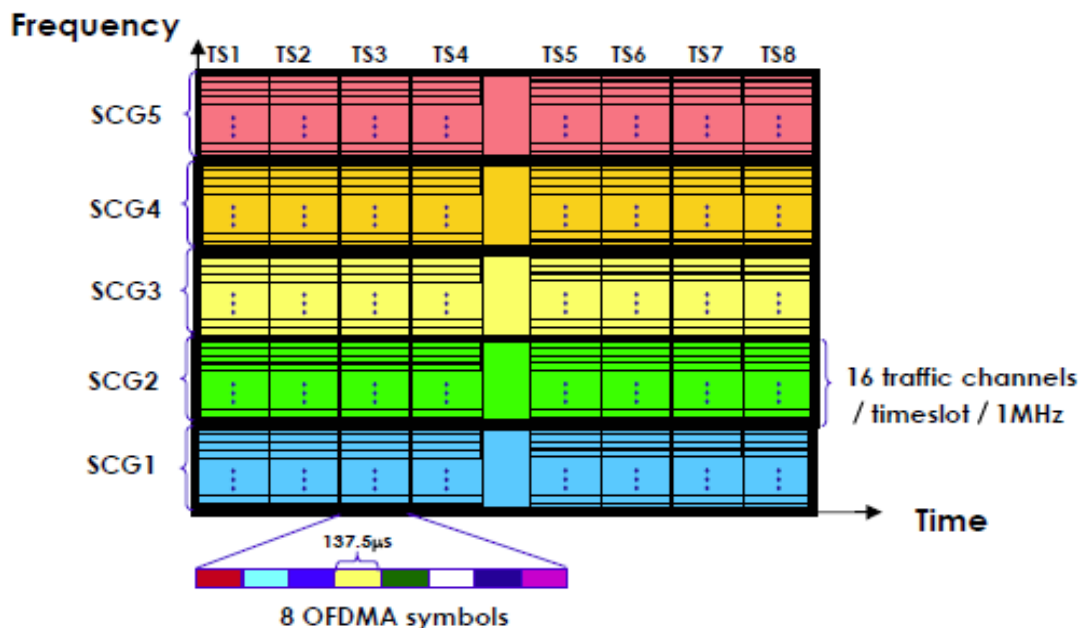


Рисунок 4.25. Частотно-временное построение кадра и каналообразование

Как видно из рисунка, время делится на восемь временных интервалов (TS1 to TS8), а спектр шириной 5 МГц делится на пять групп поднесущих (SCG). В каждом временном интервале мы имеем восемь символов OFDMA, каждый длительность по 137,5 мкс.

#### 4.16. Логические каналы

Система МАКВИЛ поддерживает семь типов физических каналов:

а) Вещательный канал (BCH): базовая станция в вещательном режиме передает информацию о конфигурации/загрузке базовой станции, пейджинговую информацию для терминалов и другие вещательные пакеты.

б) Канал запроса доступа (RG): терминал посылает сигнал запроса доступа в защитном периоде между UL/DL для осуществления синхронизации с восходящей линией.

в) Канал ответа на запрос доступа (RR): канал ответа на нисходящей линии для посылки терминалу синхроинформации после получения запроса.

г) Канал случайного доступа (RA): терминал передает пакет случайного доступа на восходящей линии на базовую станцию и запрашивает начальное предоставление канала (из состояния ожидания в состояние связи).

д) Канал ответа на запрос случайного доступа (RAR): базовая станция передает на терминал информацию о начальном предоставлении канала после получения от терминала запроса на случайный доступ.

е) Канал трафика на восходящей линии (UTCH): терминал передает пакеты трафика, включая данные, голосовую информацию, управляющую сигнализацию и информацию о рабочих параметрах на базовую станцию на восходящей линии.

ж) Канал трафика на нисходящей линии (DTCH): базовая станция передает пакеты трафика, включая данные, голосовую информацию, управляющую сигнализацию и информацию о рабочих параметрах.

Отображение этих логических каналов на физической структуре кадров показано на рисунке 4.26.

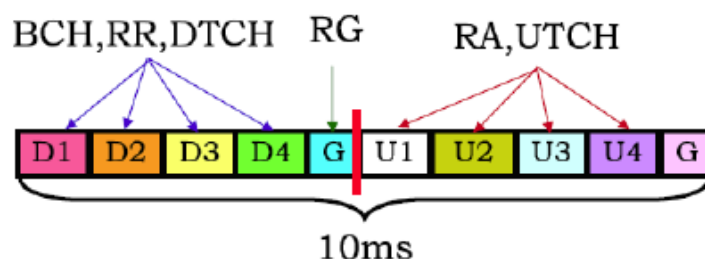


Рисунок 4.26. Отображение логических каналов на физическую структуру кадров

#### **4.17. Синхронизация**

Как и в прочих системах TDD (дуплекс с временным разделением) в данной системе соблюдение временных параметров TDD требует строгой синхронизации. Система МАКВИЛ может синхронизироваться от любого глобального генератора синхроимпульсов через спутниковую систему GPS, проводную линию ит.п. Синхронизация между базовой станцией и терминалом осуществляется следующим образом:

1. Сначала терминал детектирует преамбулу в первом канальном интервале нисходящей линии (D1) и затем осуществляет поиск канала ВСН в каждом потенциальном канальном интервале нисходящей линии. Когда канал ВСН обнаружен, терминал определяет соотношение асимметрии восходящей/нисходящей линии системы TDD и осуществляет синхронизацию с нисходящей линией.

2. После осуществления синхронизации с нисходящей линией и отыскания канала запроса доступа и канала ответа на запрос доступа терминал посылает сигнал запроса доступа на базовую станцию и получает по нисходящей линии информацию о синхронизации для восходящей линии.

3. В течение осуществления сеанса связи синхронизация поддерживается базовой станцией путем отслеживания сигнала восходящей линии и подачи информации об отклонении синхронизации обратно на терминал.

#### **4.18. Поддержка служб и применений**

Благодаря своим возможностям передачи данных и голосовой информации системы МАКВИЛ, с использованием решений третьих лиц, могут поддерживать большинство служб и применений – от стандартных голосовых вызовов до высокоскоростных видеоконференций, от работы в сети интернет от случая к случаю до видео с высоким разрешением по запросу и IPTV, от передачи коротких сообщений до диспетчерских служб в реальном времени.

Системы МАКВИЛ могут предлагать специальные решения для частных и учрежденческих сетей. Например, подключившись к программному коммутатору или IP-УАТС, которая может выполнять диспетчерские функции, оператор может предлагать основанные на IP диспетчерские службы (голосовые и видео), для железных дорог, аэропортов и крупных заводов. Системы МАКВИЛ позволяют быстро развернуть необходимые для обеспечения общественной безопасности системы наблюдения с помощью камер. Возможно даже расширить системы видеонаблюдения на средства общественного транспорта: автобусы, такси и поезда, поскольку МАКВИЛ поддерживает высокоскоростную передачу данных в условиях быстрого перемещения объектов.

Что касается операторов сетей общего пользования, решения МАКВИЛ пригодны для развитых и развивающихся стран. В развитых странах, где сотовые телефоны стали товаром широкого потребления, МАКВИЛ может пре-

доставлять мобильные службы передачи данных, выходящие за рамки 3G, для больших современных предприятий и фиксированные службы передачи речи и данных для предприятий малого и среднего размера.

В развивающихся странах системы МАКВИЛ смогут в большей степени предлагать голосовые службы, чем службы передачи данных, поскольку потребность в передаче речи все еще существенно выше. Благодаря высокой эффективности передачи голосовой информации система МАКВИЛ может предложить большое число минут разговора большому количеству людей за малые деньги. Это вполне отвечает задаче систем голосовой связи в развивающихся странах, поскольку абоненты в этих странах не генерируют высокого ARPU. По мере роста потребности в передаче данных, оператор сможет просто увеличить число базовых станций или емкость сети, не прибегая к использованию новой, несовместимой технологии.

#### 4.19. Межсистемная ЭМС

Главным источником проблем, связанных с ЭМС, выступает внеполосное излучение, которое порождается в нелинейных цепях. К последним, в первую очередь относятся блоки усиления мощности передающих трактов. На множестве линейных устройств невозможно создать системы усиления мощности, способные работать в устойчивом режиме. В нелинейных устройствах всегда возникают паразитные сигналы на комбинационных гармониках. Действительно, пусть некоторый сигнал  $S(t)$  поступает на вход нелинейного преобразующего устройства. Тогда на выходе будем наблюдать сигнал

$$S_{out}(t) = G(S(t))$$

где  $G(\cdot)$  – некоторый нелинейный оператор. В простейшем случае  $F(\cdot)$  является безынерционным и в каждый момент времени его действие можно описать с помощью функции

$$G(x) = G_0 + G_1x + G_2x^2 + \dots$$

Так как  $G(\cdot)$  нелинейный, среди коэффициентов разложения  $G_2, G_3, G_4, \dots$  найдется хоть один отличный от 0. Следовательно,

$$S_{out}(t) = G_0 + G_1 \cdot S(t) + G_2 \cdot S^2(t) + G_3 \cdot S^3(t) + G_4 \cdot S^4(t) + \dots$$

Согласно теории спектрального анализа, спектр произведения сигналов дает результирующий сигнал, спектр которого является результатом операции свертки, выполненной над спектрами сигналов сомножителей:



$$S_x(t) = S_1(t) \cdot S_2(t) \Rightarrow F(S_x(t)) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega t} S_x(t) dt = S_x(j\omega)$$

$$\begin{aligned} S_x(j\omega) &= \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega t} S_1(t) \cdot S_2(t) dt = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega t} \left( \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_1(j\omega_1) e^{-j\omega_1 t} d\omega_1 \right) S_2(t) dt = \\ &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_1(j\omega_1) \left( \int_{-\infty}^{+\infty} S_2(t) e^{-j(\omega-\omega_1)t} dt \right) d\omega_1 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_1(j\omega_1) S_2(j(\omega-\omega_1)) d\omega_1 = \\ &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_1(j\omega_1) S_2(j(\omega_1-\omega)) d\omega_1. \end{aligned}$$

где  $S_x(j\omega)$  – спектр произведения сигналов,  $S_1(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega t} S_1(t) dt$

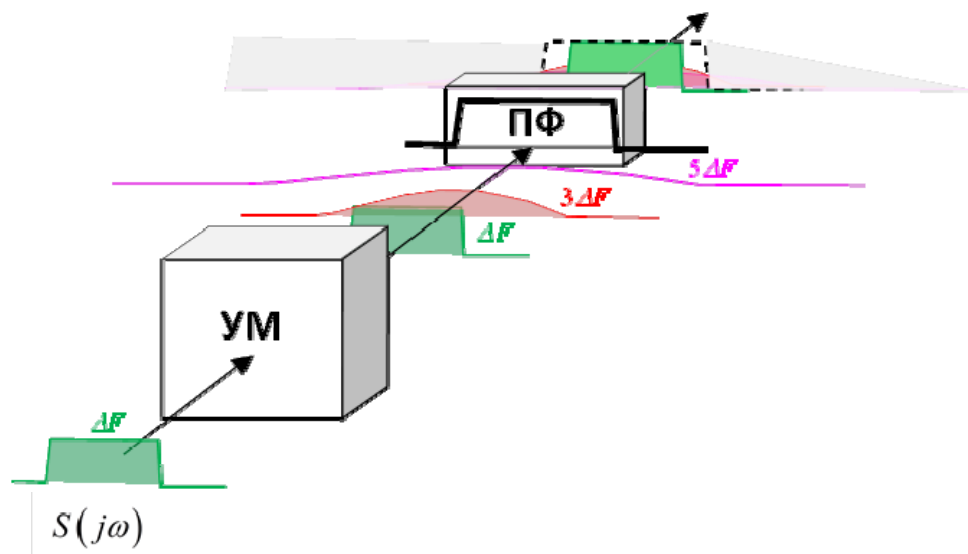
и  $S_1(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega t} S_1(t) dt$  спектры первого и второго сигналов произведения.

Последняя формула показывает, что если рассматривать  $n$ -кратное произведение сигнала  $S(t)$  самого на себя, то спектр результата можно получить с помощью операции  $n$ -кратной свертки над спектром исходного сигнала

$$S_{(n)}(j\omega) = \underbrace{S_1(j\omega) \otimes S_1(j\omega) \otimes S_1(j\omega) \otimes \dots \otimes S_1(j\omega)}_n$$

На практике получены довольно хорошие результаты в части создания нелинейных безынерционных устройств, у которых коэффициенты разложения (1) с индексами более 5 имеют относительно малый уровень. Поэтому вся их совокупность, составляющая компоненты излучения, порождаемые свертками выше 5 порядка, имеет существенно более низкий уровень по сравнению с компонентами свертки более низких порядков. Реально в рабочем частотном диапазоне заметными остаются только паразитные комбинационные компоненты 3-го и 5-го порядков. Составляющая 1-го порядка – это полезный сигнал, а комбинации 2-го и 4-го порядков сосредотачиваются либо в области нулевых значений частот, либо в позициях диапазонов двукратного и четырехкратного значения несущего колебания. Последние компоненты практически полностью отфильтровываются с помощью полосовых аналоговых фильтров, подключаемых к выходу нелинейного преобразователя. Комбинации 3-го и 5-го порядков порождают компоненты как непосредственно в рабочей полосе несущего колебания, так и в областях размером трехкратной и пятикратной полосы в окрестности несущего колебания.

Задача их подавления за пределами рабочей полосы с помощью аналоговых фильтров оказывается заметно более сложной (рис. 4.27).



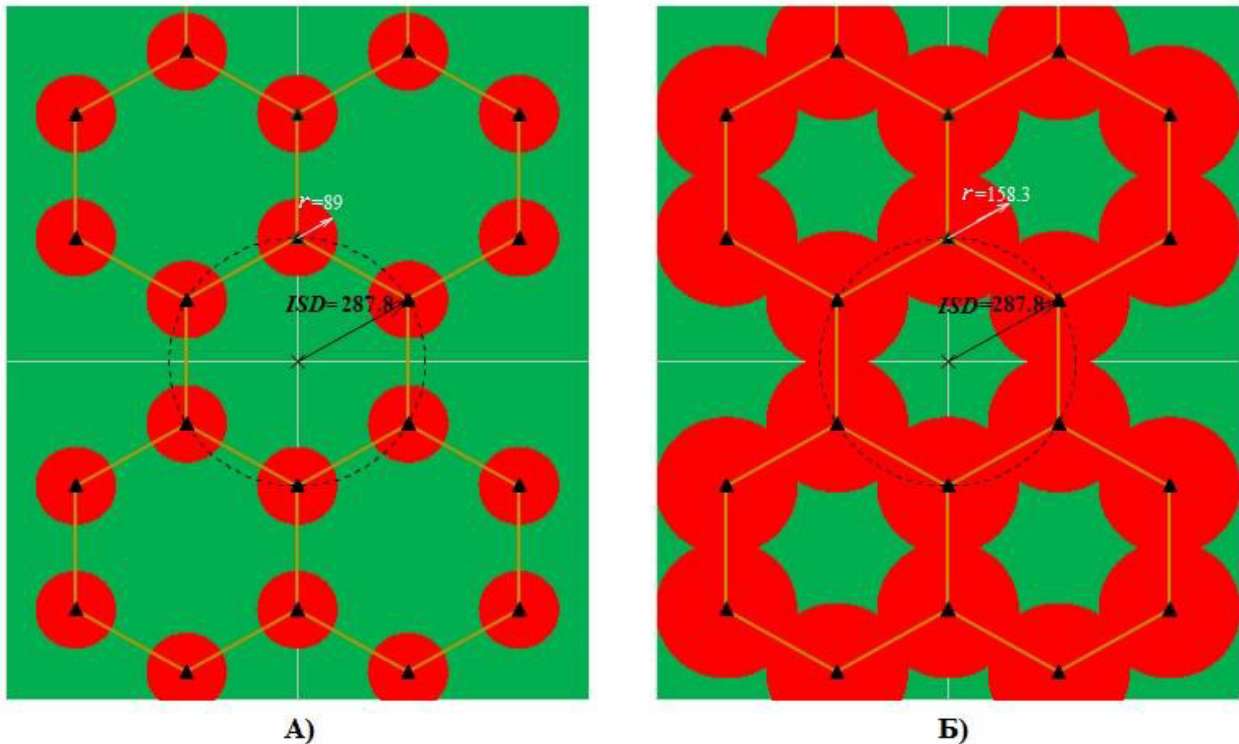
**Рисунок 4.27.** Блок усиления мощности передатчика (УМ) и полосовой фильтр (ПФ)

Технологические задачи состоят в создании:

- 1) блоков усиления мощности (УМ), обладающих наилучшими характеристиками линейности (минимальным уровнем коэффициентов  $G_3$ ,  $G_5$ ) и обеспечении условий, гарантирующих работу УМ в соответствующем режиме;
- 2) полосовых фильтров, имеющих показатель прямоугольности, максимально приближенный к 1, при условии расчета указанного показателя для высокого уровню подавления (30 дБ и более).

*Селекция каналов.* Для селекции радиочастотных каналов различных систем связи, работающих на совмещенной территории, традиционно применяют частотное разделение. При этом необходимым является использование защитных спектральных полос, внутри которых частоты оказываются пораженными внеполосными излучениями систем связи. Острый дефицит ресурса радиочастотного спектра, наблюдаемый во всех освоенных диапазонах, привел к тому, что задачи сокращения защитных спектральных полос приобрели высочайшую актуальность. Для их решения стали привлекаться, наряду с усовершенствованными дорогостоящими техническими средствами, методы частотно-территориального планирования. Последние предполагают выполнение ряда дополнительных мероприятий, связанных с территориальным разнесением, подбором разности высот подвесов, настройкой отворотов по азимутам и наклонам для антенн стационарных приемопередающих модулей (базовых станций) систем связи, нуждающихся в обеспечении ЭМС при сокращенных защитных спектральных полосах.

На рисунке 4.28, для примера, показана схематичная структура регулярного («паркетного») размещения базовых станций первичной системы сотовой связи.

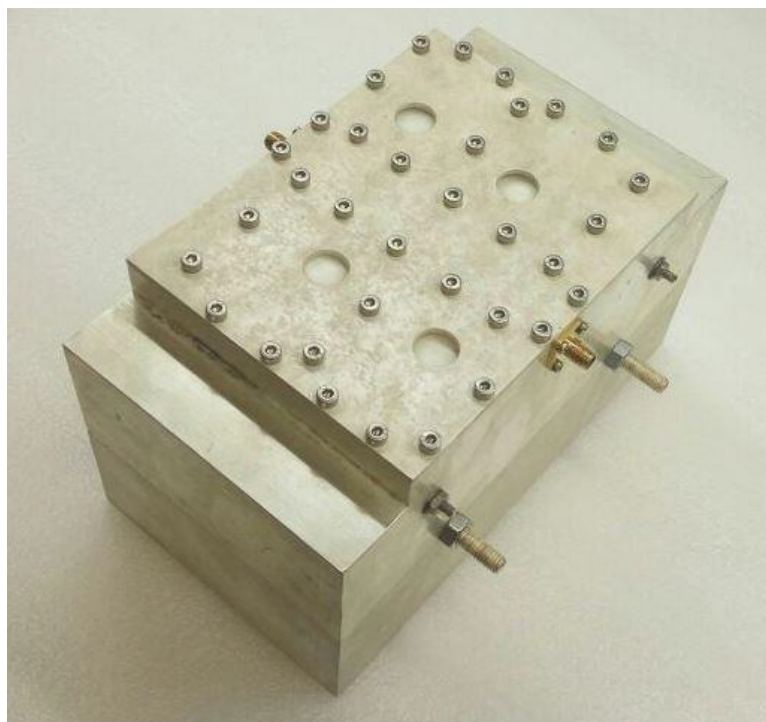


*Рисунок 4.28. Структура размещения базовых станций первичной системы*

Красными кругами помечены зоны, в которых из-за близости к антеннам базовых станций уровень внеполосных излучений за пределами защитных спектральных полос оказывается слишком большим. В этих зонах в случае размещения базовых станций вторичной (проектируемой) системы мобильной связи условия ЭМС не будут выполняться. Если полосовые фильтры, применяемые на выходе усилителей мощности передающих (см. рис. 4.27) и в преселекторах приемных трактов будут иметь более плохие показатели избирательности, то размеры запрещенных зон могут существенно увеличиваться, как показано на рисунке 4.28 Б.

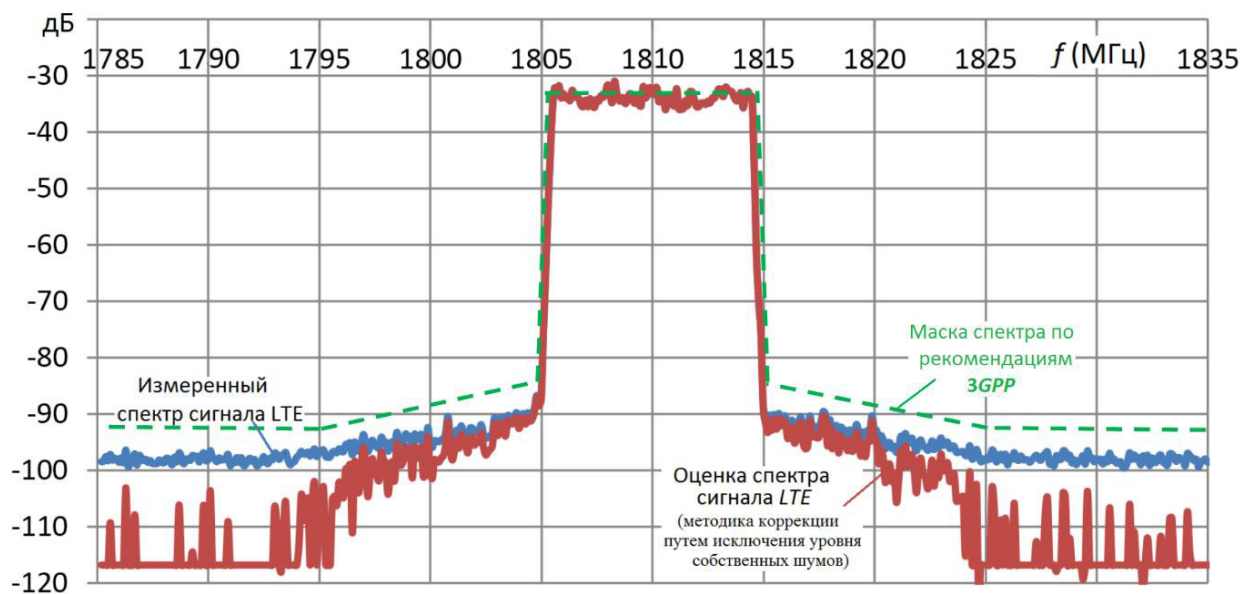
На практике это приведет к существенному сокращению потенциальных возможностей территориального проектирования вторичной сети и, без сомнения, ухудшит ее качественные показатели и увеличит материальные затраты на проектирование и развертывание.

В таких условиях высокую ценность приобретают технические показатели аналоговых полосовых фильтров (см. рис. 4.29), которые сказываются не только непосредственно на качестве работы радиолиний, но и на экономических показателях систем связи в целом.



*Рисунок 4.29. Аналоговый полосовой фильтр*

Также важными оказываются вопросы организации высокоточных измерений частотно-селективных фильтрующих свойств в увеличенных динамических диапазонах, которые еще до недавнего времени не были столь востребованы. На рисунке 4.30 показаны результаты стендовых измерений АЧХ полосового фильтра диапазона 1800 МГц, предназначенного для систем LTE, обеспечивающего подавление до 80 дБ и выше.



*Рисунок 4.30. АЧХ полосового фильтра*

Без специальных прецизионных методов и применения стенда с дополнительными режекторными фильтрами, получить измерения в динамическом диапазоне такой величины невозможно. Поэтому проблематика измерений составляет отдельную задачу.

### Блокировки приемного тракта

Когда вблизи приемной антенны некоторой системы радиосвязи оказывается передающая антенна другой системы, то наблюдается воздействие мощного транслируемого сигнала на приемный тракт (рис. 4.31). В таких условиях подавление мощного сигнала в цепях преселектора может оказаться недостаточным для предотвращения явления блокировки, которое заключается в переходе в режим насыщения малошумящего усилителя (МШУ) приемного тракта.

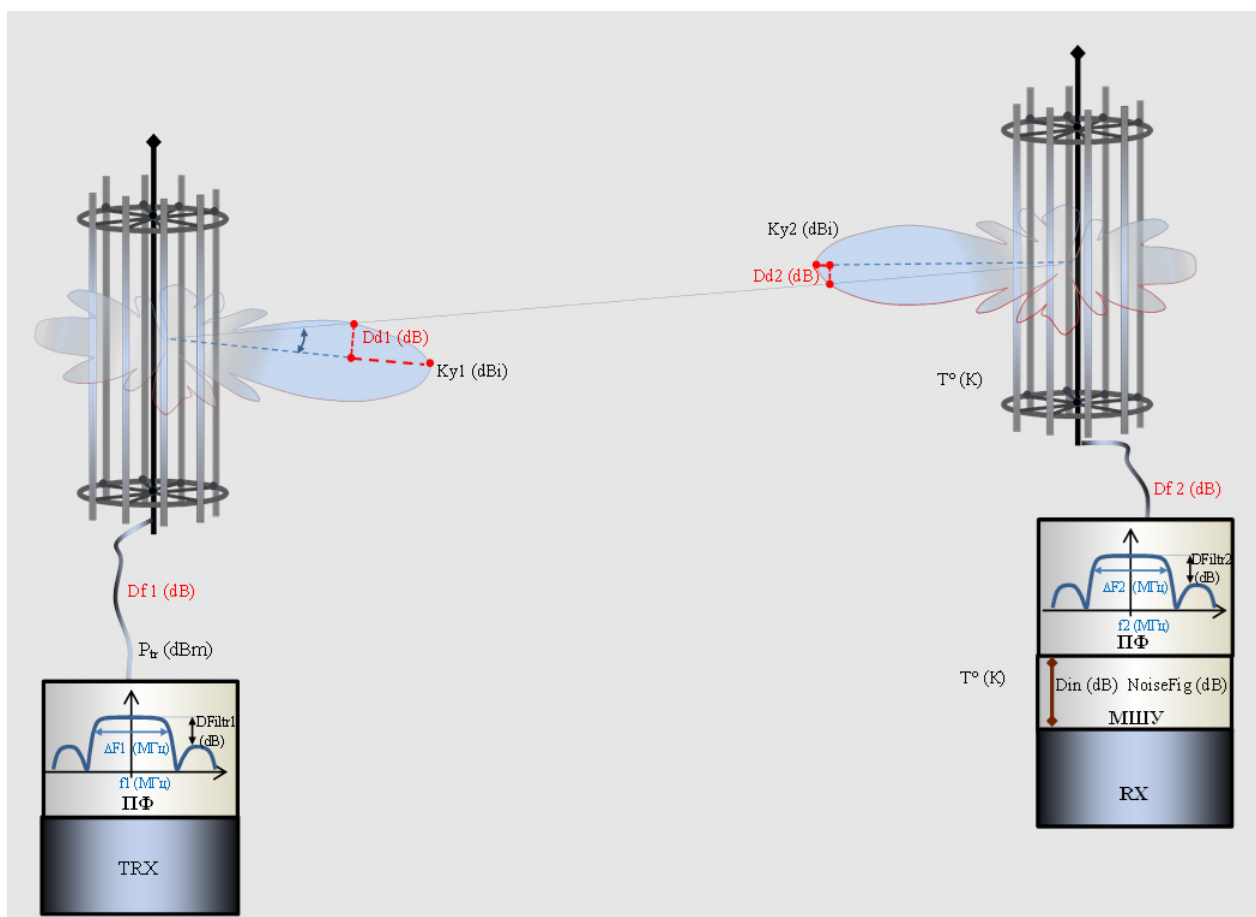
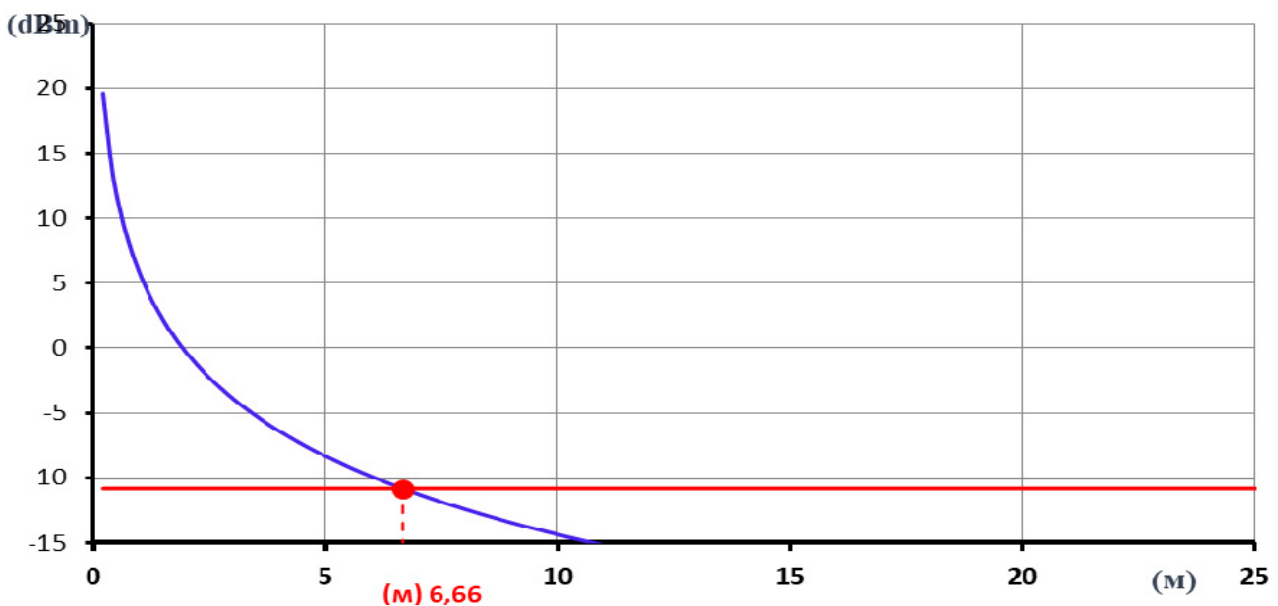


Рисунок 4.31. Пример блокировки приёмного тракта

Фактически режим блокировки нарушает работу всех последующих за малошумящим усилителем (МШУ) узлов и блоков приемного тракта, включая цепи фильтрации сигнала на ПЧ, блоки АЦП и модули цифровой фильтрации.

Бороться с явлением блокировки возможно путем улучшения показателей подавления аналоговых ПФ преселектора, о которых упоминалось в материале предыдущего раздела «Селекция каналов», а также путем правильного пространственного расположения антенн систем радиосвязи, обеспечивая необходимое пространственное разнесение, отстройку направлений диаграмм и высот подвесов. Также существенное влияние на явление блокировки оказывает величина динамического диапазона МШУ. Чем больше последний, тем более высокий уровень сигнала будет требоваться для блокировки. Динамический диапазон МШУ в первую очередь определяется показателем динамического диапазона усилительного элемента (транзистора), на базе которого он построен. Указанный показатель, как правило, линейно связан с характеристикой предельной рабочей мощности усилительного элемента. Микроминиатюризация с использованием малоразмерных усилительных элементов приводит к удешевлению производства, но с неизбежностью сокращает рабочий динамический диапазон. Поэтому экономия на производственных затратах может реально привести к существенным затратам в режиме проектирования радиосистемы.

В любом случае задача точного расчета допустимого сближения антенн «конфликтующих» систем радиосвязи актуальна для избегания явления блокировки. Пример численного расчета необходимого разнеса для антенн широкополосной транкинговой системы радиодоступа МАКВИЛ, работающих в диапазонах 339 и 419 МГц, в полосе 5МГц, с мощностями трансляции 33 дБм, для динамического диапазона работы МШУ 90 дБ показан на рисунке 4.32. Расчет включает зависимости от достаточно большого перечня параметров. Задача формирования оптимального сочетания которых остается важной и требующей глубокой проработки.



*Рисунок 4.32. Пример численного расчета необходимого разнеса антенн*

### *Понижение уровня трансляции*

Задача понижения уровня трансляции и сопутствующая ей задача снижения граничного отношения сигнал/(помеха+шум), обеспечивающего работоспособность линий радиосвязи, являются фундаментальными и постоянно пересматриваемыми в процессе развития техники средств связи. На современном этапе они приобрели качественно новое содержание в связи с массовым переходом на цифровые методы обработки. Если на начальном этапе внедрения цифровых технологий в системы радиосвязи они рассматривались только с позиций более технологичного, стабильного и компактного воспроизведения отдельных известных аналоговых решений, то на текущий момент, характеризующийся массовым и всеобъемлющим переходом на реализацию максимального перечня этапов формирования и обработки сигналов с помощью цифровых методов, они претерпели качественное усовершенствование.

На цифровой основе реализуются такие усовершенствованные методы, которые были просто недоступны или даже не могли рассматриваться на этапе аналоговых технологий. Возникли продвинутые методы цифрового кодирования, модуляции, управления режимами связи, которые вывели показатели качества на предельно достижимые теоретические уровни. Так, например, граница пропускной способности Шеннона для безошибочной передачи была экспериментально достигнута с точностью 0,0045 дБ.

Задача понижения мощности в таких условиях оказалась актуальной, так как цифровые методы связи позволили добиться существенных показателей по ее решению в рамках отдельных линий связи. Но вопросы дальнейшего усовершенствования, сводящиеся к решениям с учетом одновременной работы массива абонентов и множества радиолиний в условиях замираний, доплеровских сдвигов частот, случайных территориальных размещений и перемещений, пока остаются на этапе исследований. Уже сейчас можно утверждать, что на каждом переходе между поколениями сетей мобильной связи (2G к 3G к 4G) наблюдалось среднее снижение удельной мощности трансляции в расчете на абонента примерно на 3-4 дБ. Это обеспечивает более длительную автономную работу абонентских терминалов, улучшает экологическую обстановку в плане снижения уровня «загрязнения» электромагнитным излучением. При этом понижается абсолютный уровень внеполосного излучения и смягчаются условия обеспечения ЭМС между системами и абонентами, становится доступным соединение систем с абонентами, расположенными на значительно больших расстояниях.

Особую роль в обозначенной проблеме приобретают методы пространственной селекции радиолиний, осуществляемые с помощью техники адаптивных антенных систем, а также технология ММО, позволяющая при наличии многолучевого распространения использовать различные радиолучи как отдельные информационные каналы и тем самым многократно повышать пропускную способность радиоканалов.

На рисунке 4.33 показана кольцевая 8-ми элементная антенная решетка транкинговой системы широкополосного доступа MAKВИЛ, позволяющая в адаптивном режиме сопровождать перемещающихся абонентов лучами диаграмм направленности и тем самым повышать эффективный уровень принятого сигнала до 9 дБ.

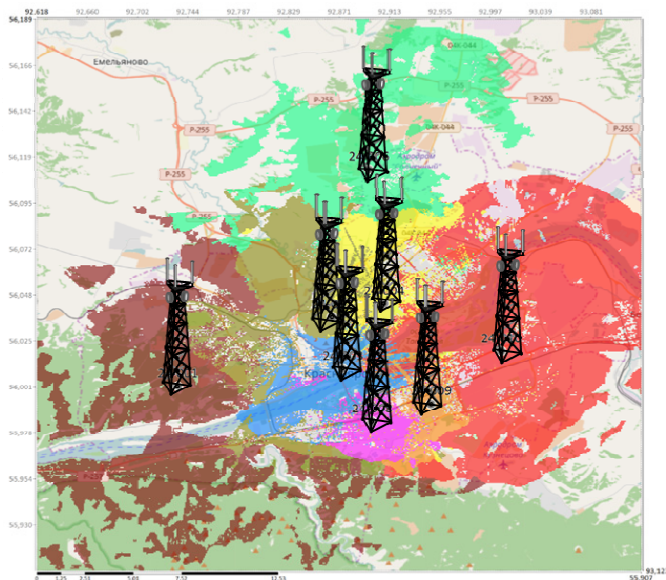
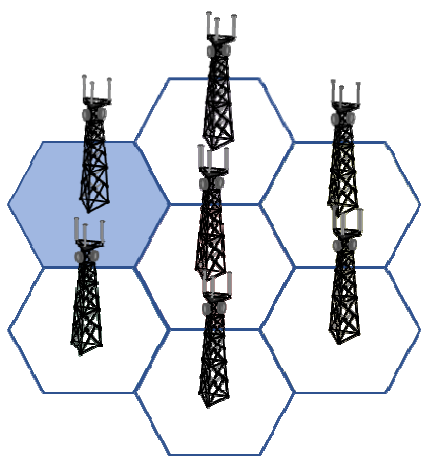


**Рисунок 4.33.** Кольцевая 8-ми элементная антенная решетка транкинговой системы широкополосного доступа MAKВИЛ

Широкое внедрение техники многоэлементных решеток на базовые станции сетей мобильной связи порождает множество новых задач, связанных с настройкой, обработкой, размещением и, наконец, со спецификой монтажных и строительных работ. При этом достигается качественный скачок в вопросах снижения уровня мощности трансляции при сохранении качества работы линий радиосвязи.

#### *Внутрисистемная ЭМС*

Вопрос перекрытия сот является основным для систем мобильной связи. При условии правильного проектирования система мобильной связи должна осуществлять сплошное покрытие обслуживаемой территории. На рисунке 4.34 показаны случаи идеального («паркетного») и реального распределения зон обслуживания сот на территории покрытия сотовой сети связи.



**Рисунок 4.34.** Примеры идеального и реального расположения базовых станций



Реально всегда возникают зоны перекрытия сот. Если в указанной зоне перекрытия организуется радиоканал связи с абонентом, то выделенный ему частотно-временной ресурс оказывается занятым не только на обслуживающей указанный радиоканал соте, но и во всех остальных сотах, организующих перекрытие. Попытка повторного использования такого ресурса на сотах перекрытия неизбежно приведет к возникновению соканальных помех и либо к существенному ухудшению качества, либо к полной потере связи с абонентом.

Для каналов широковещательной связи и широковещательного управления в зонах перекрытий возникают многоальтернативные ситуации, требующие от абонента организации алгоритмов поиска-выбора решения. Поэтому во всех случаях наличие перекрытий сот приносит отрицательные последствия в работу систем мобильной связи. Они имеют определенную пользу только для режима хэндовера, открывая возможность организации соединений без разрыва. Для этого достаточно иметь зоны перекрытий существенно меньшие, чем наблюдаются на практике. Этим определяется сущность задачи сокращения зон перекрытий сот в системах мобильной связи при условии ограничения размеров областей территории обслуживания без покрытия.

Задачи, связанные с обозначенной проблемой, на современном этапе развития техники связи, распределяются на два основных направления:

- 1) территориального расположения, настройки азимутов и наклонов антенн базовых станций;
- 2) разработки антенн, обладающих специальными характеристиками диаграмм направленности горизонтального и вертикального сечений.

Задачи второго направления не являются традиционными для антенных технологий, поскольку в большинстве своем сводятся к обеспечению максимума показателя градиента диаграмм направленности в заданных угловых секторах. Соответствующий критерий качества сформировался совсем недавно, после появления сотовых сетей связи. Все принципы построения антенн пока в своей основе используют наработки предыдущих этапов техники связи. Даже для адаптивного управления диаграммами антенных решеток повсеместно продолжают использоваться такие критерии как «Максимум отношения сигнал/шум», «Минимум среднеквадратической ошибки», «Минимум мощности на выходе с ограничением». Указанные критерии, несмотря на свою универсальность, на самом деле не соответствуют задаче сокращения зон перекрытий сот.

В современных системах мобильной связи абоненты макросот, в подавляющем большинстве случаев, располагаются в пределах довольно узкого вертикального углового сектора, так как находятся либо на поверхности земли, либо в строениях, высота которых существенно меньше линейного размера макросоты. Это препятствует применению адаптивных алгоритмов динамического сопровождения для лучей диаграммы вертикального сечения.

Адаптивный режим с использованием многоэлементных антенн эффективен только для азимутального сопровождения движения абонентов. Но задача синтеза оптимизированной диаграммы вертикального сечения остается применительно для стационарного режима. В случае штыревых антенн, составленных из набора элементарных вибраторов, задача формулируется как поиск оптимального распределения амплитуд и фаз токов питания, обеспечивающих нужный наклон и наибольшее значение градиента диаграммы направленности в вертикальном направлении.

На рисунке 4.35 показана составная штыревая антенна, для которой решается задача обеспечения максимального градиента вертикальной диаграммы направленности в угловом секторе в окрестности наклона  $3^\circ$  (направление на границу пересечения сот).

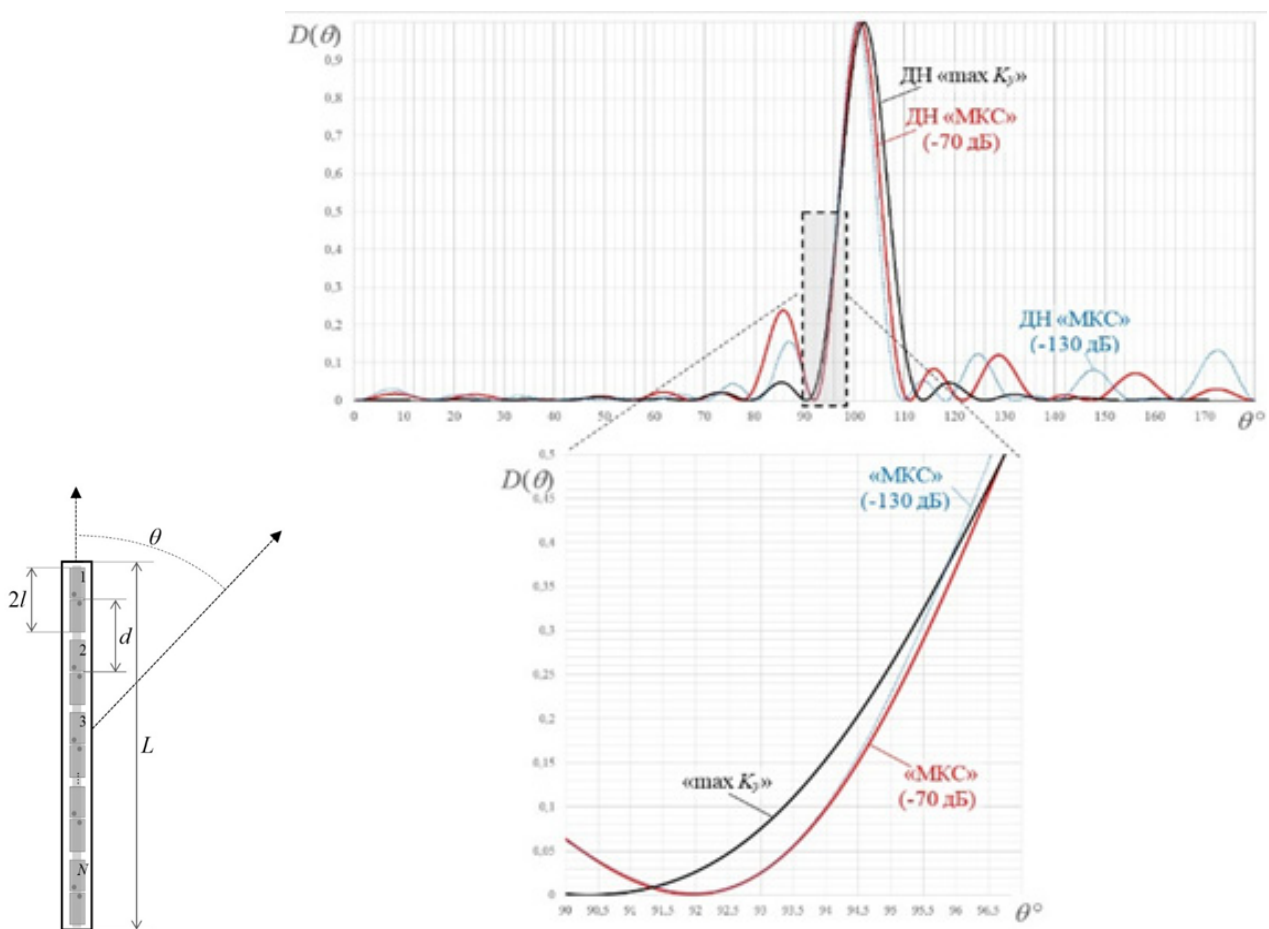
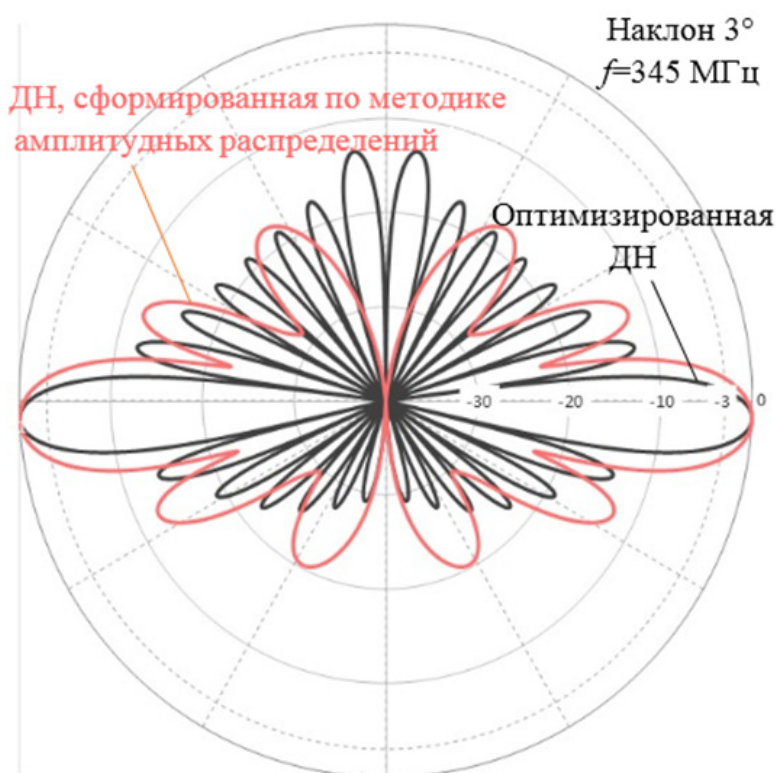


Рисунок 4.35. Штыревая антенна

Сопоставление с традиционным решением на базе обеспечения максимального  $K_u$  показывает, что модифицированный алгоритм настройки позволяет добиться сокращения зон перекрытия на 36%. Соответственно, на столько же сокращаются зоны воздействия соканальных помех.

На границах областей обслуживания сети могут возникать другие задачи, состоящие в требовании максимального увеличения зоны доступа и, как следствие, максимально возможного увеличения  $K_u$  антенны за счет сужения диаграммы направленности в вертикальном сечении.

Такая задача решалась в рамках ряда проектов (включая МАКВИЛ), в результате чего были предложены алгоритмы настройки и получены штыревые антенны с  $K_u$ , превосходящим на 1,5 дБ Дольф-Чебышевские решения. Пример таких диаграмм показан на рисунке 4.36 (розовым – диаграмма Дольф-Чебышевской антенны, черным – настроенной с помощью критерия максимума  $K_u$ ).



**Рисунок 4.36.** Диаграммы направленности штыревых антенн с различными критериями оптимизации

#### *Соканальные помехи*

В основу работы сотовых сетей связи и систем широкополосного доступа положен принцип пространственного разнесения радиочастотного ресурса рабочего диапазона. Согласно этому принципу, предусмотрено многократное повторное переиспользование указанного ресурса в отдельных сотах, расположенных на определенном удалении друг от друга. Чем удачнее территориально спланирована сеть, тем ближе могут располагаться соты, способные работать без генерации существенных взаимных помех и в том же сегменте радиочастотного ресурса.

Территориальное планирование выполняется путем выбора позиций расположения с учетом рельефа и застройки, настройки уровней подвесов антенн базовых станций, направлений главных лепестков диаграмм направленности отдельных сот, как по азимутальным, так и по вертикальным направлениям, выбора характеристик самих диаграмм направленности (как правило, это: ширина в разных сечениях, коэффициент усиления и тип поляризации) и управлением мощностью. Но так как невозможно добиться бесконечного градиента для характеристики затухания радиосигнала при распространении по всевозможным трассам, то с неизбежностью на соседних сотах наблюдаются помехи, порождаемые данной сотой в той части радиочастотного спектра, в которой она (указанная сота) производит активную работу, как показано на рисунке 4.37.



*Рисунок 4.37. Зона возникновения значительных соканальных помех*

Так как ресурс радиоканала на текущем этапе развития техники радиосвязи выступает главным ограничивающим фактором развития, и так как при частотно-территориальном планировании пытаются максимально плотно располагать отдельные соты, то всегда в выбранном для активной работы в отдельной соте фрагмента ресурса радиочастотного канала присутствуют помехи. Эти помехи возникают от соседних (или просто близко расположенных) сот, которые используют тот же самый фрагмент ресурса радиочастотного канала (полностью или некоторую его часть). Для такого рода помех принято общее название «соканальных», то есть возникающих из-за работы на тех же самых каналах близкорасположенных сот.

Определенные достижения в борьбе с соканальными помехами получены на основе применения на базовых станциях специально сконструированных антенн, обладающих диаграммами направленности с повышенным показателем характеристики градиента по пространственным угловым координатам (в азимутальном и вертикальном сечениях). Также происходит активный поиск конфигураций покрытий, обеспечивающих наиболее сильное подавление соканальных помех в условиях различных застроек и рельефов.

Например, заметное сужение областей, подверженных соканальным помехам, может быть достигнуто, если вместо традиционного трехсекторного покрытия с равномерным распределением секторов по азимутальным углам, показанного на рисунке 4.38 а, использовать покрытие, показанное на рисунке 4.38 б, предполагающее зоны перекрытия с преобладанием у одной из сот «задних направлений» распространения.

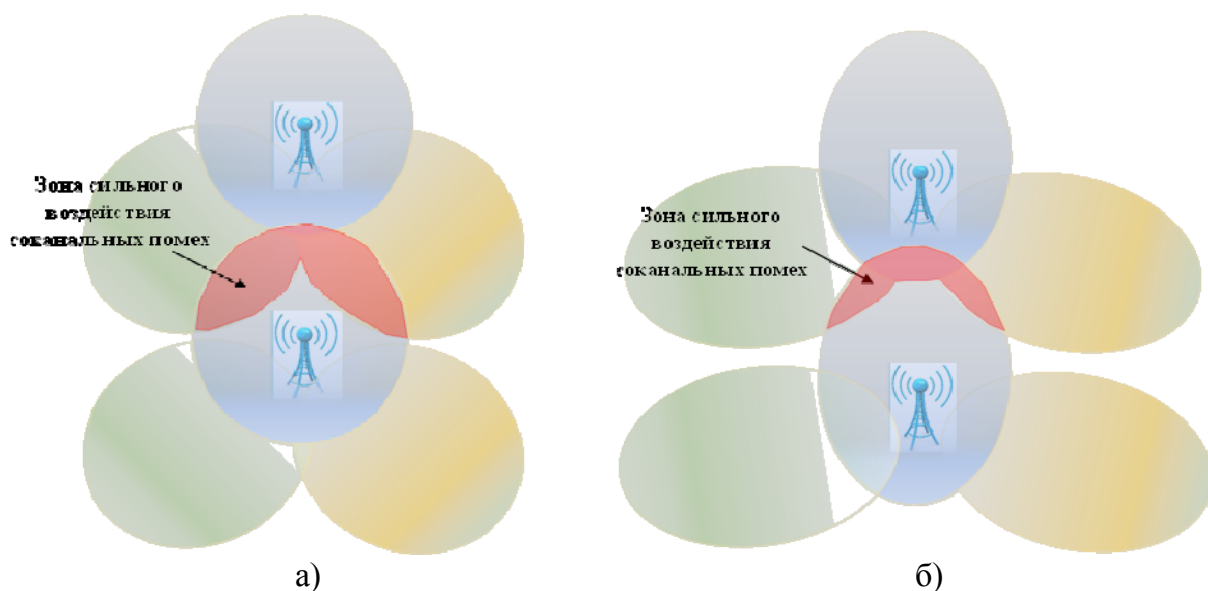


Рисунок 4.38. Зоны воздействия соканальных помех

Существенный прогресс в борьбе с соканальными помехами открыло использование техники адаптивных антенных решеток на базовых станциях, которая организует сопровождение каждого мобильного абонента собственной диаграммой направленности с одновременным подавлением как принимаемых, так и передаваемых сигналов в направлениях на абонентов соседних базовых станций, использующих те же самые фрагменты ресурса радиоканала. Такая техника пока нашла широкое применение только в транкинговой системе широкополосного доступа МАКВИЛ. Но при этом надо учитывать, что для работоспособности любой системы сотовой связи и системы широкополосного доступа требуется на каждой базовой станции организовать передачу служебных каналов управления в широкопередаточном режиме. При этом невозможно использовать технику адаптивного управления диаграмма-

ми, поскольку расположение пассивных абонентов не может быть определено. Поэтому даже в системе МАКВИЛ для широковещательных каналов управления сохраняется потребность в организации фиксированного покрытия территории, обладающего свойством повышенной эффективности подавления соканальных помех.

#### 4.20. Основные системные параметры АТ и БС

Основные системные параметры АТ и БС перечислены в таблицах 4.5 и 4.6.

Таблица 4.5 – Параметры АТ

Параметр	БПФ Быстрое преобразование Фурье (количество точек)	
	256	1024
Номинальная полоса пропускания (МГц)	1	5
Частота дискретизации (МГц)	2	8
Фактическая полоса пропускания (МГц)	1/0,875	4,75
Фактическое число используемых поднесущих	128/112	608

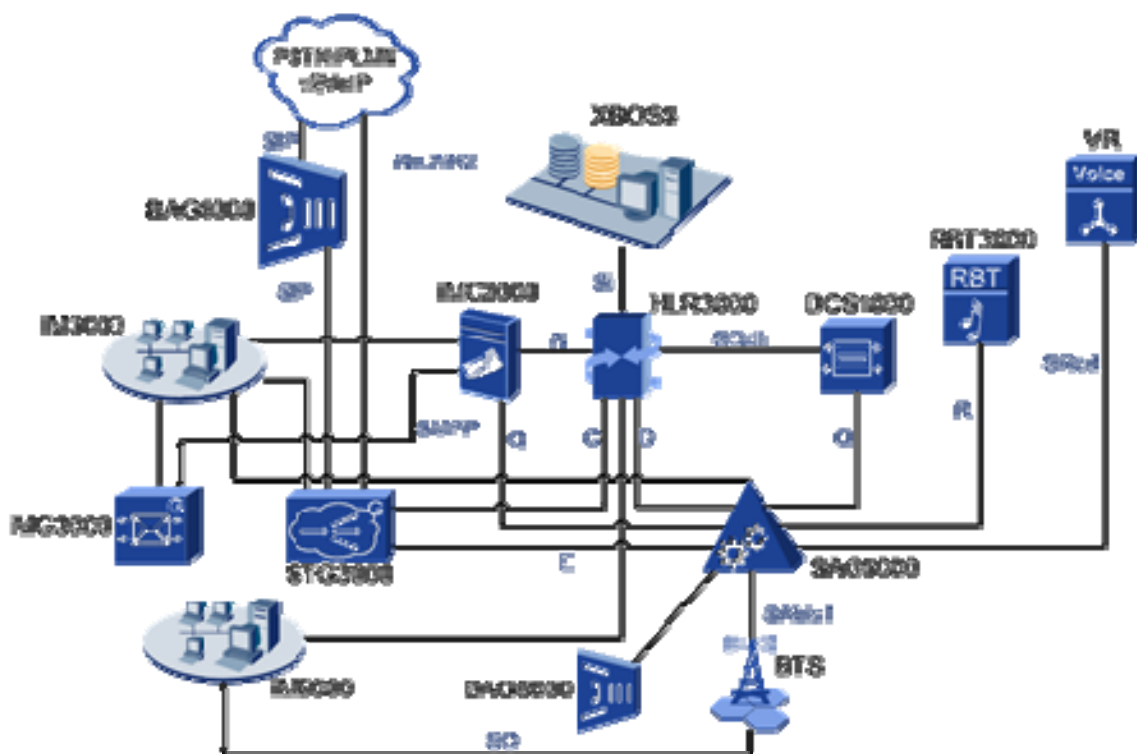
Таблица 4.6 – Параметры БС

Параметр	БПФ Быстрое преобразование Фурье (количество точек)
	1024
Номинальная полоса пропускания (МГц)	5
Частота дискретизации (МГц)	8
Фактическая полоса пропускания (МГц)	4,75
Фактическое число используемых поднесущих	608

#### 4.21. Базовая станция

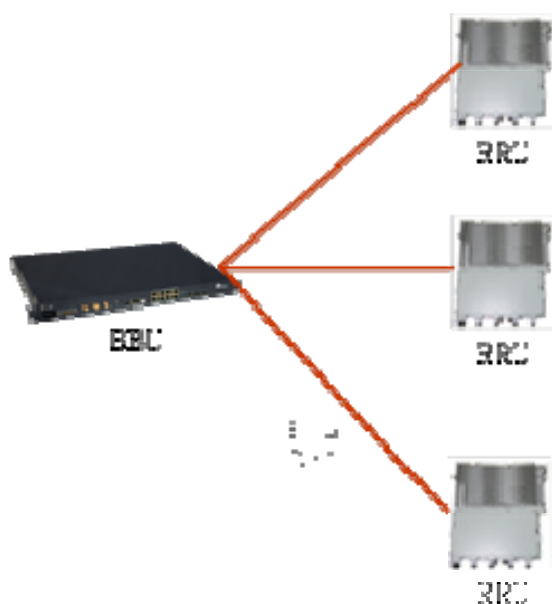
В настоящее время используется базовая станция серии XW6400 МАКВИЛ V6. Положение базовой станции серии XW6400 в системе МАКВИЛ показано на рисунке 4.39.

Для голосовой связи, широкополосная базовая станция получает доступ к SAG с помощью интерфейса SAbis1 (SCDMA Abis1 Interface, интерфейс SCDMA Abis1), а затем получает доступ к программному коммутатору с помощью SIP (Session Initiation Protocol, протокол установления сеанса. Связь между терминалом и базовой станцией осуществляется с помощью технологии широкополосного беспроводного мультимедийного кластера МАКВИЛ компании Xinwei. Для передачи данных базовая станция подключается к iM5000.



*Рисунок 4.39. Схема местоположения базовой станции серии XW6400 в системе МАКВИЛ*

Базовая станция XW6400 состоит из внутреннего блока BBU (Baseband Unit – блок основной полосы), распределительного щита питания, блока вентилятора и нескольких внешних блоков RRU (Remote Radio Unit – выносной радио блок), соединенных с BBU оптоволоконном (рис. 4.40).



*Рисунок 4.40. Схема базовой станции серии XW6400*

Базовые станции подразделяются на несколько видов в зависимости от рабочей частоты (табл. 4.7).

Таблица 4.7 – Список моделей базовых станций серии XW6400

Номер модели	Описание
XW6408-18	8-антенная волоконно-оптическая удаленная базовая станция 1800 МГц
XW6408-40	8-антенная волоконно-оптическая удаленная базовая станция 400 МГц
XW6408-34	8-антенная волоконно-оптическая удаленная базовая станция 340 МГц

Модель BBU имеет название XWB6400, а модели RRU отличаются в зависимости от рабочей частоты, как показано в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Список моделей блоков RRU

Номер модели RRU	Описание	Кодовое название	Частота, МГц
XWR6408-18	1800 МГц 8 канальный RRU	C6464	1785-1805
		C6463	1785-1802,5
		C6421	1788-1803
XWR6408-40	400 МГц 8 канальный RRU	C6417	400-430
XWR6408-34	340 МГц 8 канальный RRU	C6466	336-344

XWB6400 является центральным процессором базовой станции XW6400. Его основными функциями являются:

- осуществление основного управления главного таймера/основного генератора, передачи, коммутации, GPS и других режимов синхронизации;
- реализация обработки 8-канальной полосы модулирующих частот 5 МГц трех секторов в МАКВИЛ, а также функции интерфейса между RRU;
- осуществление управления блоком вентилятора для обеспечения охлаждения внутренних модулей и надежной работы системы;
- обеспечение стабильного и надежного источника питания для внутренних модулей;
- обеспечение восемь релейных входов и два разъема для мониторинга и контроля окружающей среды.

Блок XWB6400 изображен на рисунке 4.41. Описание интерфейса/разъемов XWB6400 представлено в таблице 4.9.





Рисунок 4.41. Изображение блока XWB6400

Таблица 4.9 – Интерфейс/разъемы XWB6400

Условные обозначения на передней панели	Тип Коннектора	Применение/назначение
POWER	D-Sub 3 контакта	Разъем подачи питания
10MHz	SMA	Выход тестового сигнала прямоугольной волны 10 МГц
10ms	SMA	Выход тестового сигнала прямоугольной волны 10 мс
GPS	SMA	Вход радиочастотных сигналов GPS
POWER	D-Sub 3 контакта	Разъем подачи питания
10MHz	SMA	Выход тестового сигнала прямоугольной волны 10 МГц
10ms	SMA	Выход тестового сигнала прямоугольной волны 10 мс
GPS	SMA	Вход радиочастотных сигналов GPS
UART	USB-B	Последовательный порт основного CPU
FE/GE0	RJ45	Интерфейс с базовой сетью – электрический интерфейс
	SFP	Интерфейс с базовой сетью – оптический интерфейс
FE/GE1	RJ45	Сетевой порт основного CPU или интерфейс с базовой сетью 2 – электрический интерфейс
FE/GE2	RJ45	Сетевой порт TRACE – электрический вход
EXTSYNC-OUT	RJ45	Вывод синхроимпульсов за пределами полосы
EXTSYNC-IN	RJ45	Ввод синхроимпульсов за пределами полосы
EXT-ALM0/1	RJ45	0~7 – входной порт аварийных сигналов, для четырех сухих контактов используется один разъем/порт
MON0/1	RJ45	Порт сигналов мониторинга окружающей среды
SFP0/1/2	SFP+	Интерфейс IR

Индикаторы передней панели и интерфейса XWB6400 показаны в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Индикаторы передней панели и интерфейса XWB6400

Обозначение индикатора	Цвет	Состояние	Значение
RUN	Зеленый	Не горит	Нет питания
		Горит	Идет загрузка
		Мигает (1 Гц)	Плата работает нормально
ALM	Зеленый	Мигает (1 Гц)	Аварийная ситуация, указывает на наличие сбоя в работе.
		Не горит	Указывает на отсутствие питания или неполадок.
FAN	Зеленый	Горит	Вентилятор работает в обычном режиме.
		Не горит	Указывает на отсутствие питания или нерабочее состояние вентилятора
		Мигает (1 Гц)	Сбой в работе 1-3 вентиляторов
GPS	Зеленый	Горит	Синхронизация GPS
		Не горит	Нет питания
		Мигает (1 Гц)	Потеря синхронизации GPS
LNK0 ~ LNK2	Зеленый	Горит	Оптические модули SFP0 ~ SFP2 успешно подключены
		Не горит	Не подключены оптические модули SFP0 ~ SFP2
ACT0 ~ ACT2	Зеленый	Горит	Статус синхронизации SFP0 ~ SFP2, выполняется отправка и получение данных
		Не горит	Ошибка синхронизации SFP0 ~ SFP2, не осуществляется отправка и получение данных
FE/GE0 ~ FE/GE2	Зеленый	Горит	Соединение установлено/подключено
		Не горит	Не подключен/нет соединения
	Оранжевый	Мигает	Выполняется отправка и получение данных
		Не горит	Не осуществляется отправка и получение данных

Блок XWR6408 изображен на рисунке 4.42.



*Рисунок 4.42. Изображение блока XWR6408*

Блок XWR6408 выполняет следующие функции:

- получение данных основной полосы частот/немодулированной передачи Down-Link, отправленных BBU, а также отправка на BBU данных основной полосы частот/немодулированной передачи Up-Link. Осуществление связи с BBU;
- приемный канал получает радиочастотные сигналы через антенну и преобразует их с понижением частоты в сигналы промежуточной частоты, а также выполняет аналогово-цифровое преобразование;
- канал передачи выполняет фильтрацию сигналов Down-Link, цифро-аналоговое преобразование, а также преобразует радиочастотные сигналы с повышением частоты в полосу частот передачи;
- обеспечивает функцию уплотнения/мультиплексирования получаемых и принимаемых сигналов радиочастотного канала, что позволяет использовать один канал антенны для получения и передачи сигналов, а также обеспечивает функцию фильтрации этих сигналов.

Изображение панелей блока XWR6408 показано на рисунке 4.43.

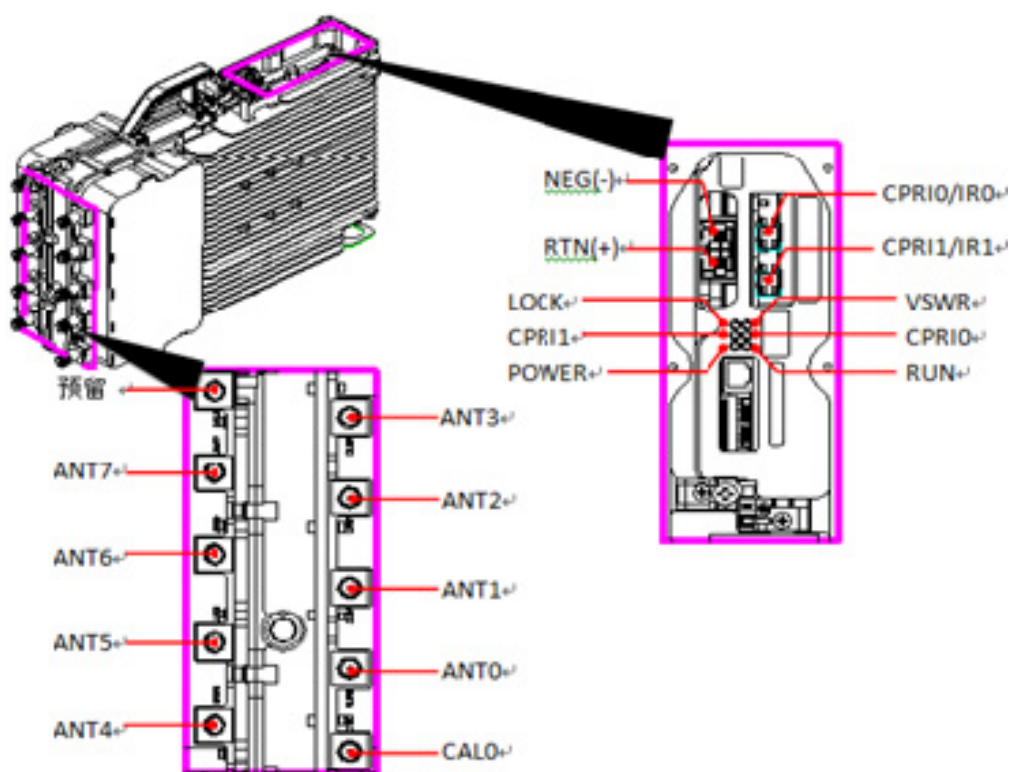


Рисунок 4.43. Изображение панелей блока XWR6408

Интерфейсы/разъемы XWR6408 представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Интерфейсы/разъемы XWR6408

Интерфейс/разъем	Описание
ANT0~ANT7	Радиочастотный интерфейс передачи/приема, используемый для выхода сигналов Down-Link/входа сигналов Up-Link
CAL0	Калибровочный порт, используемый для входа и выхода сигналов калибровки
CPRI0/IR0	Оптический интерфейс/Разъемы для оптоволокну
CPRI1/IR1	
RTN(+)	Положительный полюс источника постоянного тока
NEG(-)	Отрицательный полюс источника постоянного тока

Индикаторы XWR6408 представлены в таблице 4.12. В зависимости от максимальной поддерживаемой рабочей полосы пропускания, базовые станции серии XW6400 имеют два режима работы: максимальная рабочая полоса пропускания для первого режима – 5 МГц, 1 BBU может иметь до 3 RRU; максимальная рабочая полоса пропускания для второго режима работы – 15 МГц, в этом случае 1 BBU может иметь только 1 RRU. Второй режим используется для сервисов, требующих большой полосы пропускания/удовлетворения потребности в большой полосе пропускания.

Таблица 4.12 – Индикаторы блока XWR6408

Индикатор	Цвет	Состояние	Значение
RUN	Зеленый	Горит	Есть питание, но плата неисправна.
		Не горит	Нет питания или неисправность платы.
		Быстро мигает (2 Гц)	Загрузка программы
		Медленно мигает (0,5 Гц)	Работает нормально
POWER	Зеленый	Горит	Есть питание
		Не горит	Нет питания
VSWR	Зеленый	Горит	Аварийный сигнал стоячей волны
		Не горит	Отсутствие аварийных сигналов стоячей волны
CPRI0/ CPRI1	Зеленый	Горит	CPRI-соединение
		Не горит	Отсутствует модуль SFP или низкое напряжение источника питания оптического модуля
		Мигает (0,5 Гц )	Разорвано соединение CPRI
LOCK	Зеленый	Горит	Разблокирована PLL основной полосы или PLL радиочастоты, или внутренней PLL FPGA
		Не горит	Нет аварийных сигналов

#### 4.21.1. Услуги и функции базовой станции

Основными услугами, которые предоставляет XW6400, являются: услуга широкополосной передачи данных, услуга HEV и услуги кластера/транкинговых услуг:

- Услуга широкополосной передачи данных: функция передачи данных обеспечивается на основе IPv4, IPv6. Поддержка видео по требованию, передачи файлов, видеонаблюдения и других высокоскоростных услуг широкополосной передачи данных.

- Услуга HEV (High Efficiency Voice, высокоэффективный голос/речь).

- Услуги кластера/транкинговые услуги: поддержка услуги группового и одиночного вызова.

- Услуга биллинга/расчета оплаты за услуги.

- XW6400 главным образом выполняет следующие функции.

### *Функции радиointерфейса*

– Осуществление дуплекса с временным разделением: цикл TDD системы составляет 10ms, всего восемь временных слотов. Соотношение временных слотов Up-Link и Down-Link можно регулировать.

### *Функция доступа*

– Адаптивная модуляция: в соответствии с соотношением сигнал/шум беспроводного канала, мощности и других параметров, базовая станция поддерживает автоматическую регулировку режима модуляции беспроводного канала. А также в процессе регулировки, необходимо обеспечить отсутствие потери пакетов.

– Динамическое распределение полосы пропускания: базовая станция поддерживает функцию динамического распределения полосы пропускания между различными терминалами.

– Регулировка мощности: регулировка мощности при разомкнутой и замкнутой абонентской линии одинаково используется для Up-Link и Down-Link.

– Проектирование защитных временных интервалов, а также стратегии.

### *Сетевые функции*

Базовые станции серии XW6400 обеспечивают два адаптивных FE/GE порта Ethernet для реализации сетевых и межсетевых функций.

– Поддержка сети с полным спектром услуг, т.е. одновременно поддерживает услуги широкополосной передачи данных и услугу NEV.

– Поддержка функции амортизации отказов, т.е. может работать независимо без поддержки сетевого оборудования, и предоставлять базовые услуги передачи данных и голосовой связи для терминалов, находящихся в зоне действия.

– Поддержка функции одночастотной сети.

– Поддержка односекторных, двухсекторных и трехсекторных RRU (для конфигурации полосы пропускания системы 5MHz).

### *Функции обслуживания во время эксплуатации*

Функции обслуживания во время эксплуатации базовых станций серии XW6400 включают: функция аварийных оповещений, статистическая функция, функция удаленной загрузки программного обеспечения, а также функция контроля рабочего состояния:

– функция аварийных оповещений: отправляет информацию о различных неполадках в систему сетевого управления, включая: сброс системы, сбой GPS, восстановление GPS, сбой и восстановление тактового генератора;

– функция статистики телефонного трафика: предоставляет основные данные статистики для оптимизации работы системы и сети;

– функция удаленной загрузки программного обеспечения: данная система поддерживает удаленное обновление базовой станции, что значительно облегчает работу и обслуживание системы;

– управление версиями: система сетевого управления обеспечивает получение информации о версии программного обеспечения базовой станции;

- калибровка системы: данные калибровки могут быть загружены на базовую станцию через систему сетевого управления, после чего можно выполнить калибровку;
- сброс системы: управление сбросом базовой станции можно осуществлять с помощью системы сетевого управления;
- функция удаленного обслуживания: удаленное обслуживание базовой станции осуществляется с помощью Telnet и других сетевых утилит;
- контроль рабочего состояния;
- с помощью сетевого управления можно проверять рабочее состояние/статус работы каждой базовой станции;
- базовая станция может получать информацию о мощности Up-Link и Down-Link терминалов, отношение сигнал/шум и другую информацию, а также отображать информацию через клиент-сетевое управление;
- через сетевое управление выполняется измерение коэффициента стоячей волны RRU.

Базовые станции серии XW6400 поддерживают несколько функций для осуществления мобильности терминалов:

- Поддержка мобильной связи для терминалов, находящихся в зоне действия базовой станции. В пригородной открытой местности скорость перемещения может превышать 120 км/ч, в городской среде скорость перемещения может достигать 40~60 км/ч.
- Поддержка функции передачи обслуживания/хэндовера терминала, находящегося на границе зоны действия базовой станции, включая оценку состояния поддержки услуг пользователя.
- Поддержка управления передачей обслуживания между ретранслятором в зоне отсутствия приема и данной базовой станции.
- Поддержка функций удаленного обновления и обслуживания терминала.

#### ***4.21.2. Особенности продукта***

Особенностями базовых станций серии XW6400 являются:

*Передовая технология:*

- использование передовых технологий, таких как: CS-OFDMA, SDMA, адаптивная/умная антенна, радиосвязь с программируемыми параметрами и уникальный протокол радиоинтерфейса.

*Широкая зона действия:*

- энергетический потенциал линии связи базовой станции широкополосного беспроводного доступа МАКВИЛ может достигать 160dB. Большая зона покрытия широкополосного беспроводного доступа МАКВИЛ позволяет легко формировать региональные сети MAN. Это даёт абонентам возможность, не ограничиваясь только точками беспроводного публичного доступа (хотспот), использовать широкополосные услуги в широком диапазоне.

*Удобны в установке и обслуживании:*

– Для установки используется оптоволокно вместо фидеров/проводов. Для каждой базовой станции нужна всего одна пара оптоволокон для соединения/подключения BBU и RRU, что значительно уменьшает сложность установочных работ, снижает затраты и уменьшает сроки их выполнения. В то же время сокращается количество точек повреждения в системе волоконно-оптической базовой станции, этапы устранения неполадок, что в свою очередь, повышает эффективность устранения неполадок базовой станции.

– Снижение требований к проектированию защиты от молний, повышение надежности работы системы.

– В отличие от традиционной базовой станции, для которой используются фидеры/провода, BBU системы волоконно-оптической базовой станции не требуют молниеотводов, что значительно уменьшает сложность конструкции и упрощает процесс установки, а также повышает надежность работы системы.

– Использование модульного проектирования, гибкая конфигурация, высокий уровень совместимости, расширяемость.

– Разделение основной полосы частот и радиочастот, что позволяет им независимо изменяться и обновляться.

– Удаленное расположение RRU, снижение требований к расположению станций.

– Система удаленных базовых станций с оптоволокном может осуществлять централизованное размещение BBU. При наличии ресурса передачи, посредством рационального управления централизованным размещением базовой полосы частот, планирование и регулирование местоположения антенны больше не ограничено такими условиями, как машинное отделение/серверная комната. А стандартная структура соты может быть создана в соответствии с особенностями фактической окружающей среды пользователя. Это значительно снижает затраты на строительство и трудности координации при оптимизации сетевого планирования и вспомогательного оборудования базовой станции (например: серверная комната, система кондиционирования и т.д.), а также улучшает сигнал в зоне покрытия.

*Повышенная надежность*

Надежность главным образом отражается в следующих аспектах:

– Конструкция антенны – при возникновении неполадок нескольких антенн (если не все восемь) система базовой станции будет продолжать работу в привычном режиме; не влияют на работу терминалов, находящихся вблизи базовой станции, но могут возникнуть трудности доступа у терминалов, находящихся на границе зоны покрытия. Услуги не будут осуществляться в привычном режиме, чем больше неисправных антенн, тем больше неполадок в работе.

– Амортизация отказов – при возникновении неполадок в связи базовой станции с базовой сетью, базовая станция может перейти в режим амортизации отказов для обеспечения стабильной связи между абонентами, находящимися под одной базовой станцией.



– Ремонтпригодность – система может автоматически определять, диагностировать неполадки программного и аппаратного обеспечения, а также сообщать о них с помощью аварийных сигналов. В то же время, система осуществляет контроль состояния окружающей среды и оперативно отправляет аварийные сигналы при выявлении проблемы.

– Резервное копирование – программное обеспечение выполняет основное и дополнительное резервное копирование для обеспечения надежности программы. При сбое удаленного обновления программа автоматически переключится на безопасную версию.

#### 4.21.3. Технические характеристики XW6400

Технические характеристики XWB6400 представлены в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Технические характеристики XWB6400

Пункт	Значение
Размер оборудования (ширина*глубина*высота)	482,6 * 320 * 43,6 мм
Вес оборудования (без упаковки и комплектующих)	4,5 кг
Источник питания постоянного тока	-48 VDC (-40V~-57V)
Потребляемая мощность	100W
Максимальная потребляемая мощность	130W
Эксплуатационная готовность оборудования	99, 999%
Среднее время между отказами (MTBF)	≥200 000 часов
Среднее время до восстановления (MTTR)	≤0,5 часа
Надежность BBU	Годовой процент отказов составляет менее 2%, а время прерывания обслуживания составляет менее трех минут/год (MTTR предположительно составляет 1 час)
Температура и влажность	Температура среды: -5~+55°C Относительная влажность: 15~85%
Уровень водонепроницаемости и пыленепроницаемости	Соответствует уровню защиты IP20
Число интерфейсов IR	Имеет три оптических интерфейса 6G
Интерфейс передачи	Имеет два интерфейса GE, один GE порт может быть настроен, как оптический порт, а другой GE порт поддерживает только электрический порт
GPS	Поддерживает синхронизацию GPS
Поддержка времени	После потери источника синхронизации, основные часы BBU независимо передают точное время в течении 8 часов. Температурный дрейф полевого синхроимпульса BBU меньше ±1,5 градуса

Таблица 4.14. Технические характеристики XWB6400 (продолжение)

Пункт	Значение		Примечание	
Максимальная выходная мощность	XWR6408-18	8*10 В	8 канальный RRU, 8T8R	
	XWR6408-40	8*10 В		
	XWR6408-34	8*10 В		
Рабочая частота	XWR6408-18	C6464	1785-1805 МГц	XWR6408-18 делятся на три полосы частот
		C6463	1785-1802,5 МГц	
		C6421	1788-1803 МГц	
	XWR6408-40	C6417	400-430 МГц	
	XWR6408-34	C6466	336-344 МГц	
Размер оборудования (высота*ширина*глубина)	550 мм×320 мм×135 мм			
Вес оборудования (без упаковки и комплектующих)	23 кг			
Источник питания постоянного тока	Постоянный ток (DC)-48 В(-40В~-57В) источник постоянного тока			
Потребляемая мощность	При соотношении временных интервалов 4:4, средняя потребляемая мощность ≤320W При соотношении интервалов 6:2, средняя потребляемая мощность ≤400W			
Чувствительность приемника	-108 пропромилле/подканал		С соответствующим BER≤10-3(QPSK)	
Допуск по частоте	≤0,05			
Эксплуатационная готовность оборудования	99, 999%			
Среднее время между отказами (MTBF)	≥200 000 часов			
Среднее время до восстановления (MTTR)	≤0,5 часа			
Обычная рабочая среда	При работе в помещении и на открытом воздухе годовой процент отказов составляет менее 2%, а время прерывания обслуживания составляет менее трех минут/год (MTTR предположительно составляет 1 час)			
Высокотемпературная среда	В условиях высокой температуры +70°C может работать до пяти часов			
Тепловая защита	Поддерживает тепловую защиту усилителя мощности радиочастотного модуля			
Защита от перенапряжения и перегрузки по току	Поддерживает функцию защиты от перенапряжения, перегрузки по току и обратной полярности			
Температура и влажность	Температура среды: -40°C~ + 55°C Относительная влажность: 2~100%			
Уровень водонепроницаемости и пыленепроницаемости	Соответствует уровню защиты IP65			
Способ установки	Установка на столбах, стенах, вышках.			
Число интерфейсов IR	Имеет 1df оптических интерфейса со скоростью 6G			
Скорость интерфейса IR	Поддерживает скорость передачи данных 6,144 Гбит/с			

#### 4.21.4. Функциональные показатели пропускной способности

В таблице 4.15 представлены функциональные показатели пропускной способности системы 5 МГц.

Таблица 4.15 – Функциональные показатели пропускной способности системы 5 МГц

Пункт	Значение	Примечание
Максимальное количество сот для одной станции	3	
Пропускная способность системы	Максимально поддерживает 5 МГц	Может поддерживать $N*1\text{MHz}$ , где $N$ может быть целым числом от 1 до 5
Структура фреймов	Поддерживает структуру фрейма МАКВИЛ 10 мс	
Конфигурация временных слотов	Поддерживает конфигурацию временных слотов Up-Link и Down-Link для структуры фреймов 10 мс МАКВИЛ: 4D4U, 2D6U, 6D2U	
Стандарт	Поддерживает CS-OFDMA	
Режим модуляции	Поддерживает QPSK, 8PSK, 16QAM, 64QAM, с адаптивной модуляцией.	
Пропускная способность одной соты	25 Мбит/с (с SDMA) 15 Мбит/с (без SDMA)	Если рабочая полоса пропускания 5 МГц, сумма пропускной способности Up-Link и Down-Link
Количество зарегистрированных пользователей одной соты	4500	
Количество одновременных пользователей одной соты	100	
Гранулярность/зернистость радиочастотного канала	Поддерживаемая гранулярность/зернистость радиочастотного канала – 1А ( $1A*N$ , $N=8$ )	Количество радиочастотных каналов, которые могут быть подключены к RRU – 8 каналов
Максимальное расстояние оптоволокну	10 км	
Поддержка скорости перемещения UE	120 км/час	

Функциональные показатели пропускной способности системы 15 МГц представлены в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Функциональные показатели пропускной способности системы 15 МГц

Пункт	Значение	Примечание
Максимальное количество ячеек для одной станции	1	
Пропускная способность системы	Максимально поддерживает 15 МГц	Может поддерживать $N*1$ МГц, где $N$ может быть целым числом от 1 до 15
Структура фреймов	Поддерживает структуру фрейма МАКВИЛ 10 мс	
Конфигурация временных слотов	Поддерживает конфигурации временных слотов Up-Link и Down-Link для структуры фреймов 10ms МАКВИЛ: 4D4U, 2D6U, 6D2U	
Стандарт	Поддержка CS-OFDMA	
Режим модуляции	Поддерживает QPSK, 8PSK, 16QAM, 64QAM, с адаптивной модуляцией	
Пропускная способность одной ячейки	72 Мбит/с (с SDMA) 45 Мбит/с (без SDMA)	Если рабочая полоса пропускания 15 МГц, сумма пропускной способности Up-Link и Down-Link
Количество зарегистрированных пользователей одной ячейки	19200	
Количество одновременных пользователей одной ячейки	300 (без SDMA) 150 (с SDMA)	
Гранулярность/зернистость радиочастотного канала	Поддерживаемая гранулярность/зернистость радиочастотного канала – $1A$ ( $1A*N, N=8$ )	Количество радиочастотных каналов, которые могут быть подключены к RRU – восемь каналов
Максимальное расстояние оптоволоконна	10 км	
Поддержка скорости перемещения UE	120 км/час	

## 4.22. Идентификаторы в сети МАКВИЛ

### 4.22.1. Идентификационный номер терминала PID

Идентификационный номер терминала PID (Product Identifier) – уникальный идентификационный номер, аналог IMEI в мобильной сотовой связи, используемый для идентификации терминала МАКВИЛ, который вносится производителем в процессе производства в энергонезависимое запоминающее устройство изделия. В данном номере зашифрованы идентификационные данные производителя – это означает, что проанализировав PID можно получить основные сведения о производителе. В HLR хранятся соответствия между номером PID, присвоенным абонентскому терминалу, номером UID и номером SID. Структура номера PID показана на рисунке 4.44.

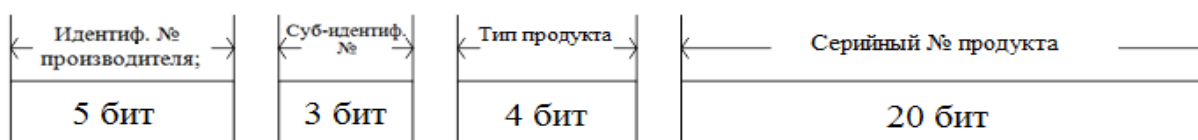


Рисунок 4.44. Структура идентификационного номера терминала PID

Таким образом PID – это 32-х битовый идентификатор, записанный в шестнадцатеричной системе исчисления. Суб-идентификационный номер используют крупные производители в случае необходимости.

### 4.22.2. Идентификационный номер абонента UID

Для идентификации абонента используется номер UID (User Identifier), аналог номера IMSI в мобильной сети. Структура такого номера показана на рисунке 4.45.



Рисунок 4.45. Структура идентификационного номера абонента UID

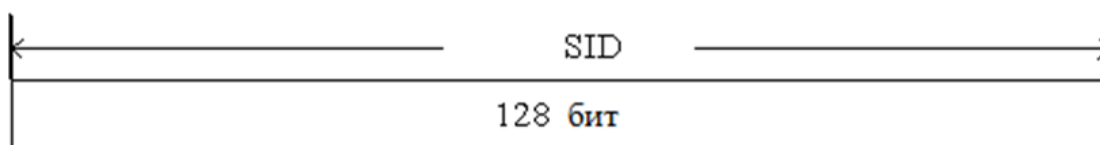
Таким образом, UID – это 32 битовый идентификатор; первые 16 бит – номер логического HLR, в котором содержится вся информация об абоненте.

Номер логического HLR состоит из двух частей: идентификационный номер локальной сети МАКВИЛ (12 бит) и суб-идентификационный номер (4 бита), т.е. это номер HLR в данной локальной сети, эти 16 бит называют префиксом UID. Общий ресурс UID составляет 4,2 млн номеров, а каждый логический HLR может содержать сведения о 65 536 абонентах. На практике, при использовании высокопроизводительных компьютеров, один фактический HLR может содержать несколько логических. Исходя из структуры и количества бит в одной локальной сети, может быть 16х 65536 абонентов, т.е. около 1 млн абонентов. В настоящее время в Китае работает около 300 локальных сетей. Поэтому такая схема присвоения номеров обеспечивает потребности не только Китая, но и локальные сети в других странах.

В системе МАКВИЛ функция адресации и маршрутизации по UID осуществляется посредством SAAP/ТСРЕ. В настоящее время функции SAAP/ТСРЕ поддерживают как оконечные станции SAG, HLR, так и другие элементы сети. При необходимости установления связи между ними, например установления попарных соединений, требуется лишь выполнить конфигурацию маршрутизации SAAP/ТСРЕ, также возможно перенаправление каналов ТСРЕ, к которым стороны для связи, не были подключены напрямую, используя другие элементы сети.

#### **4.22.3. Идентификатор безопасности учетной записи пользователя SID**

Идентификатор безопасности учетной записи пользователя SID (Security Identifier) представляет собой случайное 128-битное число (см. рис. 4.46) и используется для выполнения аутентификации и шифрования, а также обеспечивает необходимый уровень защиты данных абонента, аналог Kiv мобильной сети, Данный номер является персональной информацией абонента и не подлежит разглашению третьим лицам.



**Рисунок 4.46.** Структура идентификатора безопасности SID

В процессе программирования терминала SID генерируется алгоритмом шифрованием G3, выполняемом в центре программирования, и вместе с UID заносится в энергонезависимое запоминающее устройство терминального оборудования, а также в запись об абоненте в HLR. При программировании беспроводным способом SID генерируется шифрованием в HLR, затем выполняется его сохранение в HLR.

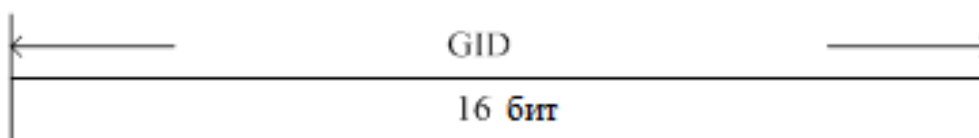
Также SID передается при загрузке данных о пользователе на терминал, где он сохраняется в энергонезависимом запоминающем устройстве в зашифрованной форме.

При программировании без привязки к серийному номеру устройства SID генерируется при помощи расширенного алгоритма шифрования паролей и сохраняется в энергонезависимом запоминающем устройстве в зашифрованной форме, при этом HLR сохраняет пароль пользователя, но не сохраняет SID.

SID не является уникальным номером, то есть возможно возникновение ситуации, в которой два или более абонента используют один SID.

#### **4.22.4. Идентификационный номер группы абонентов GID**

Идентификационный номер группы абонентов GID (Group Identifier) представляет собой идентификатор, выражаемый в шестнадцатеричной системе счисления для системы и в десятичной системе для абонентов и операторов (рис. 4.47).



**Рисунок 4.47.** Структура идентификационного номера группы абонентов GID

На данном этапе существующие стандарты и законченные системы цифровой транкинговой связи не предлагают определений группового телефонного номера, и, как показал анализ, необходимости в таком определении нет, поэтому для групп абонентов предусмотрен только GID.

На стандартную сеть емкостью 1 000 000 отводится 65 636 GID, на сеть емкостью 500 000 номеров – 32 768 GID, на сеть емкостью 250 000 номеров – 8 192 GID. Диапазон, отведенный под GID: 0x0000-0xFFFF (шестнадцатеричная система) или 0-65535 (десятичная система).

#### **4.22.5. Идентификационный номер оператора связи CID**

Идентификационный номер оператора связи CID – уникальный идентификатор операционной сети, выражаемый в системе МАКВИЛ шестнадцатеричным числом.

CID представляет собой 20-битный идентификатор. Его структура представлена на рис. 4.48.



**Рисунок 4.48.** Структура идентификационного номера оператора связи CID

Идентификатор сети: идентификационный номер оператора связи, в котором биты 16-19 равны 0, а битами 12-15, то есть всего 4 битами, может быть подписано 16 операторов связи.

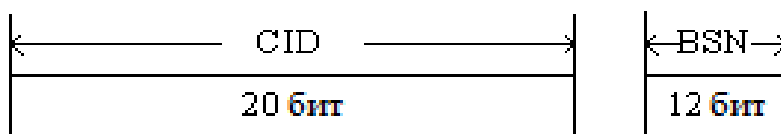
Идентификатор подсети: идентификатор подсети в ведении оператора с диапазоном 100~999 (десятичное число), присваиваемый в виде двоично закодированного десятичного числа. Каждые 4 бита выражаются однозначным числом, при этом первые 4 бита выражаются трехзначным числом, средние 4 бита – двузначным числом, последние 4 бита – однозначным числом.

Присвоение номера должно осуществляться в соответствии с требованиями «МАКВИЛ 53.03-V1.0. МАКВИЛ V6. Схема присвоения идентификаторов. Требования к управлению лицензиями на оборудование».

#### 4.22.6. Идентификационный номер базовой станции BTSID

Идентификационный номер базовой станции BTSID используется в системе МАКВИЛ для обозначения базовых станций и выражается шестнадцатеричным числом.

Длина BTSID составляет 32 бита:  $BTSID = CID(20 \text{ бит}) + BSN(12 \text{ бит})$ , как показано на рисунке 4.49, где CID – идентификационный номер оператора, использующего технологию МАКВИЛ, а BSN – серийный номер базовой станции МАКВИЛ.



**Рисунок 4.49.** Структура идентификационного номера базовой станции BTSID

BSN присваивается оператором связи в пространстве 0x000-0xFFF.

#### 4.22.7. Идентификационный номер зоны местоположения LAI

Зона местоположения может быть определена как совокупность зон покрытия нескольких соседних BTS, для обозначения которой используется идентификационный номер зоны местоположения LAI, выражаемый в системе

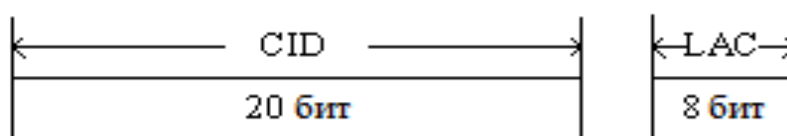


МАКВИЛ в виде шестнадцатеричного числа. В сетях МАКВИЛ деление на зоны местоположения выполняется в соответствии со следующими требованиями:

- одна зона местоположения в сетях МАКВИЛ должна находиться в пределах зоны действия одного SAG;
- в зоне действия одного SAG может находиться несколько зон местоположения.

При обновлении местоположения в той же зоне местоположения голосовая регистрация невозможна.

LAI = CID (20 бит) + LAC (12 бит), как показано на рисунке 4.50, где CID – идентификационный код оператора сетей SCDMA а LAC – код зоны местоположения.



**Рисунок 4.50.** Структура идентификационного номера зоны местоположения LAI

Длина LAC составляет 8 бит; в пределах одной подсети оператора связи может быть выделено максимум 254 (00H и FFH не используются) зоны месторасположений.

LAC присваивается оператором с соблюдением требования к сохранению уникальности номера в пределах одной подсети.

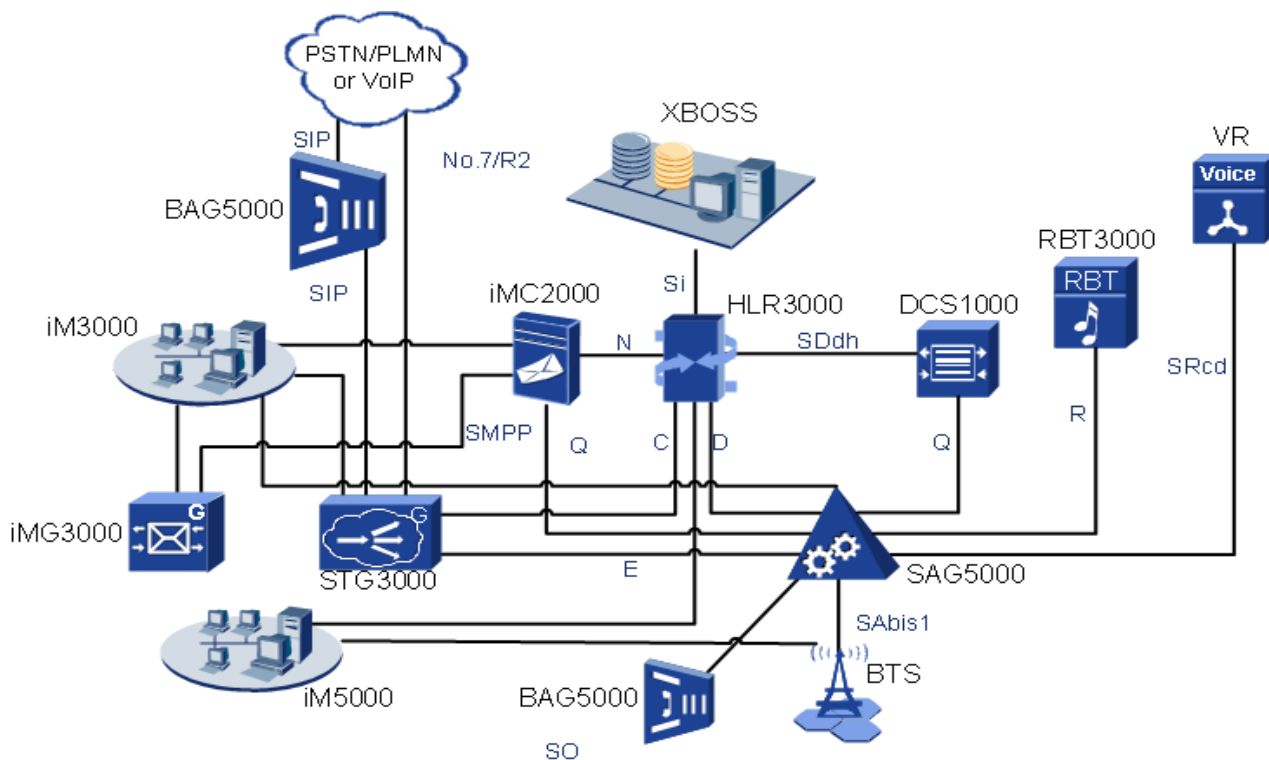
#### **4.22.8. Идентификатор HLR (HLRID). Идентификатор SAG (SAGID). Идентификатор SMC (SMCID)**

Идентификатор HLR (HLRID), идентификатор SAG (SAGID), идентификатор SMC (SMCID) должны соответствовать требованиям, изложенным в документе «SCDMA 30.02-v1.0. SCDMA V5. Порядок присвоения идентификационных номеров»

## ГЛАВА 5. СТРУКТУРА СЕТИ МАКВИЛ

Сеть МАКВИЛ состоит из сети доступа и базовой сети. Сеть доступа включает в себя базовую приемопередающую станцию (BTS) и граничный шлюз доступа BAG3000/BAG5000.

Структура сети МАКВИЛ показана на рисунке 5.1.



*Рисунок 5.1. Структура сети МАКВИЛ*

Базовая сеть включает в себя шлюз агрегации служб SAG5000, опорный регистр местоположения HLR3000, интегральный центр обработки сообщений iMC2000, систему диспетчерского управления DCS1000, наращиваемую (расширяемую) систему поддержки бизнеса и эксплуатации XBOSS, устройство записи речи VR.

Сеть МАКВИЛ предоставляет средства голосовой сети и сети передачи данных в зависимости от запроса. Основное различие между средствами голосовой сети и сети передачи данных заключается в базовой сети.

В случае голосовой сети базовая сеть состоит в основном из SAG5000 и HLR3000, которые могут образовывать независимую сеть. Базовая сеть использует архитектуру мобильного программного коммутатора и реализует обработку вызовов, начисление платы и управление мобильностью для пользователей. В случае сети передачи данных базовая станция непосредственно подключается к сервисной платформе третьих лиц.

Сеть МАКВИЛ содержит систему поддержки эксплуатации, состоящую из iM3000 (в базовой сети), iM5000 (в сети доступа), и систему XBOSS.

## ГЛАВА 6. СТРУКТУРА ЯДРА СЕТИ МАКВИЛ

Ядро сети мобильного широкополосного доступа МАКВИЛ разработано по двухуровневой архитектуре: верхний уровень – уровень NCN (National Core Network) – национальное ядро сети (национальный узел ядра сети); нижний уровень – RCN (Regional Core Network) – региональное ядро сети (региональный узел ядра сети). Уровень NCN осуществляет функции мониторинга и сбора статистики, управление базой данных абонентов и обслуживание, включая биллинг (тарификацию), сервисные и дополнительные услуги. Уровень RCN реализует основной доступ к телекоммуникационным услугам, таким как интернет, передача коротких сообщений и голосовых услуг. Объединение узлов ядра в единую логическую структуру обеспечивает отказоустойчивую и гибкую распределенную архитектуру современной сети оператора связи. Сетевая архитектура ядра сети МАКВИЛ представлена на рисунке 6.1.

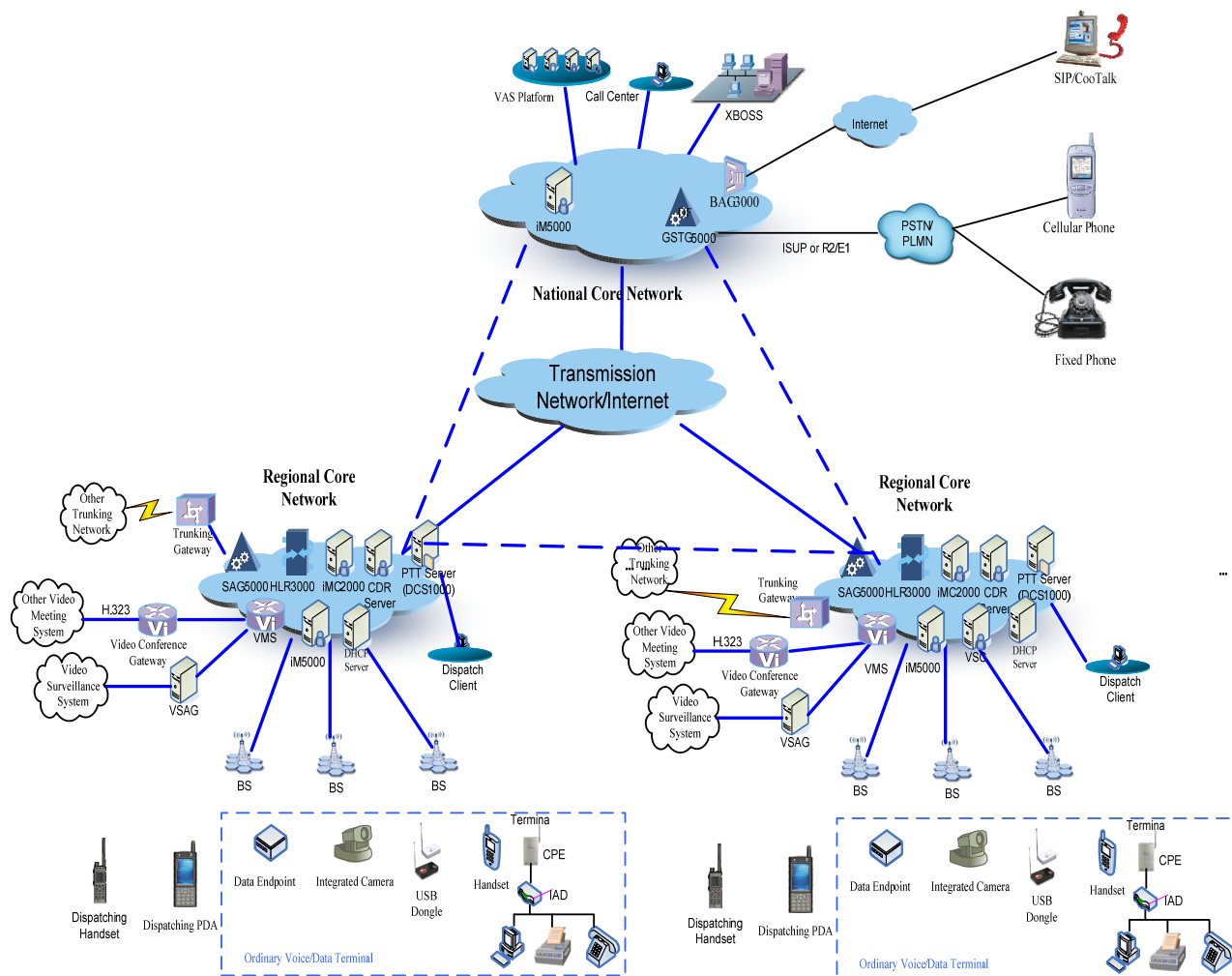


Рисунок 6.1. Сетевая архитектура ядра сети МАКВИЛ

Особенности двухуровневой архитектуры ядра сети:

- все региональные узлы ядра сети совместно используют XBOSS (система поддержки операционной и бизнес деятельности оператора), VAS (сервисы дополнительных услуг) и подключение к любой другой сети, что уменьшает общую стоимость развертывания и поддержки ядра сети;

- предоставление основных и расширенных услуг, таких как местная голосовая связь, связь с HLR, транкинговая связь (Trunked radio), видеонаблюдение, передача коротких сообщений, осуществляется локально, чтобы уменьшить загрузку магистральной сети;

- легкость и независимость масштабирования и расширения национально-го и региональных узлов ядра сети;

- соединение с другими сетями и провайдерами услуг осуществляется единым образом национальным ядром. Таким образом, достигается легкость управления и взаимодействия.

Проблемы двухуровневой архитектуры ядра сети:

- все региональные сети должны быть непротиворечивы в правилах работы, включая тариф, рекламу и доход. Каждая региональная сеть не может проводить расчеты независимо;

- при модернизации сети соответствующие изменения необходимо вносить в каждое региональное ядро.

## **6.1. Национальное ядро сети**

Национальное ядро сети NCN состоит из следующих систем и оборудования:

- подсистема XBOSS;

- подсистема VAS-услуг;

- подсистема BAG3000/ BAG5000;

- подсистема поддержки клиентов (Custom Support Subsystem);

- шлюз агрегации служб SAG3000/SAG5000 и STG/GSTG5000

и др.

### **6.1.1. Подсистема XBOSS**

XBOSS (Extensive Business Operation Support System) – расширяемая система поддержки операционной и бизнес деятельности оператора сети МАКВИЛ, в основном, находит применение в следующих случаях:

- Сооружение, расширение или модернизация широкополосных беспроводных сетей крупных городов (MAN), эксплуатируемых отраслевыми операторами.

- Сооружение, расширение или модернизация широкополосных беспроводных сетей крупных городов (MAN), эксплуатируемых международными операторами.

– Сооружение, расширение или модернизация систем эксплуатации и поддержки операторов виртуальных сетей.

XBOSS состоит из следующих функциональных центров:

- центр регистрации абонентских номеров;
- абонентский центр;
- центр пакета услуг;
- центр управления ресурсами;
- центр регулирования денежных операций;
- центр послепродажного обслуживания, центр заказов;
- центр обработки заказ-наряда;
- центр учета и тарификации;
- центр управления штатом.

Функции центров подсистемы XBOSS представлены в таблице 6.1.

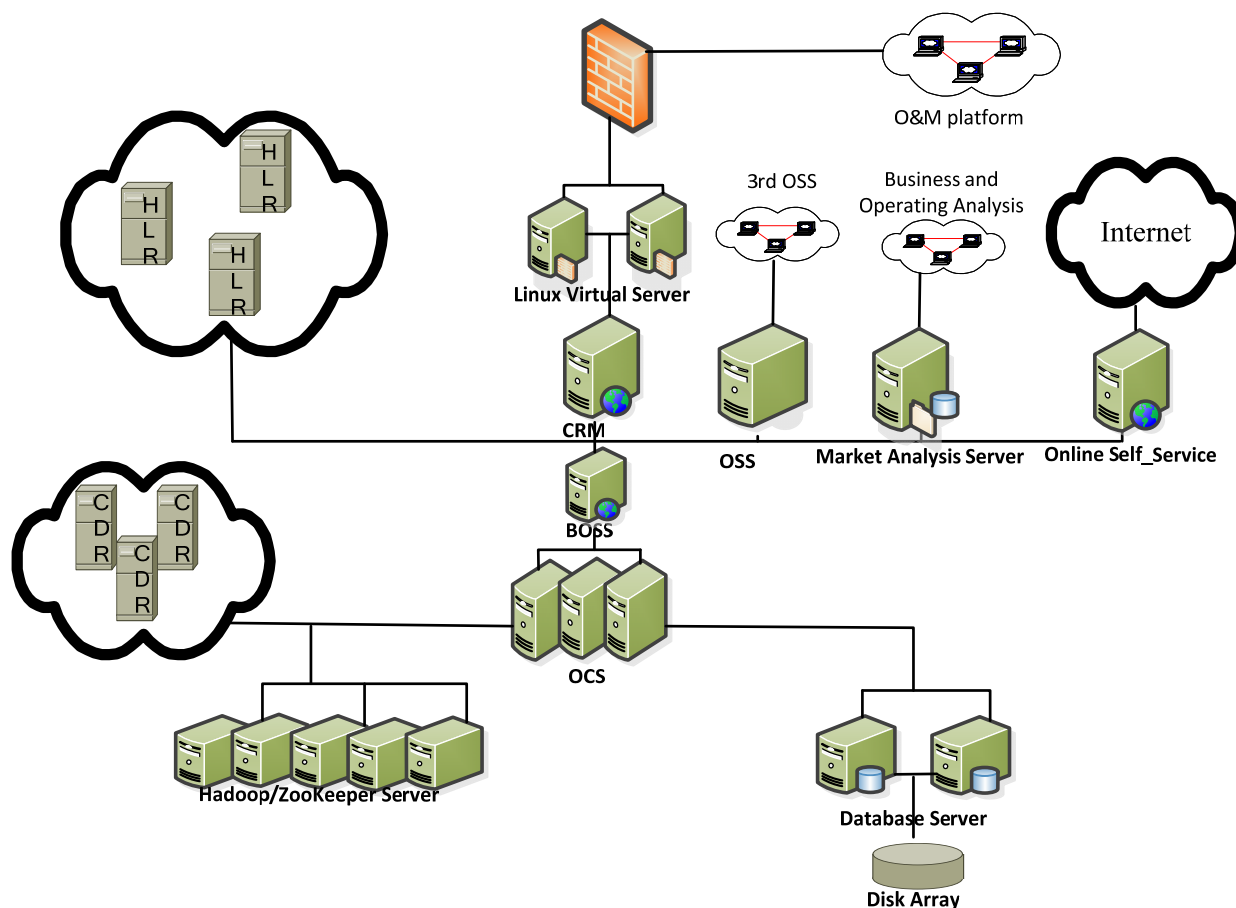
Таблица 6.1 – Функции центров подсистемы XBOSS

<b>Центр регистрации абонентских номеров</b>
Выбор телефонного номера
Регистрация и аудит
Выбор пакета услуг
Бонусы и предложения
<b>Центр регулирования денежных операций</b>
Изменение учетной записи
Снятие/начисление наличных средств
Запрос баланса
Запрос транзакции
<b>Центр послепродажного обслуживания</b>
Обработка жалоб online
Консультации online
Выполнение заказа-наряда
Прием заказа-наряда
<b>Абонентский центр</b>
Запрос информации об абоненте
Запрос остатка на счете
Запрос заказа на закупку
Запрос бесплатного ресурса
Полная информация об абоненте
Изменение заказа на закупку
Учетная запись по заказу (приостановка/восстановление/отмена)
Подробный запрос счета
Замена телефона
Переучет стоимости и платеж
<b>Центр управления ресурсами</b>
Управление складом
Запись ресурса

Ресурс в наличии
Ресурс, оплаченный абонентом
Ресурс покупки
Ресурс продаж
Управление заказом на закупку
Ресурс отказов
<b>Центр пакета услуг</b>
Создание пакета услуг
Запрос информации о пакете услуг
Модификация пакета услуг
Отмена и удаление пакета услуг
Реклама пакета услуг
Исследование запросов по пакету услуг
Реклама обновленного пакета услуг
Отмена рекламы
<b>Центр заказов</b>
Прием заказа
Распределение заказа
Запрос заказа
Изменение заказа
Отмена заказа
Выполненный заказ
<b>Центр обработки заказ-наряда</b>
Формирование/обработка заказ-наряда
Сопровождение заказ-наряда
Подтверждение на изготовление заказ-наряда
Исполнение заказ-наряда
<b>Центр учета и тарификации</b>
Разработка системы учета и тарификации
Сбор/предварительная обработка CDR
Клиринг управления
Ценообразование/учет
Тарификация
Бухучет
<b>Центр управления штатом</b>
Должностные инструкции
Управление штатным расписанием
Управление персоналом
Целевое управление

### **6.1.2. Описание подсистем XBOSS**

Подсистемы XBOSS осуществляют выполнение ряда специфических задач. Как показано на рисунке 6.2, в XBOSS входят:

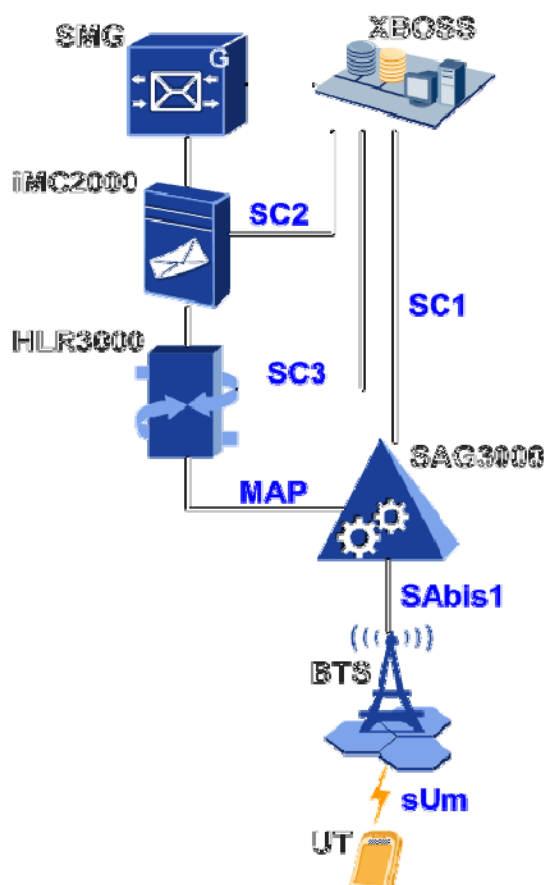


*Рисунок 6.2. Структура подсистемы XBOSS*

- LVS сервер (Linux Virtual Server). Сервер управления кластерных систем для Linux систем;
- CRM (Customer Relationship Management) сервер. Сервер системы управления взаимоотношениями с клиентами;
- BOSS (Business and Operation Support System) сервер. Сервер системы поддержки операционной и бизнес-деятельности;
- OCS (Online Charging System) сервер. Сервер кредитного контроля в режиме реального времени;
- Hadoop/zookeeper сервер. Сервер распределенной системы управления большими объемами данных;
- Сервер базы данных (Data Base Server);
- Матричная дисковая система (Disk Array);
- OSS сервер. Сервер системы мониторинга и управления сетями;
- Сервер анализа и маркетинга (Market Analysis Server);
- Онлайн сервер (Online Self Server).

XBOSS содержит сервер CRM, сервер BOSS, сервер CoB, три сервера OCS, два сервера CDR, два сервера базы данных, пять серверов Hadoop/ZooKeeper и два резервных сервера для балансирования нагрузки.

На рисунке 6.3 показано место системы XBOSS в сети.



*Рисунок 6.3. Место XBOSS в сети*

Все аппаратные средства базируются на архитектуре процессора X86.

Рассмотрим сервисы, предоставляемые XBOSS подробнее:

– Поддерживает универсальное обслуживание для пользователей, эксплуатирующих компаний, каналов и партнеров по интернету. Абонент может зарегистрировать аккаунт у агента, в офисе эксплуатирующей компании или домашней странице СоoTel и стать потребителем услуг связи. Он может пользоваться средствами связи оператора, почтой, мгновенной передачей сообщений, видеосвязью и обратными звонками, а также другими услугами, которые будут активированы (рис. 6.4).

– Клиент поддерживает прямую продажу телесервисов через местную службу социальных сетей (SNS) и иерархическую реферальную программу стимулирования (рис. 6.5).



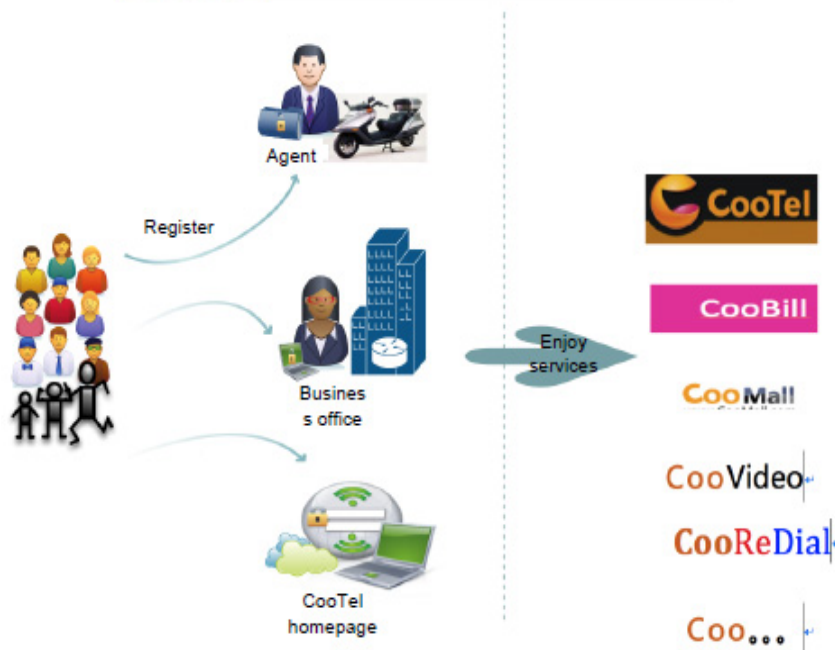


Рисунок 6.4. Средства связи для абонента

## Direct Selling of Teleservices

**General sales**

- One-dollar bonus for opening an account
- 10% bonus for topping up

**Direct selling**

- 10% bonus for topping up
- Up to 15% bonus for direct selling

Communications and Internet services provided by a large carrier at the lowest cost. There is no threshold. All you need to do is recommend your friends.

Рисунок 6.5. Принципы стимулирования в системе

После того, как клиент становится пользователем услуг связи, он может воспользоваться реферальным стимулированием, побуждая других людей к использованию предоставляемых возможностей. Агент тоже может получить стимулирование за счет увеличения числа пользователей услугами связи. Например, пользователь А рекомендует пользователя В, а пользователь В рекомендует пользователя С. В этом случае пользователь В может в качестве реферального стимула получить  $x\%$  (предмет договоренности) от каждой суммы пополнения пользователей С своего счета, а пользователь А получает  $x\%$  от каждого пополнения пользователем В своего счета плюс  $y\%$  (также предмет соглашения) от каждого пополнения своего счета пользователем С. Система XBOSS поддерживает иерархическую реферальную программу, в которой каждый реферал получает стимулирование, основанное на привалах такого стимулирования (рис. 6.6).

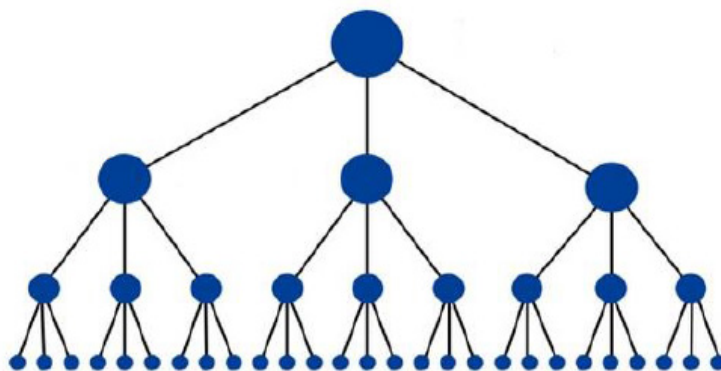
Общие продажи:

- Бонус размером 1 доллар (сумма условная) за открытие аккаунта.
- Бонус 10% за пополнение.

Прямая продажа:

- Бонус 10% за пополнение счета.
- Бонус до 15% за прямые продажи.

Услуги связи и интернета, предоставляемые крупным оператором при минимальной цене. Порога нет. Все, что требуется от клиента – рекомендовать службу друзьям.



No restrictions on layers and time. The total bonus is up to 25%.

**Рисунок 6.6.** Принципы стимулирования в системе (иерархическая система – пирамида)

– Поддерживает систему платежей CooBill за мобильную связь и ее взаимодействие с онлайн-почтой CooMarts.

Взаимодействие CooBill с CooMarts осуществляется по сети связи. Для интегрирования потока информации, потока капитала и логистики используется режим «магазин-в-магазине», что расширяет возможности продаж меж-

ду участниками сбыта, крупными и мелкими магазинами и населением. Взаимодействие между CooBill и CooMarts резко сокращает расходы владельцев магазинов на приобретение и сбыт продукции, а также затраты компании связи на приобретение пользователей (рис. 6.7).

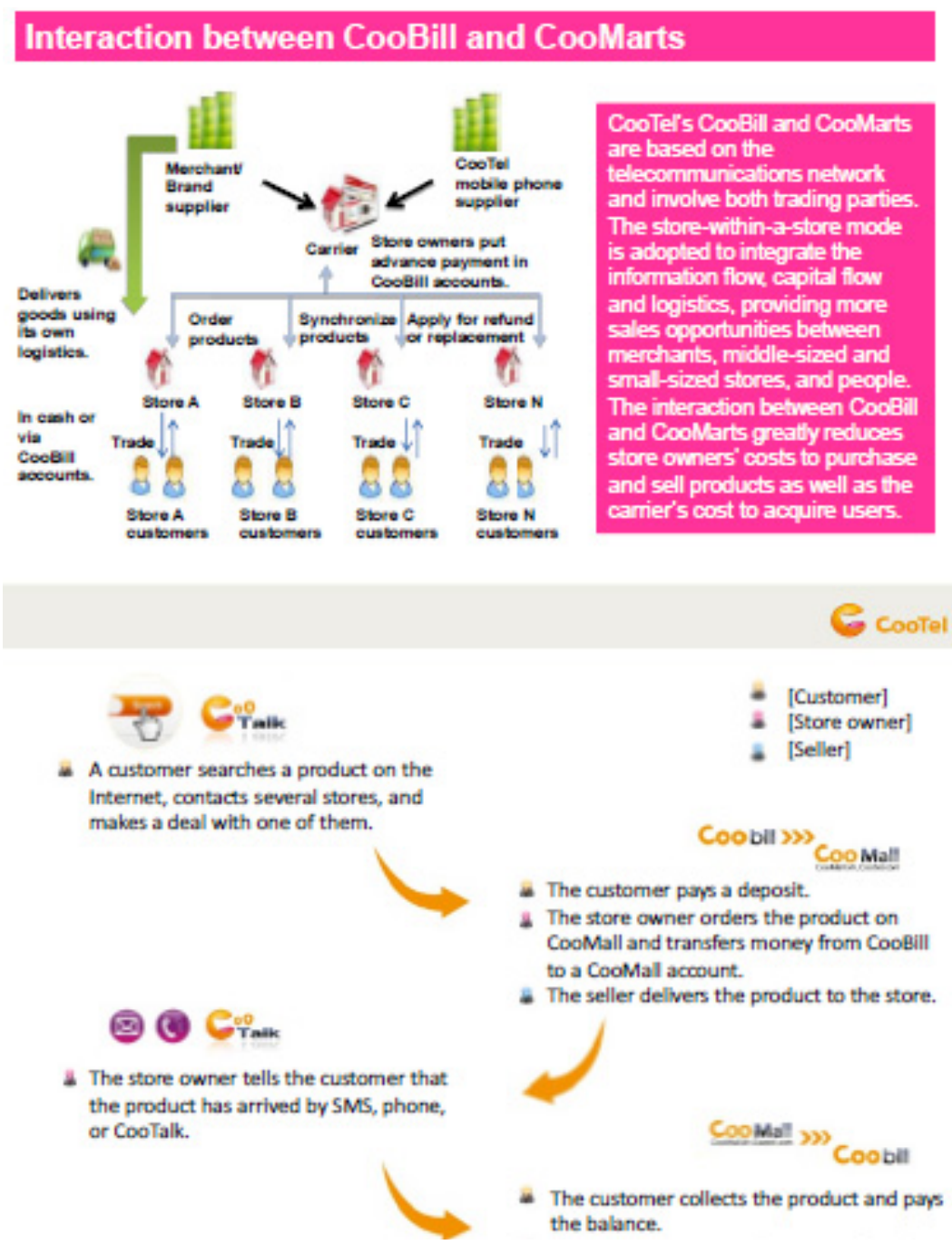
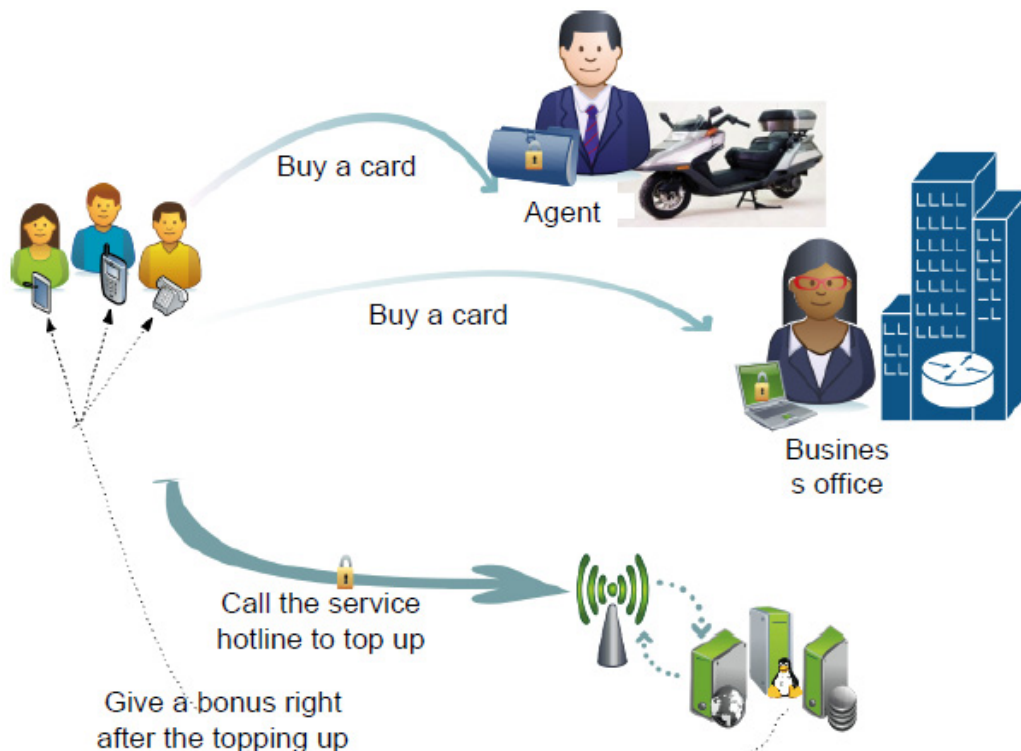


Рисунок 6.7. Взаимодействие CooBill с CooMarts

– Поддерживает пополнение счета онлайн. Этот режим позволяет пользователям пополнять свои телефонные счета без посещения офиса оператора. XBOSS поддерживает три метода пополнения счет онлайн, а именно:

– Использование карт предоплаты. Абонент покупает карту предоплаты, звонит на горячую линию службы и в ходе вызова вводит номер карты и пароль с целью пополнения телефонного счета (рис. 6.8).



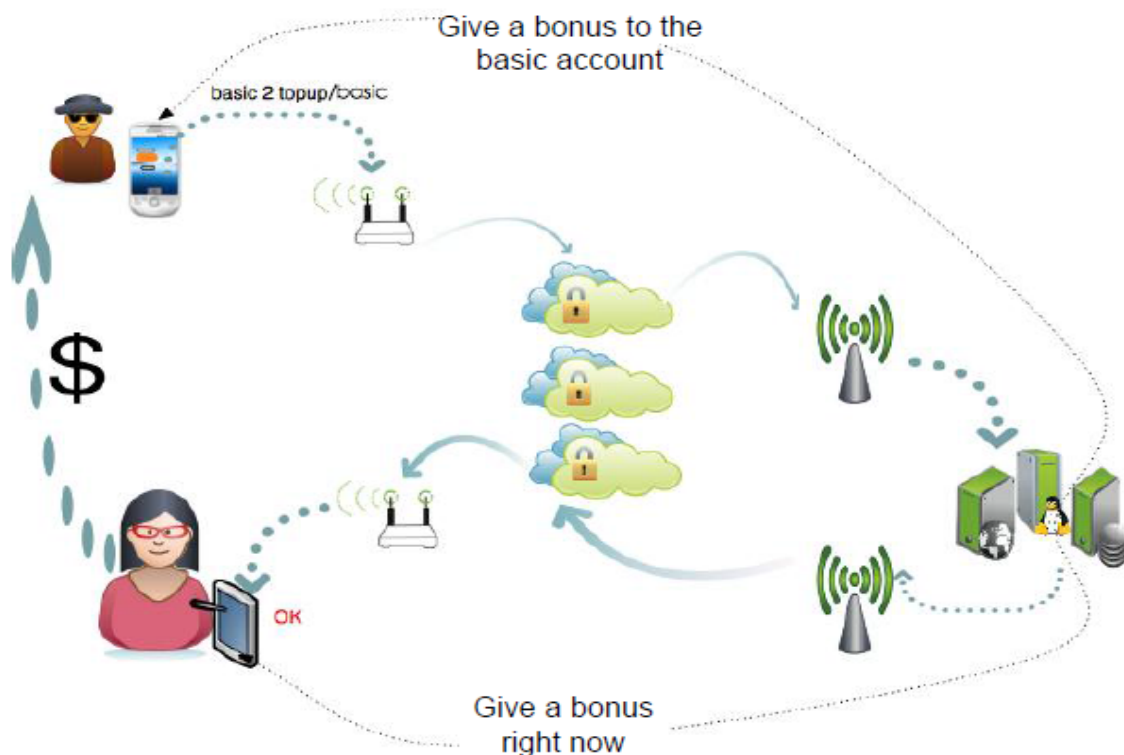
*Рисунок 6.8. Виды оплаты*

– Использование базового счета. Клиент кладет деньги на базовый счет и с него переводит средства на счет пополнения через APP (рис. 6.9).



*Рисунок 6.9. Использование своего банковского счёта*

– Использование базовых счетов других. Абонент А платит наличными абоненту В или агенту, у которого достаточно средств на базовом счету. Абонент В или агент переводит эту сумму денег с базового счета на базовый счет или счет пополнения абонента А через APP (рис. 6.10).

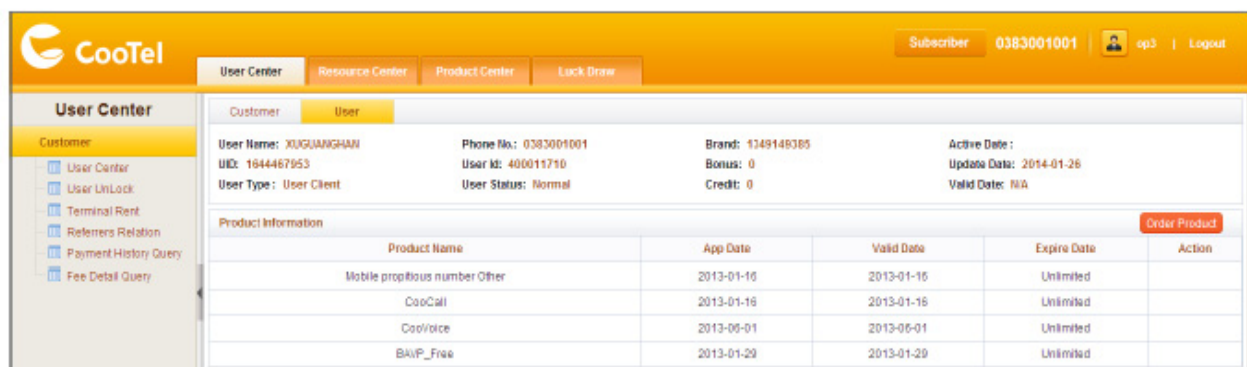


*Рисунок 6.10. Использование базовых счетов других клиентов*

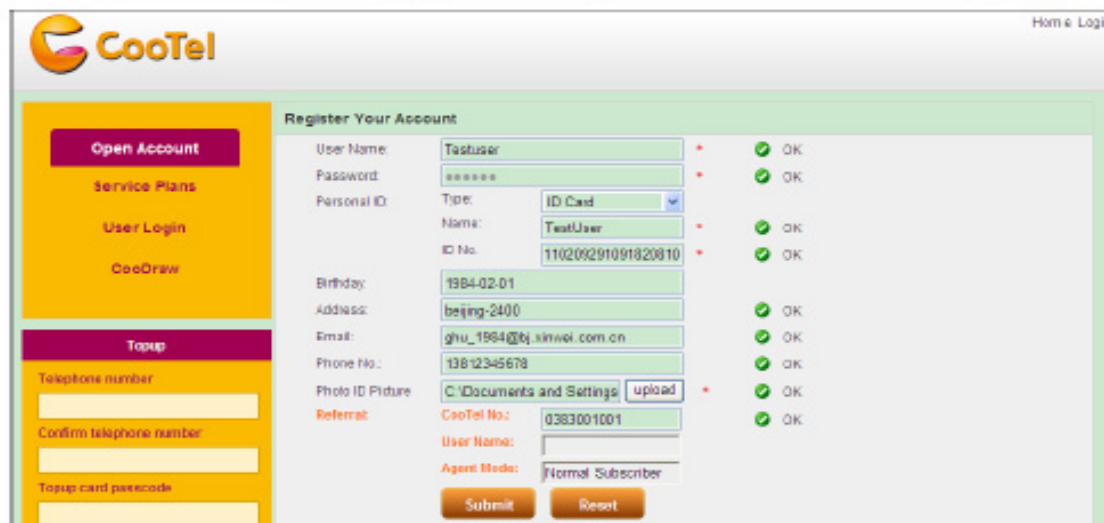
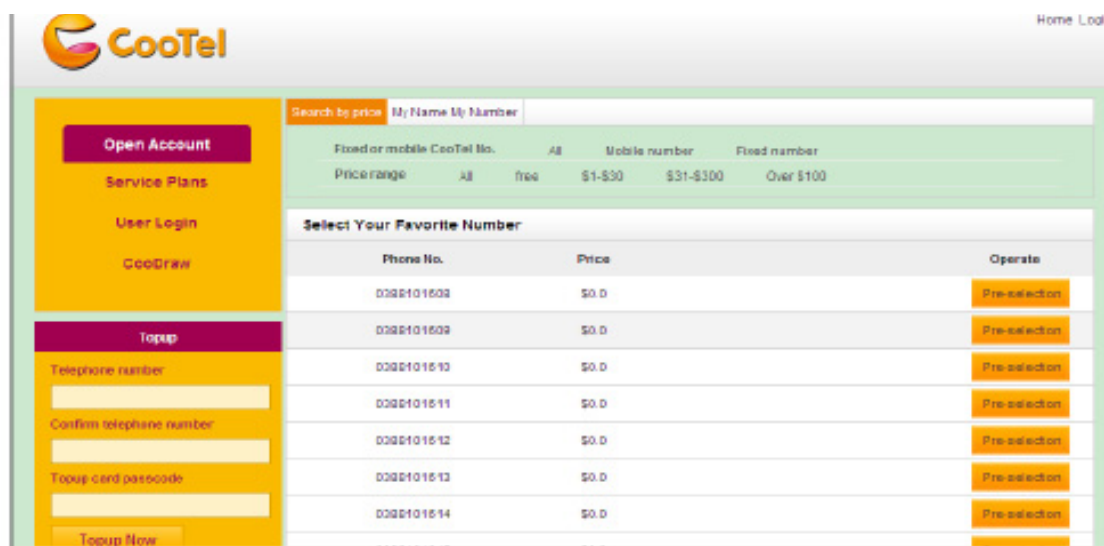
– Поддерживает унифицированное использование голосовой связи, SMS, данных, мультимедийного кластера, интернет-приложений и контентов.

<b>Связь</b>	<b>Развлекательная программа</b>
Голосовая связь Видеосвязь SMS MMS Мгновенный чат Обмен сообщениями (messaging) Эл. почта Передача данных	Видео по запросу Мобильное ТВ Музыка Игры Лотереи Загрузки Обмен файлами
<b>Информация</b>	<b>Коммерция</b>
Серфинг в интернете Определение местоположения Удаленное наблюдение Навигация	Банковские услуги Брокерские операции Бронирование Покупки Оплата

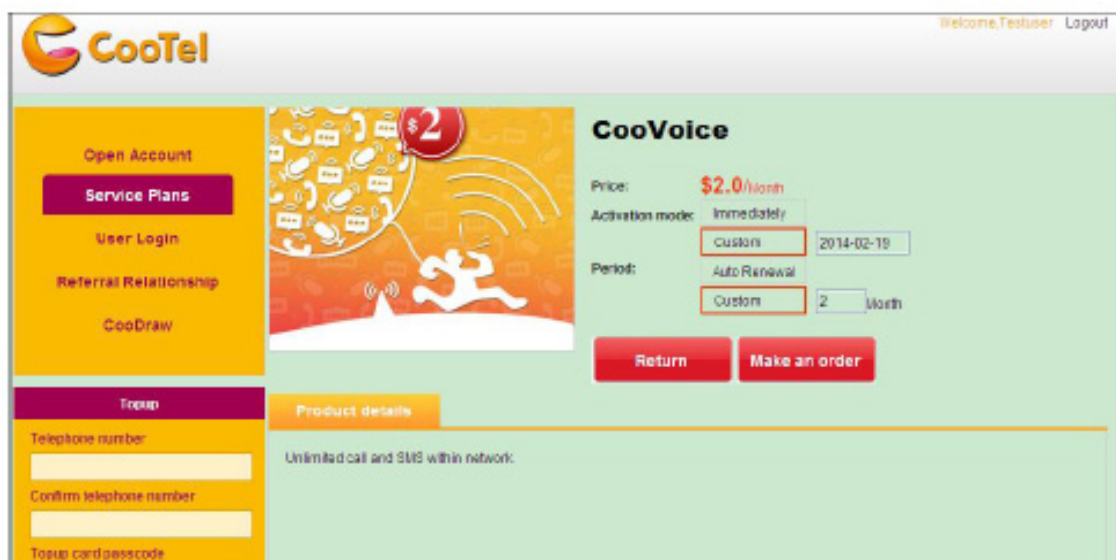
– Поддерживает индивидуальные решения в отношении продуктов, пакетов, тарифов, рекламной деятельности и бизнес-процессов. Это позволяет системе XBOSS быстро откликаться на изменения рынка и идти навстречу инновациям бизнеса.



– Поддерживает сегментацию клиентов в пользовательском центре. XBOSS обеспечивает иерархические сервисы и иерархическое управление, а также индивидуальные персонализированные службы для абонентов.



– Поддерживает управление продуктами и виртуальными ресурсами в рамках электронной коммерции. Это позволяет надежно, удобно и эффективно поддерживать оборот капитала, поток информации и логистику и тем самым существенно повышает эффективность и результативность деятельности.



– Поддерживает виртуальные операции. XBOSS поддерживает функционирование бизнеса по перепродаже в области мобильной связи и обеспечивает внедрение, активацию, приостановление и закрытие сервисов оператора.

– Поддерживает модульное и кластерное развертывание и реализует распределение нагрузки и использование технологий облачных платформ с целью снижения затрат оператора на сооружение и эксплуатацию сетей.

Использование системой XBOSS вычислений в облаке дает следующие преимущества операторам:

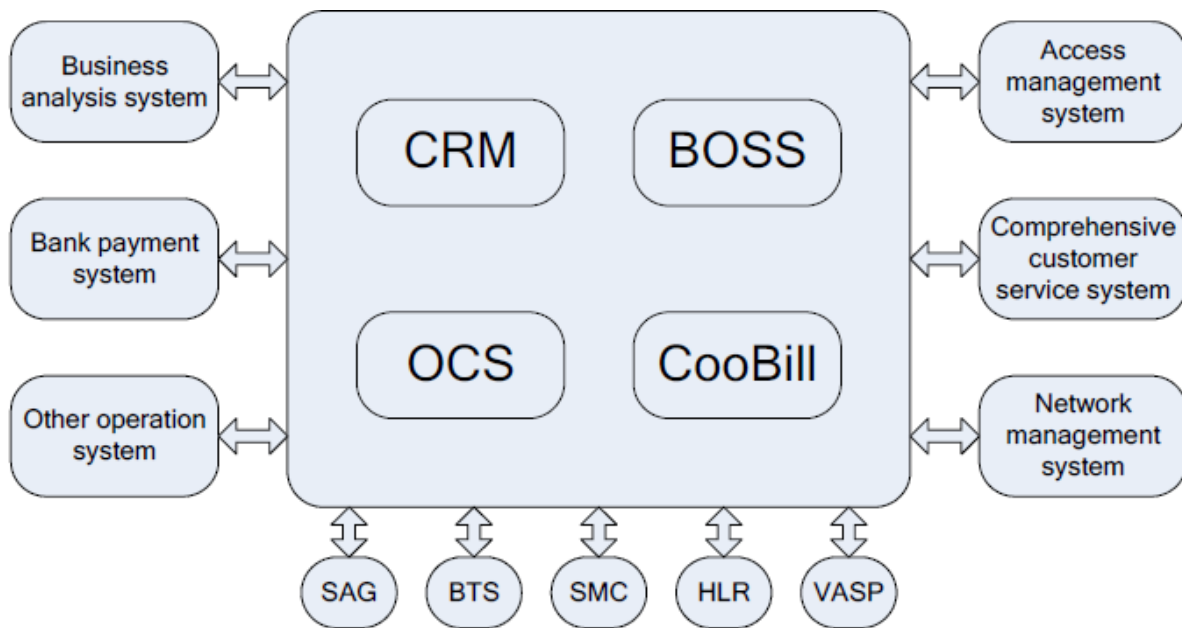
- Более простая и эффективная информационно-технологическая среда;
- Более высокая надежность, доступность и гибкость;
- Возросший объем сервисных приложений;
- Более низкая стоимость обслуживания ИТ и меньшая стоимость рисков;
- Меньшая плата за электричество;
- Меньший объем оборудования.

– XBOSS осуществляет балансирование нагрузки по начислению платы по трем серверам OCS. Как следует из аппаратной структуры XBOSS (см. рис. 6.2):

– Сервисы CRM, BOSS, OCS и CooBill реализуются с резервированием на двух резервных серверах. Если сервер CRM, BOSS или OCS повреждается, то сервисы могут быть переключены на резервный сервер, чем обеспечивается высокая надежность.

– Для группирования двух серверов базы данных используется RAC Oracle.

Внешняя логическая структура XBOSS показана на рисунке 6.11.



*Рисунок 6.11. Внешняя логическая структуры XBOSS*

XBOSS имеет четыре подсистемы: CRM, BOSS, OCS и систему управления потоком денежных средств (то есть, CooBill). XBOSS предоставляет следующие сервисы:

– CRM предоставляет такие сервисы как управление бизнесом, контроль параметров деловой активности, управление заказами, отслеживание повреждений и жалоб, управление качеством обслуживания абонентов, управление бонусами для пользователей, управление кредитом пользователей, платежи и выписка счетов.

– BOSS предоставляет сервисы типа бизнес-планирования и развития бизнеса, налаживания бизнеса, поиска повреждений, управления качеством обслуживания, управления отношений с партнерами, начисления платы и дисконтирования и проведения расчетов.

– CooBill позволяет абонентам переводить свои средства, пополнять свои телефонные счета, снимать наличность, запрашивать баланс счета и запрашивать отчеты о своих транзакциях.

– XBOSS предоставляет всеобъемлющую систему обслуживания клиентов с автоматизированными функциями обслуживания клиентов, типа обслуживания запросов, проверки, консультаций и подачи жалоб.

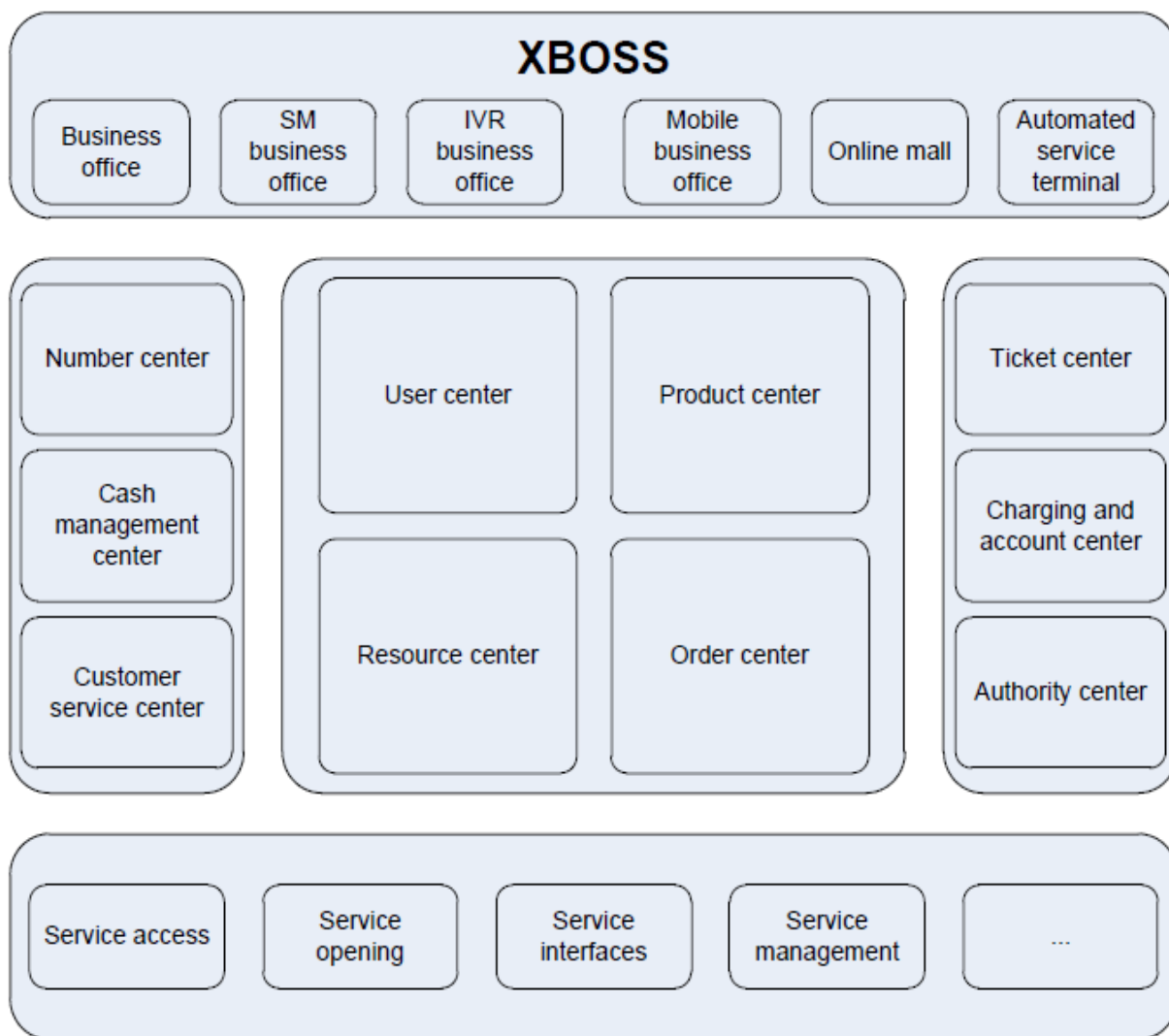
– XBOSS взаимодействует с системой управления сетью с целью реализации функций управления сетевыми ресурсами, включая планирование сетевых ресурсов, предоставления сети, техобслуживания сети и ее восстановление, управления данными, а также мониторинга в реальном времени и выдачи предупреждений о ресурсах сетевых устройств и системы приложений.



– XBOSS взаимодействует с банковскими системами и платформами платежей с целью предоставления таких сервисов, как запрос услуг, прямое дебитование, получение платежей, платежный счет, микроплатеж, пополнение счета и распечатка счетов-фактур и счетов за услуги.

– XBOSS взаимодействует с платформами поддержки других операторов с целью проведения расчетов за роуминг и расчетов за межсетевые услуги.

Внутренняя логическая структура XBOSS показана на рисунке 6.12.



*Рисунок 6.12. Внутренняя логическая структура XBOSS*

Концепция, разработка и обслуживание XBOSS ориентированы на пользователя. XBOSS разработана с целью удовлетворения потребностей пользователей, а не для того, чтобы пользователи приспосабливались к ней. Привычки и рабочий опыт пользователей являются приоритетным фактором в рабочих процессах, функциональной архитектуре и во взаимодействии человек-машина в системе XBOSS.

В XBOSS можно выделить следующие основные функциональные центры:

– *Номерной центр (Number center)*.

Процессы использования упрощены. Пользователи и агенты могут открывать аккаунты и проводить бизнес-операции по интернету.

– *Пользовательский центр (User center)*.

Пользовательский центр поддерживает сегментацию абонентов и предоставляет иерархические сервисы и иерархическое управление. Клиенты могут воспользоваться индивидуальными специализированными сервисами.

– *Центр продукции (Product center)*.

Центр продукции поддерживает индивидуализацию продуктов, пакетов, тарифов, рекламных кампаний и бизнес-процессов. Это дает системе XBOSS возможность быстро реагировать на изменения на рынке, удовлетворять потребности инновационных видов бизнеса и выполнять различные требования клиентов.

– *Ресурсный центр (Resource center)*.

Ресурсный центр поддерживает управление электронной торговли продуктами и виртуальные ресурсы в режиме почты онлайн. Этим обеспечивается надёжная, удобная и эффективная организация потоков капитала, информации и логистики, благодаря чему повышается эффективность и результативность работы.

– *Центр управления наличностью (Cash management center)*.

Центр управления наличностью (который представляет собой CooBill) позволяет абонентам переводить средства на свои телефонные счета, пополнять их, снимать наличность, запрашивать баланс и получать информацию о проведенных транзакциях.

– *Центр обслуживания абонентов (Customer service center)*.

Центр обслуживания абонентов оперативно обрабатывает поступившие в онлайн-режиме жалобы и предоставляет онлайн-консультации. Обслуживание и предоставление услуг центра осуществляется круглосуточно семь дней в неделю.

### **6.1.2.1. Номерной центр**

Абоненты могут посетить номерной центр с тем, чтобы выбрать и обратиться за получением телефонного номера. После того, как абонент обратился за номером, оператор проверяет номер и обновляет статус номера в рамках номерного центра, если такой номер доступен. В этом случае абонент получает нужный ему номер. Номерной центр также управляет ресурсом номеров и статусом номерных ресурсов.

#### *Регистрация индивидуальных абонентов*

Индивидуальный абонент выбирает номер и затем заполняет информацию о пользователе и реферальную информацию. Регистрация индивидуального абонента может осуществляться одним из следующих методов:

– Регистрация в качестве пользователя интернета (аутентификация подлинного имени не требуется). После регистрации пользователь получает UID (идентификатор, однозначно определяющий пользователя), имя пользователя и пароль. Отметим, что пользователи интернета не могут пользоваться сервисами управления наличностью в рамках CooBill.

– Пользователь со скретч-картой UID заполняет регистрационную информацию на свое реальное имя. Пользователь может зарегистрироваться в номерном центре, используя UID и пароль скретч-карты, внести имя пользователя и регистрационную информацию на свое реальное имя. Пользователь после верификации становится пользователем услуг связи.

– Выбор номера телефона. Абонент выбирает номер телефона и заполняет регистрационную информацию, например, имя пользователя, пароль, регистрационную информацию на свое собственное имя (включая предоставление копии удостоверения личности или паспорта). Пользователь после верификации становится пользователем услуг связи.

#### *Регистрация корпоративных абонентов*

Корпоративный абонент посещает номерной центр и осуществляет регистрацию корпоративного абонента. При регистрации корпоративный абонент просматривает телефонные номера, ориентируясь на свои потребности, и выбирает нужные ему номера. Затем корпоративный абонент вносит следующую информацию: имя пользователя, пароль, копия бизнес-лицензии, наименование юридического лица, официальный адрес, адрес фактического пребывания, зарегистрированный капитал, размер предприятия, тип предприятия, выдавшее ведомство, дата выдачи, период деятельности, номер телефона корпоративного представителя, имя корпоративного представителя, номер телефона менеджера абонента и номер телефона реферала. После предоставления этой информации корпоративный абонент переходит в зарегистрированный статус и подлежит верификации. Затем оператор в номерном центре проверяет выбранные номера. После верификации запрос корпоративного абонента на эти номера считается удовлетворенным.

#### *Реферальное стимулирование*

Индивидуальный или корпоративный абонент может внести реферальную информацию в ходе регистрации. Если реферал отвечает требованиям стимулирования (которые могут быть сформулированы компанией-оператором), реферал может получить стимулирование в виде фиксированной суммы или получить процент (предмет договоренности) суммы пополнения рекомендованным абонентом в течение определенного периода времени (предмет договоренности). Реферальные стимулы могут накапливаться в зависимости от иерархии реферала.

### *Верификация*

Регистрации могут различаться: существует регистрация пользователей интернета, которая не требует верификации, и регистрация пользователей телекоммуникационных услуг, при которой требуется верификация. После того как абонент регистрируется в качестве пользователя интернета, регистрация считается проверенной. Если абонент регистрируется как пользователь телекоммуникационных услуг, регистрация подлежит верификации,

Если абонент находится на этапе верификации, оператор подключается к офису, обращается к интерфейсу верификации информации об абоненте и проверяет эту информацию. Если абонент проходит верификацию, он становится пользователем телекоммуникационных услуг. Если абонент не проходит верификацию, то ему надо подключиться к номерному центру, воспользовавшись именем пользователя/номером и паролем, изменить информацию на интерфейсе абонентской информации и представить информацию. Абонент может также обратиться в офис компании-оператора, чтобы попросить оператора подтвердить правильность своей информации и помочь изменить информацию, которая не прошла верификацию.

Изменение информации об абоненте включает в себя изменение идентификационного номера и изменение другой информации. Если абонент не проходит верификации или имеет статус зарегистрированного или подлежащего верификации, он может заменить всю информацию. Если абонент прошел верификацию, он может изменить информацию (за исключением номера ID) либо в режиме онлайн, либо посетив офис компании. Если абонент не прошел верификацию и не меняет абонентской информации в течение оговоренного периода времени, аккаунт абонента будет аннулирован и номерной ресурс будет утилизирован системой.

### *Выбор номерных групп*

Функция выбора номерных групп предусмотрена для эксплуатирующих компаний и их партнёров, например, агентов или торговых представителей. После выполнения выбора групповых номеров система генерирует случайные пароли для номеров и генерирует заказы для выбора номеров. Агент может распечатать заказы и использовать их для продажи в режиме офлайн, или же агент может занести эти заказы в ресурсный центр системы и использовать их при продаже в режиме офлайн.

### **6.1.2.2. Пользовательский центр**

Пользовательский центр хранит абонентскую информацию, пользовательскую информацию, информацию об аккаунтах и информацию о заказах. Пользовательский центр предоставляет интерфейсы для запроса абонентской информации, запроса информации об аккаунтах, запроса пользовательской информации, изменения абонентской информации, а также для заказа продуктов и начисления платы.

– Абонент: индивидуум, предприятие или организация, которая использует или может использовать продукты и сервисы, предоставляемые эксплуатирующей компанией (или третьим лицом – партнером)

– Пользователь – индивидуум, предприятие или организация, которая принимает сервисы и начисляемую плату.

#### *Запрос абонентской информации*

Эта функция позволяет абонентам запрашивать абонентскую информацию. Корпоративный абонент может запрашивать как базовую абонентскую информацию, так расширенную информацию корпоративного абонента. Базовая абонентская информация включает в себя фамилию абонента, пол, тип, номер ID, адрес и почтовый код, которые представляют собой социальные атрибуты. Расширенная информация корпоративного абонента включает в себя наименование корпорации, контактное лицо корпорации, наименование юридического лица, представителя корпоративного абонента, копию бизнес-лицензии, дату регистрации, официальный адрес, зарегистрированный капитал, корпоративный адрес, корпоративный почтовый код, тип отраслевой деятельности и область, к которой относится компания.

#### *Запрос абонентской информации*

Эта функция предоставляет абонентам возможность запросить информацию о продукте, которые они заказали. Информация включает в себя номер продукта, наименование, время заказа, дату начала и окончания заказа, цену, описание и подробности о лице, которое использует продукт.

#### *Запрос аккаунтов и баланса*

Эта функция предоставляет абонентам возможность запрашивать базовую информацию о счетах и балансе. Базовая информация включает в себя наименование экаунта абонента и его биллинговый адрес. Информация о балансе содержит баланс базового счета, информацию о бонусном экаунте, а также баланс и срок действия счета пополнения.

#### *Запрос свободных ресурсов*

Эта функция предоставляет пользователю возможность запросить информацию об использовании свободных ресурсов. Продукт пользователя содержит некоторые свободные ресурсы типа служб голосовой связи, SMS, мультимедийной службы сообщений (MMS) и других дополнительных служб.

#### *Изменение абонентской информации*

Если абонент входит в статус проведения верификации после регистрации, он может подключиться к интерфейсу абонентской информации и изменить существующую абонентскую информацию. Если абонент не прошел верификацию после регистрации, то до того как открыть службы, он должен изменить абонентскую информацию так, чтобы пройти верификацию.

Абонентская информация может быть подразделена на две следующие информационные области:

- Область информации, относящаяся к реальному имени, которая содержит информацию об ID и о бизнес-лицензии.
- Область базовой информации, которая содержит базовую информацию абонента.

#### *Заказ и изменение заказа продуктов*

Эта функция позволяет абонентам заказывать новые продукты, осуществлять запрос о заказанных продуктах, изменять заказ продуктов (включая аннулирование и перезаказ продуктов) и запрашивать информацию о заказанных продуктах.

#### *Открытие/заккрытие служб*

Эта функция осуществляет открытие или закрытие служб для пользователей по их требованию. Система может открывать или закрывать все виды служб на основе кредитного контроля.

#### *Аннулирование счетов*

Если счет абонента аннулируется или если абонент не активирует или не пополняет счет после даты завершения срока счета, система забирает номер счета для последующего использования. Эксплуатирующие компании могут использовать гибкие правила утилизации счетов.

По умолчанию правила последующей утилизации номер счета таковы:

- Если индивидуальный абонент не активирует номер в течение xx часов после регистрации, система забирает номер для последующего использования.
- Если номер не активирован в течение xx месяцев после выбора номера агентом, система забирает номер для последующего использования.

#### *Пополнение*

Эта функция предоставляет возможность абонентам пополнять свои счета. Методы пополнения предусматривают использование наличности и карточек предоплаты. Абонент может заплатить наличными оператору, чтобы оператор пополнил счёт телефонного номера абонента. Абонент может также дать оператору номер карточки или позвонить на горячую линию службы и ввести номер карточки и пароль в ходе вызова и тем самым пополнить счет своего телефона.

#### *Запрос подробных данных*

Эта функция предоставляет пользователям возможность запрашивать подробную информацию о службах и счете. Подробные данные о службах относятся к данным о голосовой службе, SMS и передаче данных. Подробные данные о счетах включают в себя их детализацию и подробные сведения о расходах на счетах. Запрос подробных данных также включает в себя запрос подробных данных о текущем счете и запрос хронологических данных.

### *Запрос счетов за услуги*

Эта функция предоставляет абонентам возможность запрашивать месячные счета за услуги.

Ежемесячный счет по базовому аккаунту похож на месячный счет по кредитной карте. Он указывает баланс счета в начале месяца, баланс счета в конце месяца и детали транзакций.

Ежемесячный счет аккаунта пополнения включает в себя счет по аккаунту и счет по каждой службе в аккаунте. Счет по аккаунту содержит баланс аккаунта в начале месяца, общую сумму пополнения, общую сумму начислений и текущий баланс. Счет каждого пользователя содержит расходы и сумму.

Ежемесячный счет бонусного аккаунта показывает бонус на начало месяца, бонус на конец месяца, добавленный бонус и потребленный бонус.

Форма счета может гибко задаваться эксплуатирующей компанией.

### **6.1.2.3. Центр продукции**

Центр продукции реализует следующие функции управления: создание продуктов, их изменение, аннулирование, осуществление запросов о продуктах, их верификация и продвижение.

#### *Создание продуктов*

Для создания продукта вы должны ввести следующие атрибуты: идентификатор продукта, наименование продукта, описание продукта, тип продукта, область применения (бренд, тип канала и потребителя), цена, дополнительный бизнес, статус продукта (новый, на стадии верификации, отвергнутый, прошедший верификацию, в опытной эксплуатации, выдаваемый в режиме онлайн и офлайн), дата начала и дата завершения.

#### *Запрос относительно продуктов*

Различные служащие в центре продукции могут запрашивать информацию о продуктах на основе атрибутов продуктов, например их идентификатора, статуса, наименования, бренда и типа.

#### *Изменение продуктов*

До того, как продукты пройдут верификацию аналитиками, планировщики продукции изменяют базовую информацию продуктов, включая наименование продукта, область его применения, цену и описание применения продукта.

#### *Аннулирование продуктов*

До проведения верификации продукта планировщики продукции могут аннулировать продукты, которые они планируют.

#### *Создание рекламных продвижений*

Планировщик продукции подключается к центру продукции, заносит базовую информацию о продвижении и вводит продвижение. Продвижение

вступает в стадию планирования, затем аналитик продуктов верифицирует продвигаемый продукт. Если продвижение продукта прошло верификацию, анализатор реализует продвижение. Если продвижение успешно реализовано, аналитик продукта снова верифицирует продвижение перед тем, как оно будет выдано в режим онлайн.

#### *Запрос о продвижениях*

Различные служащие в центре продукции могут запрашивать информацию о продвижениях продуктов на основе их атрибутов типа идентификатора продвижения, его наименования, бренда или типа.

#### *Изменение продвижения продукта*

До того как аналитики проведут верификацию продвижений, планировщики продуктов могут изменить основную информацию о продвижении, включая его наименование и описание.

#### *Аннулирование продвижения*

До того как аналитики проведут верификацию продвижений, планировщики продуктов могут аннулировать продвижение продуктов.

### **6.1.2.4. Ресурсный центр**

Агенты или торговые представители переводят деньги со своих базовых счетов на базовый счет оператора в бизнес-офисе и затем изымают ресурсы типа терминалов, скретч-карт UID и карточек предварительной оплаты.

#### *Складское управление*

Создаются общедоступные склады, и назначается управляющий складом для управления их работой. Устанавливается ассоциация между складами и департаментами с тем, чтобы ограничить полномочия работников департаментов в отношении приобретения. Работники в департаменте могут покупать продукты только со складов, принадлежащих департаменту.

#### *Регистрация ресурсов*

Регистрация ресурсов означает добавление информации о ресурсах на основе различных типов ресурсов. Если ресурсы имеют код устройства (PID), необходимо зарегистрировать или импортировать то же количество кодов ID, что и ресурсы. Если некоторый ресурс в системе не существует, вы должны создать ресурс, ввести информацию о нем и затем зарегистрировать ресурс.

#### *Ресурс на продажу*

Модуль ресурса на продажу приводит информацию об имеющихся ресурсах, которые могут быть приобретены подключившимся пользователем, и предоставляет окно для торговых представителей, агентов или пользователей, в котором они могут просмотреть и приобрести ресурсы.



### *Мои ресурсы*

Этот модуль воспроизводит информацию о ресурсах (включая ресурсы на общедоступных складах или приобретенные ресурсы), принадлежащих подключившемуся пользователю. Модуль может воспроизводить список всех ресурсов или Вы можете запросить информацию о ресурсах по их типу, например, терминалы или скретч-карты, в модуле.

### *Покупка ресурсов*

Модуль обеспечивает выполнение рабочих функций, позволяющих торговым представителям, агентам и пользователям покупать ресурсы.

### *Продажа ресурсов*

Модуль обеспечивает выполнение рабочих функций, позволяющих торговым представителям, агентам и пользователям продавать ресурсы.

### *Управление заказами*

Модуль осуществляет запрос и обработку (верификацию и подтверждение) заказов, покупку и продажу заказов и управляет информацией об имеющихся заказах и дефиците заказов.

### *Возврат ресурсов*

Этот модуль аннулирует заказы и возвращает ресурсы.

## **6.1.2.5. Центр управления наличностью**

Центр управления наличностью представляет собой систему CooBill, которая также является подсистемой XBOSS. Пользователи могут переводить денежные средства, пополнять счета своих номеров, снимать наличность, запрашивать баланс и запрашивать данные транзакций, пользуясь своим телефонными номерами и именами пользователей.

### *Перевод денежных средств*

Пользователь может переводить денежные средства со своего базового аккаунта на базовый аккаунт другого лица.

### *Пополнение*

Пользователь может использовать наличность со своего базового аккаунта для пополнения своего аккаунта пополнения или аккаунта пополнения другого лица.

### *Запрос баланса*

Пользователь может запросить баланс своего базового аккаунта, аккаунта пополнения и бонусного аккаунта.

### *Запрос информации о транзакциях*

Пользователь может запрашивать подробности каждой транзакции.

#### **6.1.2.6. Центр обслуживания абонентов**

Центр обслуживания абонентов обрабатывает поступающие в режиме онлайн жалобы и проводит онлайн-консультации, передает заказы на проведение работ департаментом абонентского обслуживания третьей стороны и распределяет внутренние заказы на проведение работ, обеспечивая тем самым круглосуточное обслуживание абонентов семь дней в неделю.

##### *Консультации, прием жалоб и предложений в режиме онлайн*

Абонент может подключиться к офису онлайн-обслуживания, выйти на интерфейс онлайн-консультаций, выбрать тип консультации, например, консультации по службе, тарифам, эксплуатации или продвижению. Затем абонент должен внести консультационный контент и контактную информацию и ввести это в систему. Система автоматически генерирует заказ на проведение работ, основываясь на типе консультации, которую выбрал абонент, и отправляет его представителю абонентской службы.

##### *Распределение заказов на проведение работ*

Система классифицирует рабочие заказы по жалобам, консультациям и предложениям на основе их типа и правил работы смены для представителей абонентской службы, автоматически генерирует уведомления и распределяет заказы на проведение работ и уведомления соответствующим представителям абонентской службы. Таким образом, система своевременно реагирует на жалобы и предложения абонентов.

##### *Интерфейсы для заказов по жалобам*

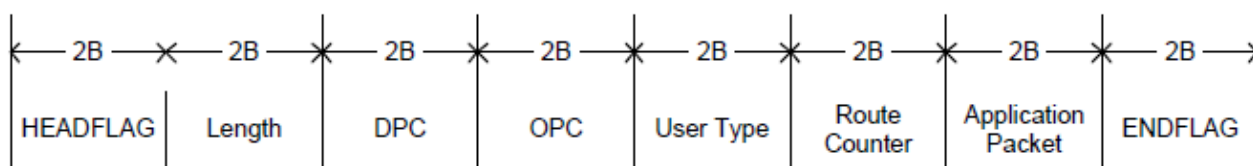
Поскольку эксплуатирующая компания может пользоваться аутсорсингом для системы обслуживания абонентов, XBOSS предоставляет интерфейс для заказов по жалобам типа интерфейса веб-сервиса и файлового интерфейса. Представители абонентской службы вводят решения по жалобам в свою систему абонентского обслуживания и передают информацию в XBOSS, используя интерфейсы для заказов на выполнение работ по жалобам. Информация затем используется модулем распределения заказов на проведение работ системы XBOSS.

#### **6.1.2.7. Интерфейсы XBOSS**

XBOSS используют для связи с другими устройствами физические интерфейсы Ethernet с логическими интерфейсами SC1, SC2 и SC3.

Логический интерфейс SC1 используется в голосовой службе для начисления платы, пополнения и перевода средств в реальном времени. XBOSS использует SC1 для взаимодействия с шлюзом SAG3000.

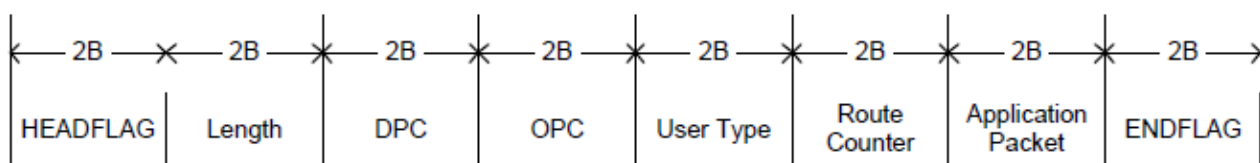
Формат сообщения таков:



где DPC: код пункта назначения, OPC: код исходящего пункта

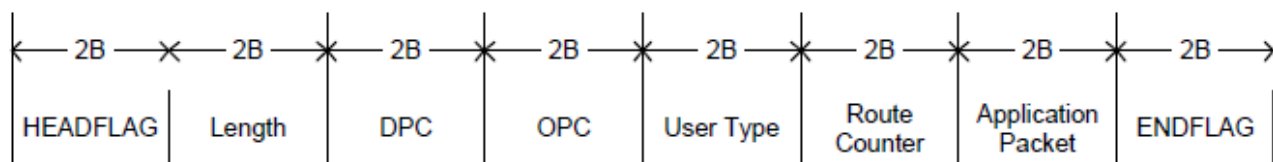
Логический интерфейс SC2 – командный онлайн-интерфейс, используется для начисления платы в реальном времени за сервисы SMS. XBOSS использует SC2 для взаимодействия с iMC2000.

Формат сообщения таков:



Логический интерфейс SC3 – командный онлайн-интерфейс, используется для получения информации о пользователе из HLR3000.

Формат сообщения таков:



Интерфейсы SC1, SC2 и SC3 работают на основе протокола TCP. Они в принципе используют одинаковый формат сообщения за исключением поля пакета приложения.

BTS и SMG используют протокол FTP для загрузки подробной информации о вызовах (CDR) в XBOSS.

### 6.1.3. Подсистема VAS-услуг

Кроме основных телекоммуникационных услуг, таких как речь, короткое сообщение, тарификация, использование равнодоступных мультимедийных каналов и доступ в Интернет, все дополнительные сервисы (VAS-сервисы: Value Added Service), базирующиеся на Интернете, развертываются поэтапно. В настоящий момент VAS-услуги, которые могут обеспечить разработки фирмы Xinwei, включают следующие службы:

- сервис Ring-Back-Tone (сервис по замене стандартных гудков при вызове абонента на мелодии и другие предложения);
- служба Интернет-телефонии (СooTalk), (мгновенная передача сообщений на IP-адреса абонентов социальных сетей);
- СooMarts на платформе E-Commerce (служба анализа и контроля операций по электронным платежам);
- СooVideo и СooGame онлайн-контент;
- СooBill онлайн-платеж.

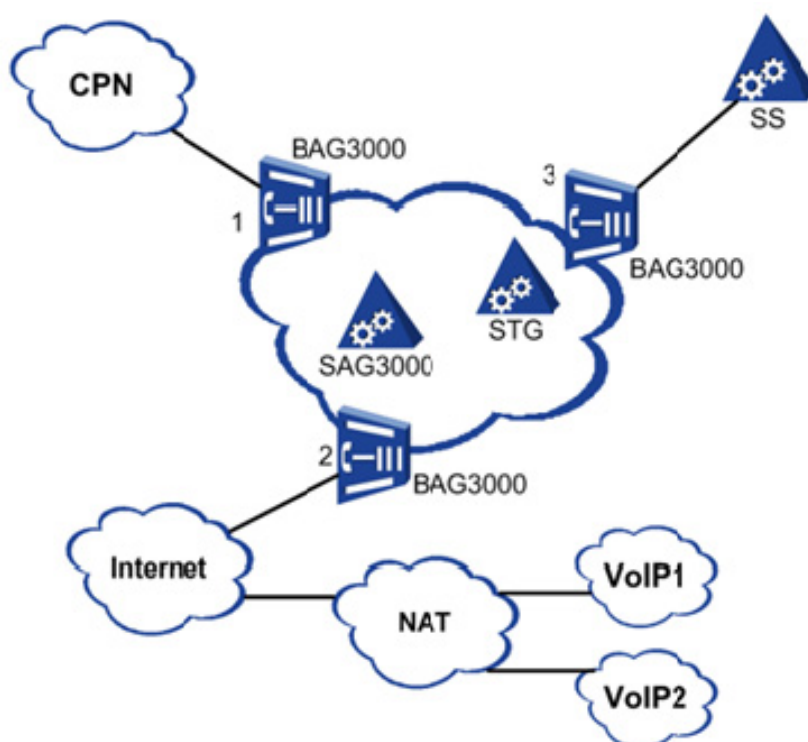
Подсистема VAS-услуг может гибко подстраиваться и расширяться согласно требованию рынка услуг и службы в процессе эксплуатации.

#### 6.1.4. Подсистема BAG3000/ BAG5000

BAG3000/ BAG5000 – граничный шлюз доступа, представляет собой контроллер, осуществляющий доступ абонентов в Интернет. BAG3000/ BAG5000 также используется для соединения с другими программными коммутаторами и мультимедийной IP-подсистемой (IMS).

##### 6.1.4.1. Расположение подсистемы BAG3000/ BAG5000 в сети

Расположение BAG3000/ BAG5000 в сети показано на рисунке 6.13.



**Рисунок 6.13.** Расположение BAG3000 в сети:

CPN – сеть на территории заказчика; SAG3000 – шлюз агрегации служб 3000; STG – шлюз служебных соединительных линий; SS – программный коммутатор

При этом шлюз ВAG может находиться в следующих точках сети:

Точка 1: доступ сети IP. Терминалы пользователей (UT) сети CPN имеют доступ к базовой сети МАКВИЛ через шлюзы ВAG3000 в точке 1.

Точка 2: Доступ к интернету. Интегральные устройства доступа (IAD) и пользовательские терминалы (UT), использующие Протокол инициации сеанса (SIP), получают доступ к базовой сети МАКВИЛ через шлюзы ВAG3000 в точке 2.

Точка 3: Соединение между сетями IP. Точка соединения двух сетей IP.

Шлюз ВAG3000 поддерживает список управления доступом (ACL), состоящий из пяти элементов (IP-адрес источника, IP-адрес назначения, порт источника, порт назначения и тип протокола).

Подсистема ВAG5000 является расширенной версией ВAG3000. Основные показатели работы ВAG5000 приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3

Показатель	Спецификация
Максимальное число пользователей	20000
Максимальное число одновременных соединений голосовой связи	1000
Число попыток установления соединений в секунду	100
Максимальное число регистраций в секунду	300
Максимальное число сообщений в секунду	400
Среднее время наработки на отказ в часах не менее	100 000

#### **6.1.4.2. Основные функции ВAG5000**

##### *Агент SIP*

Функция агента SIP является ключевой функцией ВAG5000. Шлюз ВAG5000 действует в качестве одного из приведенных ниже SIP- агентов в зависимости от конкретной службы.

##### 1. SIP-агент регистрации

ВAG5000 получает SIP-сообщение о регистрации от пользовательского SIP-терминала, отправляет это сообщение на заданное устройство программного коммутатора, исходя из своей маршрутной информации, и транслирует ответ на регистрацию от устройства программного коммутатора обратно на пользовательский SIP- терминал.

##### 2. SIP-агент вызова

SIP-агент вызова шлюза ВAG5000 указывает прокси-сервер с сохранением состояний. В течение всего соединения, включая его построение, вызов и завершение, все сигнальные сообщения обрабатываются шлюзом ВAG5000. Обработка соответствует функции прокси-сервера с сохранением состояний, описанной в протоколе установления сеанса RFC 3261.

### 3. SIP-агент сообщения

SIP - агент сообщения транслирует сообщения между заданными устройствами программного коммутатора и пользовательскими терминалами.

4. Агент Fax T38 (Стандарт МСЭ для передачи факсимильных сообщений в реальном времени по IP- сетям)

Шлюз BAG5000 транслирует пакеты T38.

#### *Протокол прохождения через сервер NAT (NAT traversal)*

NAT (Network Address Translation – Преобразование сетевых адресов) BAG5000 использует режим пассивного поддержания открытыми соединений сигнализации и режим обучения по первому пакету для медийных потоков в каналах NAT, в результате чего пользовательские терминалы могут подключаться к BAG5000 через устройства NAT.

– Пассивное поддержание соединений открытыми.

Пользовательские терминалы периодически посылают запросы на регистрацию в BAG5000 для того, чтобы поддерживать сообщения NAT в активном состоянии.

– Обучение по первому пакету.

После того как генерируется медийный канал BAG5000, пользовательский терминал посылает на BAG5000 сообщения проверки прохода. BAG5000, определяет медийный порт прохода для данного терминала на основе первого пакета проверки прохода. Через этот порт будут передаваться будущие пакеты.

#### 1. Проход протокола сигнализации и преобразование IP-адресов

BAG5000 реализует функцию SIP-агента сигнализации и поддерживает функцию анализа служебного прохода и преобразования IP-адресов протокола SIP.

#### 2. Анализ прохода медийного потока и преобразование IP-адресов

BAG5000 реализует функцию агента медийного потока на основе типа носителя RTP и поддерживает анализ сервисного прохода и преобразования IP-адресов медийных потоков.

#### *Детектирование соединительных линий*

BAG5000 детектирует соединительные линии к устройствам SIP, посылая сообщения об опциях.

BAG5000 реагирует на сообщения о детектировании соединительных линий от устройств базовой сети и пользовательских терминалов, исходя из зарегистрированного состояния на обоих концах, шлюз BAG5000 не осуществляет прозрачной передачи сообщений о детектировании соединительных линий в адрес одноранговых устройств, чтобы снизить нагрузку на процессоры устройств базовой сети.

## *Обеспечение защиты*

### 1. Защита системы

Шлюз BAG5000 использует операционную систему с высокой степенью защиты и протокольный стек, чтобы защитить ее от большинства вирусов в интернете:

- открывает только порты Telnet, secure shell (SSH), Simple Network Management Protocol (SNMP) и порты сервисных протоколов и закрывает все несервисные порты для защиты от атаки на порты;

- фильтрует пакеты, посылая к своему центральному процессору только те, которые контролируются протокольным стеком более высокого уровня, и игнорируя остальные пакеты.

### 2. Защита сигнализации

Шлюз BAG5000 осуществляет следующие операции по защите сигнализации:

- детектирует, блокирует и отбрасывает аномальную сигнализацию;

- игнорирует нерегистрационные сообщения от незарегистрированных пользователей;

- не дает зарегистрированным пользователям занимать слишком большой ресурс сигнализации;

- не дает незарегистрированным пользователям регистрироваться, используя не принадлежащие им UID.

### 3. Медийная защита

- Пороговый контроль. BAG5000 генерирует медийный канал и передает медийные потоки только после генерации авторизованного вызова, удаляет медийный канал и игнорирует неавторизованные медийные потоки после разъединения авторизованного вызова.

- Управление трафиком на основе гарантированной скорости доступа (CAR).

BAG5000 проверяет, не использует ли пользовательский терминал более широкую полосу, чем было задано средствами сигнализации. Если используемая пользователем полоса шире заданной, шлюз BAG5000 отключит излишний медийный поток.

- Проверка правильности данных.

BAG5000 проверяет IP-адрес источника и порта источника медийного потока для того, чтобы определить, авторизован ли медийный источник, и тем самым предотвратить атаки медийных потоков. Шлюз BAG5000 отключит неавторизованные медийные потоки.

- Режим трансляции.

BAG5000 выбирает однонаправленную или двунаправленную трансляцию в зависимости от результатов согласования.

### 4. Защита базовой сети

Шлюз BAG5000 располагается на границе базовой сети МАКВИЛ и использует сообщения обеспечения защиты, которыми обмениваются не отно-

сящиеся к сети и относящиеся к сети пользователи. BAG5000 может использовать управление на основе качества обслуживания (QoS) и реализовывать управление роумингом пользователей, взаимодействуя с другими устройствами. Шлюз BAG5000 поддерживает функцию топологического щита.

BAG5000 обрабатывает только те сообщения, пунктом назначения которых является тот же IP-адрес, что и его собственный IP-адрес. Если адрес сообщения отличается от IP-адреса BAG5000, то оно будет отброшено шлюзом BAG5000 без поиска прохода.

Шлюз BAG5000 поддерживает список управления доступом (ACL), состоящий из пяти элементов (IP-адрес источника, IP-адрес назначения, порт источника, порт назначения и тип протокола).

### *Предупреждение перегрузки*

#### 1. Использование ресурсов

Протокольный стек ограничивает максимальный объем памяти, которая может быть использована. Если используемая память превышает заданный максимальный объем, последующие запросы на обслуживание будут блокироваться до тех пор, пока используемая память не будет менее заданного значения после освобождения других ресурсов. Эта функция предотвращает исчерпывание ресурса памяти.

#### 2. Регистрация пользователей

BAG5000 ограничивает максимальное число зарегистрированных пользователей. Если число зарегистрированных пользователей превышает пороговое значение, в регистрации последующих пользователей будет отказано. Эта функция используется для предотвращения того, чтобы зарегистрированные пользователи занимали слишком много ресурсов и чтобы оставаться в рамках обрабатывающей способности BAG5000.

#### 3. Доступ вызовов

В шлюзе BAG5000 используется протокол поиска прохода NAT traversal и ряд защитных механизмов для того, чтобы ограничить число одновременных вызовов и гарантировать нормальное протекание существующих вызовов

### ***6.1.5. Подсистема поддержки клиентов (Custom Support Subsystem)***

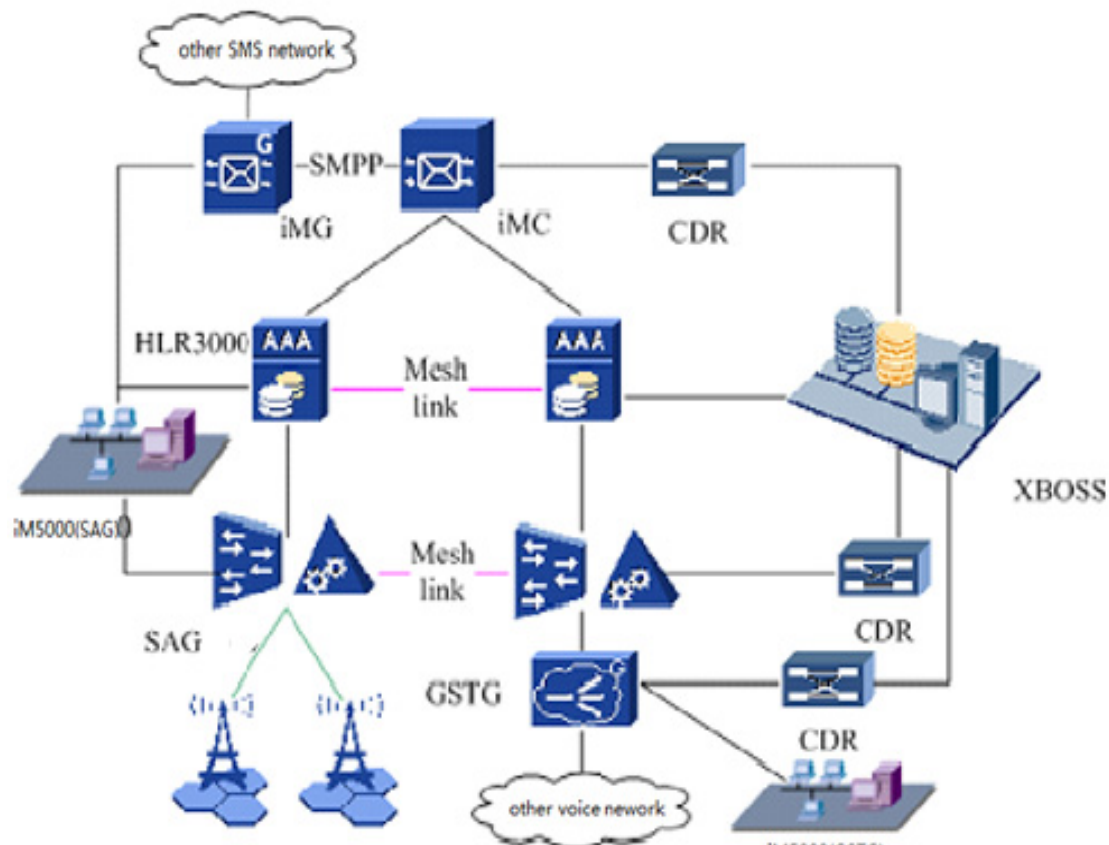
Подсистема поддержки клиентов обеспечивает функцию онлайн жалобы, консультации, интерфейс с другими подсистемами поддержки, обработки и распределения заказа.

### ***6.1.6. Шлюз агрегации служб SAG3000/SAG5000 и STG/GSTG5000***

Шлюз агрегации служб SAG3000 и STG входят в ядро сети МАКВИЛ и, в основном, отвечает за функции управления вызовами, управления соединением, маршрутизацией и биллингом, управлением мобильностью и логикой



услуг, а также управлением в пакетной IP-сети, в основном, для голосовых и мультимедийных услуг в реальном масштабе времени. Этот шлюз поддерживает широкополосный и узкополосный доступ беспроводной сети MAKВИЛ а кроме того, поддерживает соединение с сетями ТФОП и PLMN (Public Land Mobile Network) через стандартные протоколы ISUP/MTP3 и с VOIP-сетью через стандартный SIP протокол, и может быть подключен непосредственно к телефонной сети общего пользования.



*Рисунок 6.14. Расположение SAG и GSTG в ядре сети*

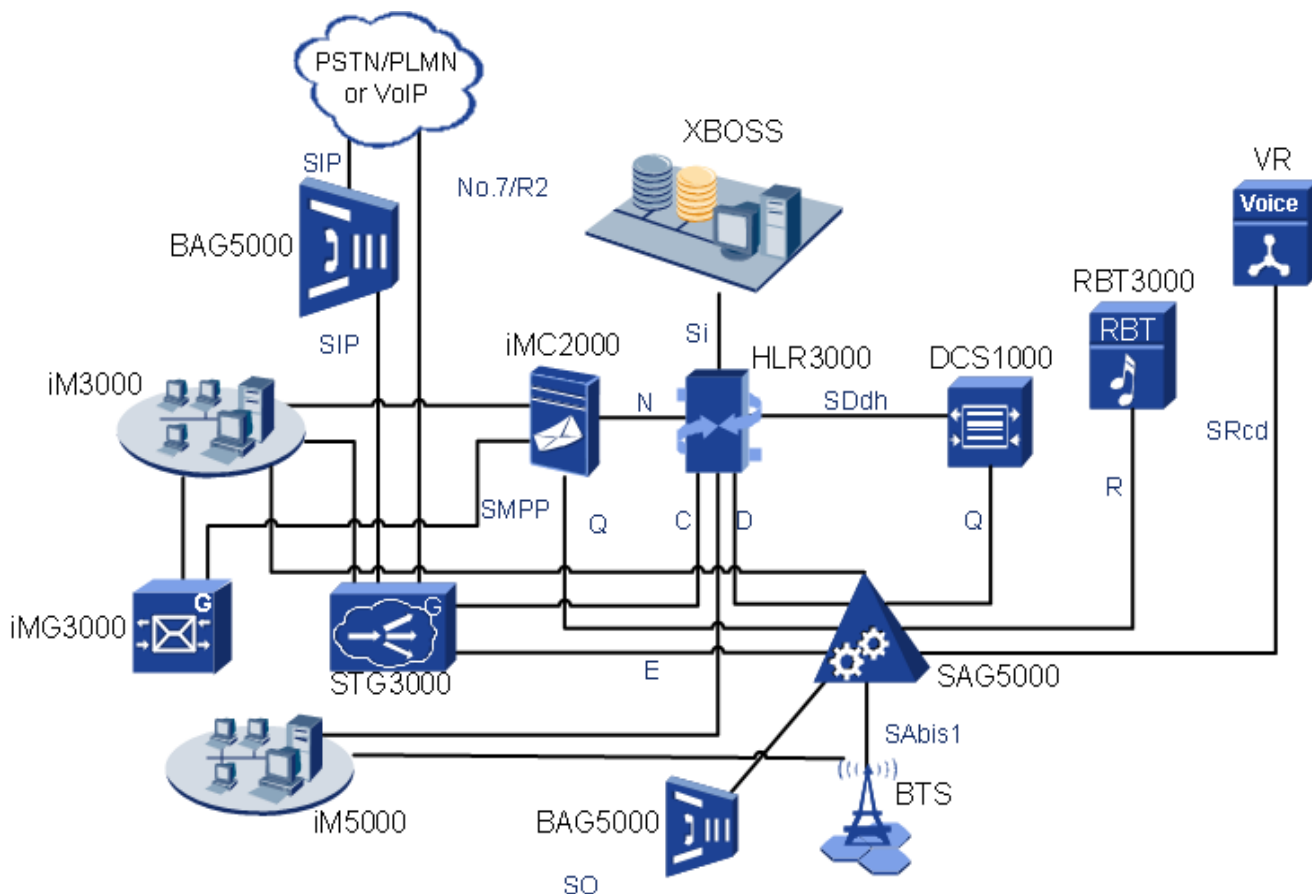
При большом количестве абонентов или для организации линий на другой уровень сети вместо SAG3000 и STG используются SAG5000 и GSTG5000. Управление вызовами и соединением внутри сети осуществляется непосредственно или SAG3000, или SAG5000, входящей и исходящей информации – GSTG5000.

Расположение SAG и GSTG в ядре сети показано на рисунке 6.14.

Шлюз агрегации служб (SAG5000) является программным коммутатором большой емкости и производительности. Он представляет собой продукт следующего поколения, созданный на основе SAG3000. Шлюз SAG5000 используется в сетях большой и средней емкости и работает в качестве оконечной станции.

### 6.1.6.1. Размещение шлюза SAG5000 в базовой сети МАКВИЛ

При размещении в базовой сети МАКВИЛ шлюз SAG5000 осуществляет управление вызовами, управление соединениями, маршрутизацию, начисление платы, а также осуществляет функции управления мобильностью при реализации основанных на IP-сети служб передачи речи, данных и мультимедийных служб.



**Рисунок 6.15.** Расположение SAG5000 в сети:

*BAG5000 – граничный шлюз доступа; iMG3000 – интегральный шлюз сообщений; STG3000 – шлюз служебных соединительных линий; HLR3000 – опорный регистр местоположения; RBT3000 – сигнал контроля посылки вызова; VR – устройство записи речи; iM3000 – интегральная система управления сетью (в базовой сети); iM5000 – интегральная система управления сетью (в сети доступа); iMC2000 – интегральный центр обработки сообщений; DCS1000 – система диспетчерского управления; XBOSS – нарастаемая система поддержки бизнеса и эксплуатации*

Располагаясь в базовой сети МАКВИЛ, шлюз SAG5000 (рис. 6.15):  
– подключается к сети беспроводного доступа через интерфейс SAbis;  
– подключается к другому SAG5000 или STG3000, используя Протокол инициирования сеанса (SIP);

- подключается к DCS1000, используя расширенный протокол SIP-A;
- подключается к коммутируемой сети общего пользования (PSTN) и наземной сети подвижной связи общего пользования (PLMN) или к сети голосовой связи по IP-протоколу (VoIP) через STG3000;
- подключается к HLR3000 и iMC2000 через интерфейс SMAR;
- подключается к системе XBOSS через интерфейс Sc1;
- подключается к VR через интерфейс SRcd;
- подключается к серверу IP конференц-связи (iMS5000), используя язык маркировки медийных серверов (MSML).

Для реализации голосовых служб шлюз SAG5000 подключается к традиционной сети PSTN/PLMS или сети VoIP через STG3000. Он также может подключаться к другому SAG5000, используя протокол SIP. Для реализации службы телефонной конференц-связи шлюз SAG5000 подключается к iMS5000 с использованием MSML.

Шлюз SAG5000 согласуется с архитектурой сети следующего поколения (NGN) и ее протоколами в качестве стандарта и применяет разделение управления службой и управления вызовами и разделение управления вызовами и управления носителями информации. Это дает эксплуатирующим компаниям возможность самим определять службы и не сталкиваться с ограничениями по типу сети и типу терминалов, задаваемыми носителями информации. В результате, SAG5000 в существенной степени повышает гибкость в реализации услуг и приложений связи.

#### **6.1.6.2. Функции и возможности шлюза SAG5000**

Шлюз SAG5000 предоставляет различные базовые службы, вспомогательные службы, дополнительные услуги, транковые службы и функции управления мобильностью, которые отвечают международным стандартам.

Базовые службы включают в себя голосовую службу и службу коротких сообщения (SMS). Вспомогательные службы: отображение номера, переадресация вызова, конференц-связь и другие услуги.

Дополнительные услуги: «два терминала с одним номером» (поддержка межсетевых номеров), индивидуализация сигнала контроля посылки вызова (RBT) и услуга международного обратного вызова.

Транковые службы: частный вызов, групповой вызов, вещательный режим, принудительное отключение разговора, вмешательство в разговор, перехват вызовов, динамичное формирование групп и отложенное подключение.

Управление мобильностью: регистрация, отмена регистрации и обновление местоположения для различных терминалов.

Другие услуги включают в себя аварийные вызовы и закрепление телефона за определенным оператором.

Шлюз SAG5000 поддерживает следующие виды начисления платы:

– Постоплата и начисление платы в реальном времени. SAG5000 взаимодействует с XBOSS с целью поддержания большого числа режимов начисления платы. Когда предусматривается участие системы начисления платы третьих лиц, система XBOSS может предоставлять оригинал записей данных по вызовам (CDR) и реализовывать гибкие конфигурации соответственно потребности.

– Преобразование форматов CDR. Файлы CDR с помощью программы преобразования могут быть представлены в формате записей, необходимом системе учета третьих лиц. Шлюз SAG5000 поддерживает стандартные протоколы SIP и MSML, предоставляет самоопределяемые интерфейсы SIP-A1, SAbis1, Sc1 и SRcd и подключается к сетям PSTN, PLMN или VoIP через STG3000.

– Протоколы SIP. SAG5000 использует SIP для взаимодействия с другими серверами приложений программного коммутатора (SS) и для взаимодействия с терминалами SIP (через BAG5000). SAG5000 использует расширенный самоопределяемый SIP-A1 для взаимодействия с DCS1000.

– Протокол MSML. SAG5000 использует MSML для взаимодействия с iMS5000.

– Протокол Sc1. Шлюз SAG5000 использует самоопределяемый протокол Sc1 для взаимодействия с системой XBOSS и реализует начисление платы в реальном масштабе времени.

– Протокол Sabis1. SAG5000 использует самоопределяемый протокол Sabis1 для взаимодействия с базовыми станциями, которые подключают терминалы к базовой сети МАКВИЛ.

– Протокол SRcd. SAG5000 использует самоопределяемый протокол SRcd для взаимодействия с устройством записи речи и реализует функцию записи речи.

### **6.1.6.3. Основные показатели работы шлюза SAG5000**

Основные показатели работы шлюза SAG5000 приведены в таблице 6.4

Таблица 6.4

<b>Показатель</b>	<b>Спецификация</b>
Максимальное число пользователей	100 000
Максимальное число одновременных соединений голосовой связи	3000
Число попыток установления соединений в секунду (CAPS)	200
Максимальное число БС, которые могут быть подключены к SAG5000	512
Максимальное число DCS1000, которые могут быть подключены к SAG5000	256
Максимальное число групп транкинговой службы	1000
Среднее время наработки на отказ в часах не менее	100 000

#### **6.1.6.4. Сервисы и функции шлюза SAG5000**

Ниже представлены сервисы и функции шлюза SAG5000. Сервисы включают в себя базовые сервисы, вспомогательные сервисы, дополнительные сервисы и транковые сервисы. Функции включают в себя функции начисления платы и сбор статистики по трафику, функции управления устройствами и прочие функции.

##### **А. Сервисы**

SAG5000 реализует различные базовые сервисы и вспомогательные сервисы, которые отвечают международным стандартам, а также дополнительные функции и транковые сервисы.

##### **A1. Базовые сервисы**

– *Голосовые вызовы.* Шлюз SAG5000 обеспечивает вызовы между терминалами МАКВИЛ. При участии BAG5000, шлюз SAG5000 обеспечивает вызовы между терминалами МАКВИЛ и терминалами в других сетях, например в телефонной сети общего пользования (PSTN) или сети VoIP.

– *Служба коротких сообщений.* SAG5000 поддерживает сообщения, передаваемые мобильным терминалом, и сообщения, принимаемые мобильным терминалом.

– *Аварийные вызовы.* Пользователи могут посылать аварийные вызовы (полиция, пожарная службы и скорая помощь), даже если у них имеется задолженность по оплате, и независимо от того, разрешено ли им посылать обычные вызовы. Аварийный вызов может быть проключён до ближайшей станции или до центра обслуживания аварийных вызовов, исходя из конфигурации номера пользователя. Если аварийный вызов является исходящим, SAG5000 добавляет к номеру вызывающего абонента префикс.

– *Медийная обработка.* SAG5000 может передавать речевые сигналы G.729 A/B, а также детектировать и генерировать RFC 2833: сигнализацию формата RTP для цифр в режиме DTMF, телефонные тональные сигналы и сигнализацию.

– *Доступ к беспроводной сети.* SAG5000 поддерживает доступ к беспроводной сети МАКВИЛ. Терминалы МАКВИЛ могут выходить на SAG5000 через базовые станции.

– *Доступ к BAG5000.* Терминалы с протоколом SIP могут выходить на SAG5000 через BAG5000.

– *Управление мобильностью.* SAG5000 поддерживает регистрацию, аутентификацию, роуминг и хэндовер для пользователей, а также функции управления данными пользователей. Аутентификация включает в себя аутентификацию регистрации, голосовую аутентификацию и аутентификацию коротких сообщений. Роуминг включает в себя роуминг между базовыми станциями и между шлюзами SAG5000. Хэндовер включает в себя хэндовер между различными статусами вызова (в ходе разговора или в незанятом состоя-

нии) и между различными точками местоположения (в пределах шлюза SAG5000 и между шлюзами SAG5000).

– *Управление вызовами* включает в себя поисковый вызов, анализ номеров, выбор маршрута, медийное подключение и полномочия вызова.

– *Взаимодействие*. Шлюз SAG5000 может взаимодействовать с сетью PSTN или VoIP через STG3000.

## **Б. Вспомогательные службы**

SAG5000 предоставляет следующие вспомогательные службы: отображение номера, переадресация вызова, телефонная конференц-связь и др.

– *Отображение номера вызывающего абонента (CLIP)*. Услуга CLIP позволяет воспроизвести номер вызывающего абонента на терминале вызываемого абонента, если такой терминал позволяет это осуществить. Услуга CLIP предусмотрена для пользователей, которые принимают вызовы.

– *Отключение отображения номера вызывающего абонента (CLIR)*. Услуга CLIR позволяет вызывающему абоненту заблокировать появление своего номера на терминале вызываемого абонента. Услуга CLIR предусмотрена для пользователей, которые посылают вызовы.

– *Принудительная отмена отключения отображения номера вызывающего абонента (CLIRO)*. Услуга CLIRO позволяет терминалу вызываемого абонента принудительно воспроизвести номер вызывающего абонента, даже если он пользуется услугой CLIR. Услуга CLIRO предоставляется пользователям, имеющим специальные полномочия, например, полиции. Приоритет CLIRO выше приоритета CLIR, а приоритет CLIR выше, чем CLIP.

– *Преобразование идентификатора номера вызывающего абонента*. Преобразование идентификатора номера вызывающего абонента представляет собой услугу преобразования номера вызывающего абонента в номер в другой системе для его воспроизведения в терминале вызываемого абонента.

– *Переадресация вызова*. Безусловная переадресация вызова – услуга, позволяющая пользователю перенаправлять все входящие вызовы на другой номер. Переадресация вызова, при занятом абоненте – услуга, позволяющая пользователю перенаправлять входящий вызов на другой телефон, если его терминал занят. Переадресация вызова при неответе – услуга, позволяющая пользователю перенаправлять входящий вызов на другой телефон, если в течение определенного времени вызов не получил ответа на данном телефоне. Переадресация вызова при недоступности номер – услуга, позволяющая пользователю задать альтернативный номер телефона для перенаправления вызовов, если данный номер телефона не доступен.

– *Передача соединения на другого абонента*. Услуга передачи соединения позволяет вызываемому абоненту передать соединение третьему лицу в ходе разговора. Например, когда пользователь А (вызывающий абонент) и пользователь В (вызываемый абонент) установили соединение, пользователь В может нажать на рычаг телефона или нажать кнопку сброса (flash key) и набрать

номер пользователя С. Когда пользователь С подключен, пользователь В кладет трубку и передает соединение пользователям А и С.

– *Постановка вызова на ожидание.* Если пользователь А активировал услугу постановки вызова на ожидание и осуществляет разговор с пользователем В, то при поступлении вызова от пользователя С, пользователь А может решать, приостановить ли текущий телефонный разговор о том, чтобы ответить на вновь поступивший вызов.

– *Трехсторонний разговор.* Когда вызывающий и вызываемый абоненты установили соединение, вызывающий абонент может использовать услугу трехсторонней связи для набора номера третьего участника и пригласить его к разговору, не прерывая установленного соединения. Третий участник в ходе разговора может разговаривать с вызывающим абонентом, вызываемым абонентом или с обоими.

– *Конференц-связь.* Используя услугу конференц-связи, пользователи могут в любое время пригласить к участию в конференции друзей или коллег. Услуга позволяет организовывать соединения конференц-связи с участием максимум восьми абонентов. Для организации трехсторонних разговоров и конференц-связи требуется iMS5000.

– *Управление вспомогательными службами и услугами.* Управление вспомогательными службами позволяет пользователю набирать соответствующий код службы для регистрации, активации, деактивации или deregистрации вспомогательной услуги.

– *Сокращённый набор номера.* Услуга сокращенного набора позволяет пользователю заменить телефонный номер (местный, междугородный или международный) номером, состоящим из одной или двух цифр. В случае междугородного или международного номера пользователь должен добавить к короткому номеру междугородный или международный код зоны или страны.

– *Горячая линия.* Если пользователь, подключенный к услуге горячей линии, поднимает трубку, но в течение определенного времени не набирает никакого номера, шлюз SAG5000 автоматически набирает заранее заданный номер. Заданный номер должен быть зарегистрирован пользователем, и каждый пользователь может иметь только один заданный номер для услуги горячей линии.

Услуга горячей линии предусматривает срабатывание по времени и мгновенное срабатывание. При срабатывании горячей линии по времени шлюз SAG5000 вызывает заданный номер, когда абонент снял трубку, но не набрал номер в течение определенного периода времени, как описано выше. В услуге мгновенной горячей линии SAG5000 вызывает заданный номер, как только пользователь снимает трубку.

Услуга горячей линии с заданным периодом срабатывания может быть зарегистрирована или запрещена пользователем со своего терминала. Мгновенная горячая линия может быть зарегистрирована только оператором на обслуживаемом терминале и предоставляется только для фиксированных настольных терминалов.

– *Ограничение исходящей связи.* Услуга ограничения исходящей связи предусматривает ограничение по типам вызовов, разрешенных пользователю. Пользователь может внести ограничения по типам исходящих вызовов, вводя различные параметры при регистрации. Предусматриваются следующие категории ограничения исходящей связи:

- запрет всех исходящих вызовов (K=1);
- запрет междугородных и международных вызовов (K=2);
- запрет только международных вызовов (K=3);
- услуга «не беспокоить» (DND).

Услуга DND предоставляется пользователям, которые в определенный период времени не желают получать входящих вызовов. После того как пользователь зарегистрировал и активировал эту услугу, все входящие вызовы к этому пользователю будут направляться на SAG5000; но в то же самое время пользователь может посылать вызовы.

– *Одновременный звонок.* Услуга одновременного звонка позволяет звонить двум терминалам при поступлении входящего вызова. Пользователь может привязать свой второй телефонный номер к служебному терминалу или к терминалу в рабочем помещении. Если поступает вызов на служебный терминал, звонить будут оба терминала и пользователь может ответить на звонок либо со служебного терминала, либо со связанного с ним терминала. Номер служебного терминала называется первичным, а номер связанного с ним терминала – вторичным. Если служебный терминал не может быть в данный момент использован для ответа на вызов, пользователь может ответить со связанного терминала. В этом случае услуга одновременного звонка аналогична услуге переадресация вызова.

## **В. Дополнительные службы**

– *Два терминала с одним и тем же номером.* Услуга «два терминала с одним и тем же номером» позволяет двум терминалам пользователя иметь один и тот же телефонный номер, который может быть номером МАКВИЛ или номером из другой сети. Один из терминалов должен быть терминалом МАКВИЛ, действующим в качестве первичного терминала, а второй терминал – любого типа, будет действовать как вторичный.

При поступлении входящего вызова звонят оба терминала одновременно, и пользователь может ответить с любого из них. При посылке исходящего вызова с этих терминалов у вызываемого абонента воспроизводится один и тот же номер. В остальном терминалы не зависимы друг от друга. Если один терминал участвует в разговоре, другой терминал может использоваться в обычном режиме.

– *Напоминание о пропущенном вызове.* Услуга напоминания о пропущенном вызове задаётся вызываемым абонентом. Вызываемый абонент может пропустить вызовы, поскольку он не находился в зоне обслуживания, был занят или было отключено питание телефона. При использовании этой услу-



ги вызываемый абонент может получать сообщение о пропущенных вызовах при возврате терминала в обычный режим работы.

– *Сигнал контроля посылки вызова (RBT)*. В настоящее время услуга RBT задается вызываемым абонентом. Эта услуга позволяет вызываемому абоненту воспроизводить для вызывающего абонента отрывок музыкального произведения или приветствие взамен обычного сигнала контроля посылки вызова. После активации услуги RBT пользователь может задать персонализированный сигнал контроля посылки вызова. Когда вызываемый абонент занят или находится вне зоны обслуживания, то вызывающий абонент слышит обычный сигнал контроля посылки вызова.

– *Международный обратный вызов*. Вызывающий абонент может активировать услугу обратного международного вызова по интернету, с помощью короткого сообщения и по электронной почте. Активация этой услуги требует больше всего времени, если рассматривать все перечисленные выше услуги.

### **Г. Транковые службы**

Шлюз SAG5000 функционирует как стационарный центр управления цифровой транковой системы МАКВИЛ и взаимодействует с DCS1000 при реализации следующих транковых услуг:

– *Частный вызов*. SAG5000 поддерживает полдуплексные частные вызовы между транковыми терминалами МАКВИЛ, между транковыми и нетранковыми терминалами МАКВИЛ и между транковыми терминалами МАКВИЛ и терминалами внешних сетей типа VoIP.

– *Групповой вызов*. SAG5000 поддерживает полдуплексные групповые вызовы одновременно по многим адресам в зоне диспетчерского обслуживания, определяемой транковой службой. Групповые пользователи одной базовой станции совместно используют один канал на линии вниз. Групповой вызов может быть инициирован диспетчером или пользователем группы. Во время группового вызова в каждый момент времени говорить может только один пользователь.

– *Вещательный режим*. Вещательный режим представляет собой вызов, инициированный диспетчером и включающий в себя несколько пользователей из вещательной группы в зоне диспетчерского обслуживания, определяемой транковой службой.

Различие между вещательным режимом и групповым вызовом таково: в случае вещательного режима говорить может только тот абонент, который инициировал соединение, а другие пользователи могут только слушать.

– *Вмешательство в разговор*. Диспетчер может включиться в частный или групповой вызов.

– *Принудительное отключение*. Диспетчер может принудительно отключить протекающий разговор.

Услуга вмешательства в разговор и принудительного отключения разговора может быть реализована только диспетчерами. Обычные пользователи такими полномочиями не располагают.

– *Динамическая реорганизация.* Динамическая реорганизация означает возможность динамичной реорганизации групп пользователей или их объединения в большую группу. При получении уведомления о реорганизации DCS1000 отдает команду пользователям на перегруппирование. При возникновении чрезвычайной ситуации вышестоящий DCS1000 для облегчения диспетчеризации добавляет к данной группе различные департаменты (пожарный, скорую помощь, полицию), каждый из которых находится в отдельной группе).

– *Отложенное подключение.* Услуга отложенного подключения позволяет пользователю в группе подключиться к групповому вызову после начала группового или вещательного вызова. Услуга используется в следующих сценариях:

– когда инициируется групповой вызов, пользователь в группе перемещается к новой БС и вызов снова проключается;

– в ходе группового вызова включается питание терминала группового пользователя;

– в ходе группового вызова групповой пользователь отключается от существующего соединения;

– когда устанавливается групповой вызов, пользователь не находится в зоне обслуживания.

– *Ночная служба.* После активации ночной службы диспетчер может перенаправлять все входящие вызовы, поступающие на DCS1000, на другой DCS1000 или внутренний телефон в нерабочее время.

– *Авторизованный вызов.* Если вызывающий абонент не имеет права осуществлять определённые вызовы, то вызов автоматически направляется на авторизованный DCS1000, который решает, проключать ли вызов до вызываемого абонента.

– *Увязка телефона.* DCS1000 может быть увязан с IP-телефоном. При включении услуги увязки телефона диспетчеры могут слушать и говорить, пользуясь IP-телефонами вместо головной гарнитуры ПК.

– *Перехват.* Услуга перехвата позволяет авторизованным пользователям перехватывать соединения между пользователями в системе, не передавая никаких предупредительных сообщений. Для реализации услуги перехвата должна быть осуществлена конфигурация iMS5000.

– *Запись речи.* Устройство записи речи может обеспечить запись всех вызовов или вызовов конкретных пользователей, регистрацию всей информации о вызове и предоставлять статистические данные, запросы и воспроизводить информацию после записи.

– *Одновременный вещательный и многоадресный режим.* Система МАК-ВИЛ предоставляет мультимедийные услуги вещательной и многоадресной

связи. В одночастотной сети (SFN) базовые станции взаимодействуют друг с другом, передавая те же самые мультимедийные вещательные и многоадресные данные одновременно с использованием одинаковой частоты и одинаковых кодов модуляции.

В этой ситуации даже пользователи, находящиеся на границе зоны покрытия БС, могут надежно принимать мультимедийные вещательные и многоадресные данные, поскольку они получают данные от нескольких базовых станций одновременно. Более того, когда пользователь из данной группы перемещается от одной БС к другой, он непосредственно может принимать данные от группы без дополнительного хендовера. Поэтому тот факт, что все базовые станции службы используют одну и ту же частоту, повышает групповую емкость всей сети.

#### ***6.1.6.5. Начисление платы и статистика трафика***

Шлюз SAG5000 реализует режимы постоплаты по факту оказания услуг и начисления платы в реальном масштабе времени.

1) В случае постоплаты SAG5000 предоставляет записи данных по вызовам в биллинговый центр для проведения расчетов.

2) В случае начисления платы в реальном масштабе времени SAG5000 получает в реальном времени от биллингового центра данные об оплаченной продолжительности вызова для данного абонента, а затем биллинговый центр осуществляет расчеты. В дальнейшем записи данных по вызовам могут быть проверены. Режим платы в реальном масштабе времени должен быть установлен и в системе XBOSS.

SAG5000 загружает записи данных по вызовам в сервер CDR, используя протокол TCP. Биллинговый центр получает эти данные из сервера CDR и на их основе производит начисление платы. При использовании биллингового центра Xinwei можно конфигурировать сервер CDR на сервере iM3000. При использовании другого биллингового центра придется конфигурировать сервер CDR согласно реальной ситуации.

Можно оплачивать свой счет, пополнять счет своего телефона, осуществлять платежи, переводить денежные средства и запрашивать баланс, пользуясь короткими сообщениями.

SAG5000 собирает следующую статистику по трафику: статистика рабочих показателей; статистика нагрузки.

#### ***6.1.6.6. Управление устройствами***

Управление устройствами включает в себя управление конфигурацией, управление аппаратными средствами, управление отслеживанием, управление рабочими показателями, управление программными средствами, управление журналами, устранение повреждений и управление безопасностью.

– *Управление конфигурацией.* Эта функция используется для добавления, изменения, удаления и запроса текущих параметров системы.

– *Управление аппаратными средствами.* Используется для контроля аппаратных средств и связей в системе, управления ими и их тестирования.

– *Управление отслеживанием.* Используется в повседневной эксплуатации SAG5000. Можно использовать программу анализа сообщений для отслеживания вызовов, сигнализации, интерфейсов, а также анализа синтаксиса сообщений, что облегчает анализ и локализацию отказов. После конфигурации данных на SAG500 можно отслеживать сигнализацию, чтобы убедиться, что линии сигнализации работают нормально.

– *Управление рабочими показателями.* Эта функция используется для тестирования шлюза SAG5000 и его сети, а также для получения текущих данных сети.

– *Управление программными средствами.* Используется для того, чтобы управлять программными средствами, включая их установку, загрузку и активацию.

– *Управление журналами.* Используется для управления журналами, в частности для их экспорта и загрузки.

– *Устранение повреждений.* Используется для контроля текущего состояния системы и подачи аварийных сигналов об обнаруженных повреждениях инженерам, осуществляющим техобслуживание.

– *Управление безопасностью.* Эта функция используется для обеспечения безопасности эксплуатации и техобслуживания в системе и для предотвращения операций со стороны неавторизованных пользователей.

#### **6.1.6.7. Другие функции**

– *Голосовые подсказки.* Шлюз SAG5000 обеспечивает выдачу голосовых подсказок максимум на трех языках. Каждая голосовая подсказка воспроизводится три раза. Заказчик выбирает языки для голосовых подсказок. Воспроизведение голосовых подсказок на различных языках определяется потребностью на месте работы системы.

– *Запись вызовов.* Шлюз SAG5000 реализует запись вызовов.

– *Блокировка связи со стороны оператора.* Блокировка связи со стороны оператора позволяет оператору ограничить полномочия пользователя путем запрета базовых видов вызова или вспомогательных услуг. Запрет базовых видов вызова включает в себя запрет входящих вызовов и запрет исходящих вызовов. По входящим и исходящим вызовам запрет может включать в себя запрет всех вызовов, запрет междугородных вызовов и запрет международных вызовов.

– *Протокол установки сетевого времени (NTP).* SAG5000 может синхронизировать свои часы с сервером NTP.

## 6.2. Описание регионального ядра сети RCN

Региональное ядро сети состоит из опорного регистра местоположения HLR3000, шлюза SAG5000/NK5000, системы диспетчерского управления DCS1000, интегральной системы управления сетью (в сети доступа) iM5000, сервера DHCP, сервера CDR, интегрированного центра сообщений iMC2000 и подсистемы видеонаблюдения и видеоконференции.

### 6.2.1. Опорный регистр местоположения HLR3000

Так называемая Конвергентная абонентская система управления (Convergent Subscriber Management System) является базовым оборудованием системы МАКВИЛ и обеспечивает функции сетевого элемента HLR (Home Location Register – опорный (домашний) регистр местоположения – база данных мобильных станций, постоянно зарегистрированных абонентов оператора в данном регионе). Система поддерживает управление для всех видов абонентских услуг, включая речь, транкинговые переговоры (trunking voice), короткие сообщения, видео и широкополосные данные. Она имеет функции – управления мобильностью, обработки вызовов, управления VAS-услугами, аутентификации (для этого используется центр аутентификации), хранение абонентской информации (информация о текущем местоположении, номере телефона и другой учетной записи). Система адаптивна к магистральным программным коммутаторам оконечных станций различного уровня.

Основные рабочие показатели HLR3000 приведены в таблице 6.5.

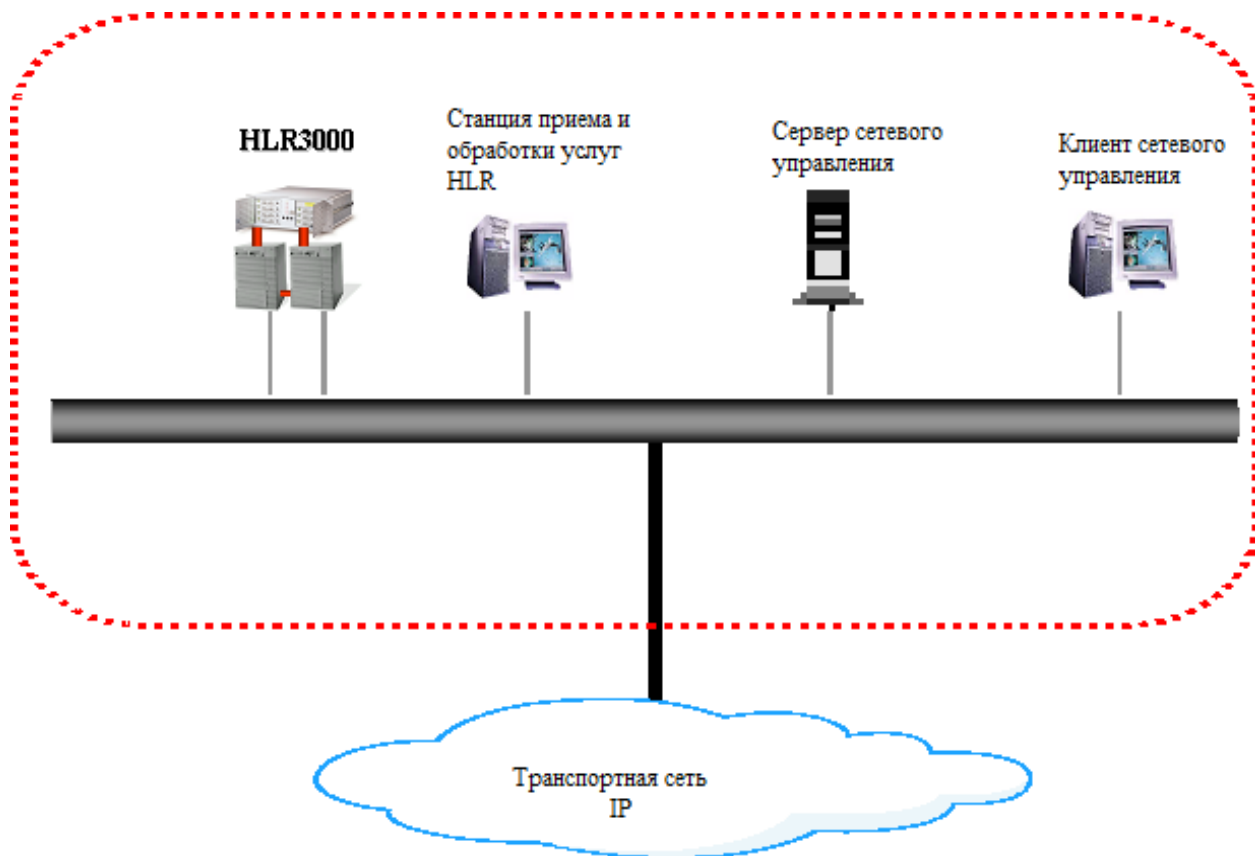
Таблица 6.5 – Рабочие показатели HLR3000

Параметр	Спецификация
Максимальное число абонентов	300000
Максимальное число пультов, подключаемых к HLR3000	16
Максимальное число линий к SAG3000	128
Вероятность утраты сообщения	$\leq 10^{-7}$
Задержка при поиске информации	$\leq 2000$ мс (вероятность 95%)
Задержка регистрации	$\leq 2000$ мс (вероятность 95%)
Задержка аутентификации	$\leq 2000$ мс (вероятность 95%)
Скорость генерации параметров аутентификации	Не менее 500 наборов из трех параметров за секунду
Частотность вызовов в ЧНН	800 обновлений местоположения за секунду

Место HLR3000 в сети показано на рисунках 5.1 и 6.16.

Для повышения надежности работы используются удвоенные устройства HLR3000, соединённые высокоскоростной линией передачи данных, а массив дисков обеспечивает доступ к базе данных большой емкости.

Программные средства HLR3000 основываются на операционной системе Linux CentOS и Oracle 10g с мощными функциями управления коммерческой базой данных, обеспечивающей надежный, уверенный доступ к данным в реальном масштабе времени. База данных способна хранить до большой объём абонентских записей и имеет существенно повышенную скорость доступа к данным.



*Рисунок 6.16. HLR3000 в сети*

Аппаратные средства HLR3000 – это серверы IBM или HP, имеющие отличные рабочие параметры и высокую надежность, благодаря чему повышается надёжность системы и снижается потребляемая мощность.

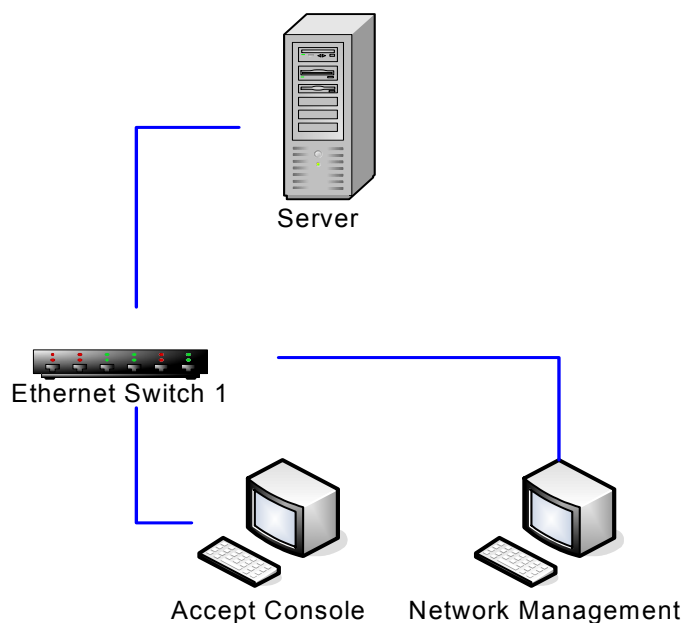
В регистре HLR3000 принята многоуровневая многомодульная организация, позволяющая обслуживать на пульте до 300 000 абонентов мобильной связи. Емкость можно гибко конфигурировать и плавно наращивать по мере необходимости, обеспечивая наиболее экономичное решение.

Шлюзы SAG3000 или SAG5000 непосредственно подключаются к HLR3000 с помощью протокола MAP, и один регистр HLR3000 может обслужить до 32 шлюзов SAG.

Существуют три вида конфигурации HLR3000, соответствующие различным потребностям клиентов:

- простая конфигурация;
- базовая конфигурация;
- высоконадёжная конфигурация.

При простой конфигурации сервер управления сетью может быть установлен в том же ПК, что и HLR3000, а управление сетью может быть установлено на том же ПК, что и пульт приёма (рис. 6.17).

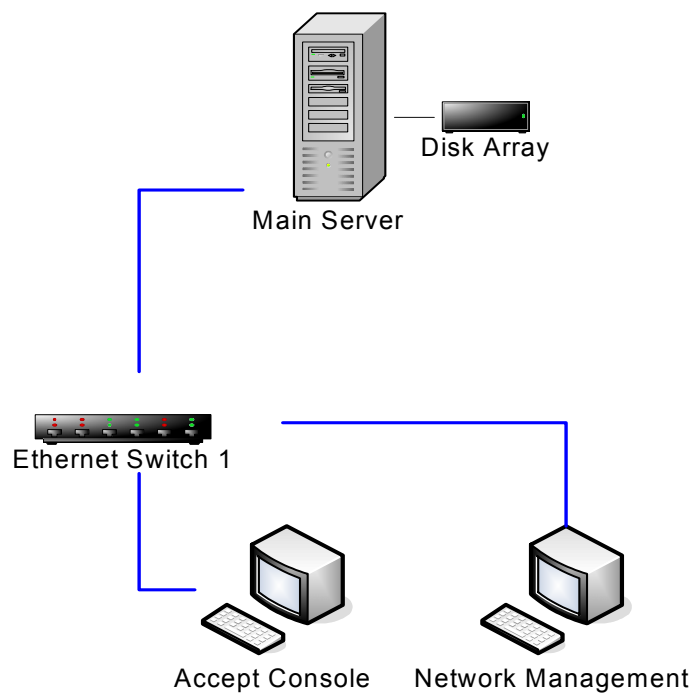


**Рисунок 6.17.** Простая конфигурация HLR3000

В этой конфигурации программа HLR3000 и абонентские данные накапливаются в ПК сервера регистра HLR. Надёжность программы и данных невысока, но и невелика стоимость. Эта конфигурация годится для предприятия с малым числом абонентов.

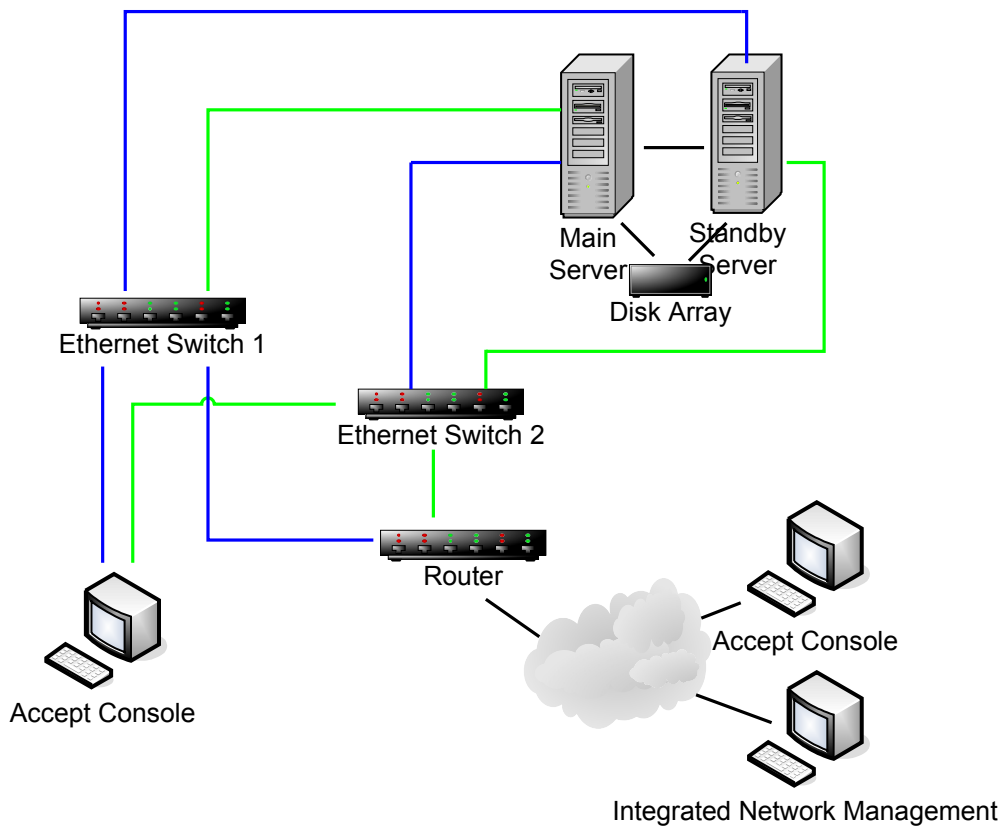
При базовой конфигурации программа HLR3000 накапливается в ПК сервера HLR, а абонентские данные хранятся в массиве дисков. Надёжность программы невелика, а надёжность данных высока (рис. 6.18).

Эту конфигурацию рекомендуется использовать для предприятия с большим числом абонентов. В высоконадёжной конфигурации программа HLR3000 накапливается в ПК сервера HLR, а абонентские данные хранятся в массиве дисков. Программа выполняется на вдвоенном активном процессоре в режиме «первичный/резервный». Этим достигается высокая надёжность сети связи, но стоимость ее реализации естественно выше, чем в предыдущих конфигурациях.



**Рисунок 6.18.** Базовая конфигурация HLR3000

На рисунке 6.19 указаны два Ethernet коммутатора, возможно использовать и один коммутатор.



**Рисунок 6.19.** Высоконадёжная конфигурация HLR3000



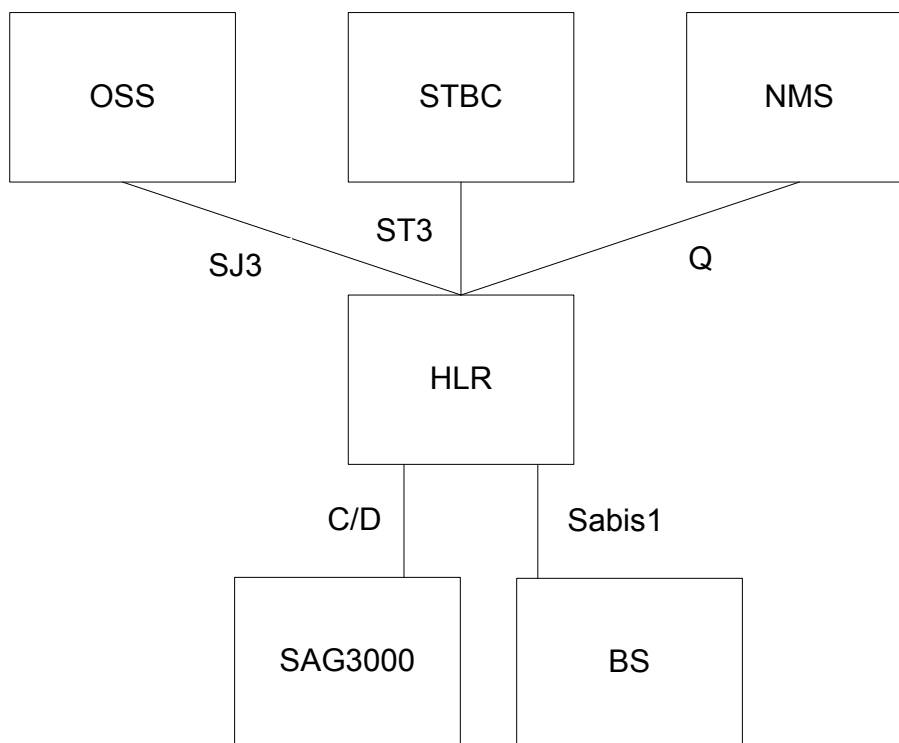
В регистре HLR3000 используются следующие интерфейсы (рис. 6.20):

– Интерфейс ST3 для подключения HLR3000 к центру программирования терминалов (STBC). Используется для обмена базовой информацией о терминалах (UID, PID и SID) между STBC и HLR3000 при осуществлении накопления информации о терминалах и управления ею.

– Интерфейс SJ3, подключающий HLR3000 к пульту приемки службы OSS. Используется для обмена информацией о подписке пользователей между пультом приемки службы и HLR3000 при реализации функций приложения абонентской службы и отключения службы.

– Интерфейс C/D для подключения HLR3000 к SAG3000. Этот интерфейс используется для обеспечения потока в формате протокола MAP между SAG3000 и HLR3000 с целью реализации управления мобильностью при роуминге абонентов, отправке вызовов и коротких сообщений.

– Интерфейс Q для подключения HLR3000 к системе управления сетью NMS-S базовой сети. Этот интерфейс используется для взаимодействия в области эксплуатации и техобслуживания между OMC и HLR3000 с целью обеспечения повседневного техобслуживания регистра HLR3000 (рис. 6.20).



*Рисунок 6.20. Интерфейсы регистра HLR3000*

HLR3000 поддерживает маршрутизацию и переадресацию между HLR3000. Когда пользователь выходит в роуминг через HLR3000, обслуживающий HLR3000 пересылает/переадресует сигналы о регистрации пользователя и другую информацию на домашний HLR3000.

### 6.2.2. Шлюз SAG5000/NK5000

Архитектура SAG5000 представлена на рисунке 6.21.

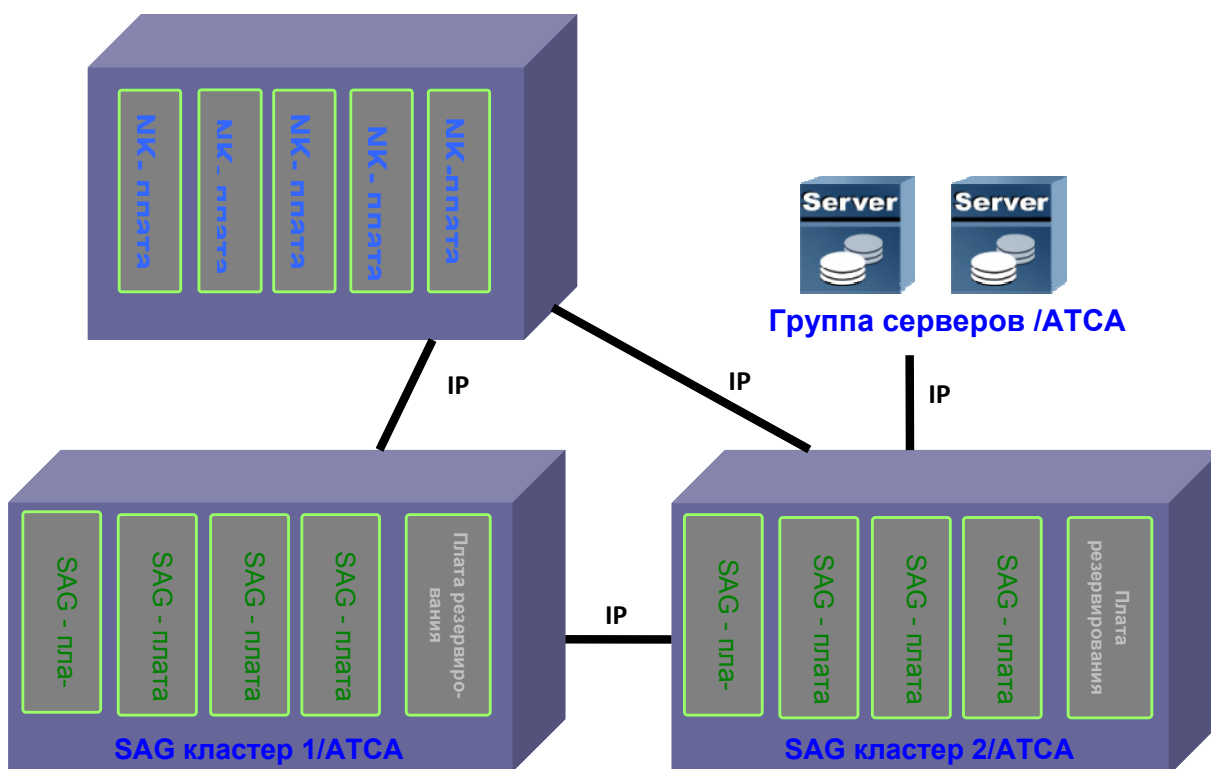


Рисунок 6.21. Архитектура шлюза SAG5000

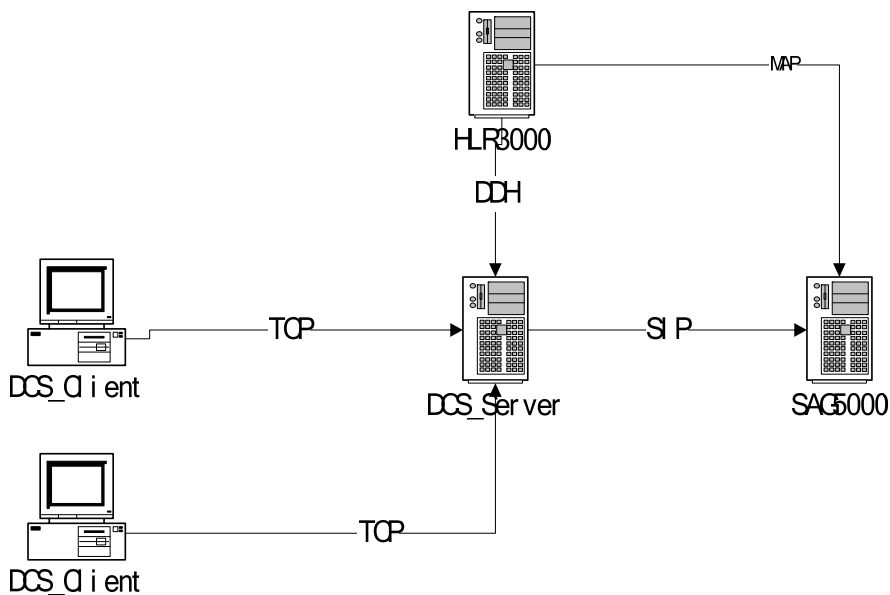
SAG5000 используется для замены SAG3000, когда необходимо реализовать подключение большого числа абонентов и доступ BTS в сети МАКВИЛ. SAG5000 основан на платформе ATCA и архитектуре модульных плат. Кроме того, платы распределения нагрузки сети (НК-платы) группируют наборы SAG-плат в кластеры, осуществляют баланс нагрузок среди групп и повышают отказоустойчивость модульной архитектуры SAG5000. Подробное описание SAG5000 было уже описано выше в разделе 6.1.5.

### 6.2.3. Система диспетчерского управления DCS1000

Система диспетчерского управления DCS (DispatchControlSystem) – важная система в сети МАКВИЛ. DCS1000 состоит из двух частей: оборудования DCS-клиент (сервер-клиент) и DCS-сервера. Сервер-клиент, как пользовательский интерфейс для группового управления, диспетчеризации речи и видео, имеет мощную возможность по предоставлению сервиса и расширяемость. Обычно сервер-клиент рассматривается как платформа приложений, то есть, как обобщенное понятие сервер-клиент.

*Примечание.* Основной функцией транкинговой сети является функция диспетчеризации доступа к выделенным каналам. Цифровая транкинговая система, основанная на стандарте МАКВИЛ, модифицирует взаимосвязь (метод доступа) абонентского терминала, сети беспроводного доступа и оборудования ядра сети, что осуществляется специальным сервером диспетчеризации, реализующим функцию транкинга. Система имеет транкинговое программное обеспечение, объединяющее несколько линий «коммутатор-сервер» в один логический канал. Транкинговое ПО распределяет информационный поток по различным коммутируемым портам и серверным интерфейсам, тем самым достигается максимальная производительность. Если один из портов выходит из строя, он автоматически исключается из транкинговой группы, и его трафик перераспределяется между оставшимися портами. Реализация функции транкинга может обеспечивать и другие возможности, такие как сбалансированность нагрузки и отказоустойчивость.

Оборудование DCS1000 является оборудованием, реализующим функцию транкинга в сети. DCS1000 получает доступ к SAG3000 по протоколу-SIP, и соединяется с HLR3000 по протоколу TCP. Система DCS1000 включает оборудования DCS-клиент и DCS-сервер (рис. 6.22).



**Рисунок 6.22.** Расположение DCS1000 в сети

Основная функция сервер-клиента DCS1000 предоставлять необходимые интерфейсы потребителю для осуществления диспетчеризации вызовов и организации функции управления.

В системе широкополосной связи МАКВИЛ сервер DCS1000, как устройство транкинговой системы, коммутирующее сигналы основного оборудования SAG3000 и HLR3000, располагается между оборудованием DCS-клиент и

SAG3000/HLR3000. Сервер DCS1000 осуществляет преобразование и диспетчеризацию вызовов и сообщений управления, идущих от оборудования DCS-клиент на SAG3000/HLR3000 и соответственно вызовов и ответных сообщений управления с SAG3000/HLR3000 на оборудование DCS-клиент.

Функцию транкинговой коммутации в системе широкополосной связи МАКВИЛ обеспечивает SAG3000, а сервер DCS1000 самостоятельно не может обеспечить эту функцию.

Характеристика системы:

1. Поддержка как внутрizonовой, так и межzоновой системы транкинговой диспетчеризации.

2. Реализация технологии VPN (Virtual Private Network – виртуальная закрытая сеть). На одной транспортной сети можно создать независимую архитектуру управления для различных сетей служб.

3. Поддержка иерархической структуры уровня управления диспетчером.

#### 6.2.4. Система iM5000

Функции iM5000 включают управление и конфигурацию сетевых элементов в сети МАКВИЛ, таких как BTS, SAG, HLR и абонентских терминалов. iM5000 также принимает аварийные сигналы и информацию о сбоях для контроля менеджерами по ИТ-производительности сети и осуществляет поиск и устранение неисправностей. Функции iM5000 реализованы как на уровне национального ядра сети, так и на уровне регионального ядра сети. Место iM5000 в ядре сети показано на рисунке 6.23.

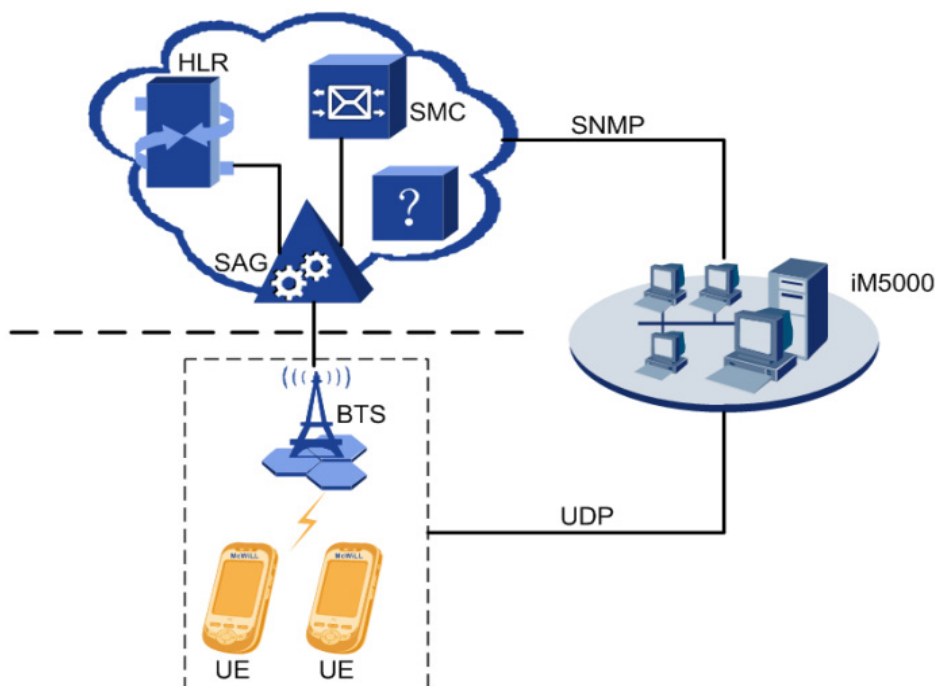


Рисунок 6.23. Система iM5000 в ядре сети

### **6.2.5. Сервер DHCP**

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) сервер осуществляет присвоение IP-адресов терминалам сети МАКВИЛ для доступа к данным после завершения их регистрации и аутентификации в беспроводной сети МАКВИЛ.

### **6.2.6. Сервер CDR**

Сервер CDR (Call Detail Records) осуществляет сбор биллинговой информации по передаче речи, данных, коротких сообщений, а также VAS-услуг, снимаемой с BTS, SAG и Imc2000. Затем сервер OCS (Online Charging Server – сервер online начислений) по этим данным, собранным в CDR, производит расчет и формирует счета за предоставленные услуги.

### **6.2.7. Интегрированный центр сообщений iMC2000**

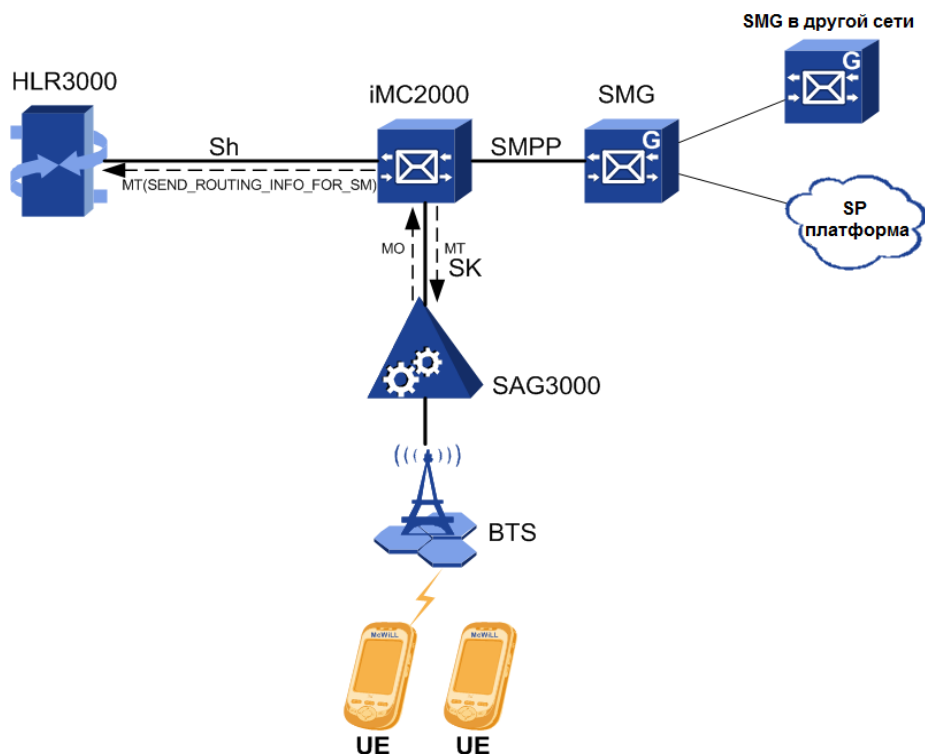
Интегрированный центр сообщений iMC2000 является основным сетевым оборудованием. Он обеспечивает работу службы коротких сообщений от точки к точке (P2P), а также хранение сообщений, биллинга и другие функции, необходимые для работы. Центр iMC2000 обеспечивает взаимодействие между пользователями в сети McWiLL с помощью коротких сообщений, а также обеспечивает возможность взаимодействия с помощью коротких сообщений с пользователями в других сетях и с сервисными платформами провайдера услуг (SP) через шлюз коротких сообщений (SMG).

Центр iMC2000 подключается к SAG3000 и HLR3000 напрямую и обеспечивает стандартный интерфейс коротких сообщений (SMPP) для доступа к шлюзу SMG (рис. 6.24). Центр iMC2000 конфигурируется, управляется и поддерживается интегрированной системой управления сетью (IM3000).

Для уменьшения потерь сообщений и обеспечения их безопасности в iMC2000 используется технология резервного копирования и повторной передачи коротких сообщений. Резервное копирование означает, что iMC2000 сохраняет все принятые короткие сообщения и копирует их в указанную заранее базу данных каждые 10 секунд. Если iMC2000 восстанавливается после сбоя, то он автоматически импортирует сообщения из базы данных, чтобы гарантировать, что они не будут потеряны.

Повторная передача означает, что iMC2000 повторно отправляет сообщения, которые не могли быть отправлены нужному получателю за определенный временной интервал. Это гарантирует, что короткое сообщение не затеряется из-за нестабильной или плохой связи конечного получателя.

Эксплуатационные характеристики iMC2000 приведены в таблице 6.6.



**Рисунок 6.24.** Расположение центра iMC2000 в сети

Таблица 6.6 – Эксплуатационные характеристики iMC2000

Пропускная способность	Может быть гибко настроена. Поддержка до 1000000 пользователей и 500000 одновременных сообщений.
Вычислительные мощности	При внедрении рекомендуемого сервера, отдельно развернутая iMC2000 может обрабатывать 500 одновременных сообщений в секунду. При внедрении платы GPP платформы VTA, отдельно развернутая iMC2000 может обрабатывать 400 одновременных сообщений в секунду. При внедрении ПК с процессором P4 3.0G и 1GRAM или выше, отдельно развернутая iMC2000 может обрабатывать 300 одновременных сообщений в секунду.
Задержка при поиске	$\leq 2000$ мс (С 95% вероятностью)
Вероятность потери сообщения	$\leq 10^{-7}$
Задержка при передаче сообщений	$\leq 1000$ мс (С 95% вероятностью) Задержка при передаче сообщений (интервал времени между приемом сообщения и временем его отправки).
Вычислительные мощности консоли	Возможности обработки сообщений консоли не ограничены и зависят от возможностей iMC 2000. До 300 консолей может подключиться к серверу iMC 2000 одновременно.
Теоретически, HLR3000 и до 256 SAG3000 могут получить доступ к iMC2000 одновременно. Но фактическое количество HLR3000 и SAG3000, которые могут получить доступ к iMC2000 зависит от количества пользователей и ограничений аппаратной платформы.	

Характеристики трафика могут быть определены из следующих средних характеристик одного абонента (табл. 6.7).

Таблица 6.7. Характеристики абонента.

Категория	Предмет	Значение
Обычный звонок	Средний трафик на одного пользователя	0,03 Эрл
	Среднее количество звонков	1,8 звонков/час
	Средняя продолжительность звонка	72 секунд
	Процент занятости реле	70%
Сообщения	Среднее количество МТ сообщений	0,5 сообщений/час
	Среднее количество МО сообщений	0,2 сообщения/час
Управление мобильностью	Регистрация	2 пользователя/час макс. нагрузки
	Аутентификация	2 пользователя/час макс. нагрузки
	Передача	От 1,35 до 2 пользователей/час макс. нагрузки

Исходя из приведенной выше модели, трафик связи с соответствующими сетевыми элементами оценивается следующим образом:

МО:

MO\_FORWARD\_SHORT\_MESSAGE      SAG ↔ SMC      305 байт

МТ:

SEND\_ROUTING\_INFO\_FOR\_SM      HLR ↔ SMC      146 байт

MT\_FORWARD\_SHORT\_MESSAGE      SAG ↔ SMC      319 байт

Регистрация

ALERT\_SERVICE\_CENTRE      HLR ↔ SMC      137 байт

SAG ↔ SMC:  $(305 \times 0,2 + 319 \times 0,5) \times 1,5 = 330,75$  байт/пользователь/час макс. нагрузки

HLR ↔ SMC:  $(137 \times 2 + 146 \times 0,5) \times 1,5 = 520,5$  байт/пользователь/час макс. нагрузки

1,5 в предыдущих формулах обозначает предполагаемый коэффициент избыточности.

SAG3000: около 350 байт/пользователь/час макс. нагрузки.

HLR3000: около 550 байт/пользователь/час макс. нагрузки.

### 6.2.8. Подсистема видеонаблюдения и видеоконференции

Благодаря продвинутой технологии стандарта McWiLL в стандарте разработана телевизионная интегрированная подсистема, позволяющая реализовывать видеоконференции, IP-телевидение, интерактивное телевидение, видеонаблюдение и другие приложения. Посредством интегрирования различных видов ресурсов стандарта McWiLL подсистема может удовлетворить требования многих видов мультимедийных приложений для правительственных, корпоративных и персональных потребителей (рис. 6.25).

Чтобы реализовать высокую скорость и передачу в реальном масштабе времени и удовлетворить необходимым условиям видео приложений, особенно видеоконференций и видеонаблюдения, к системе предъявляются очень высокие требования по сетевой пропускной способности и по эффективности использования частотного ресурса. Архитектура подсистемы видеонаблюдения и видеоконференции показана на рисунке 6.25.

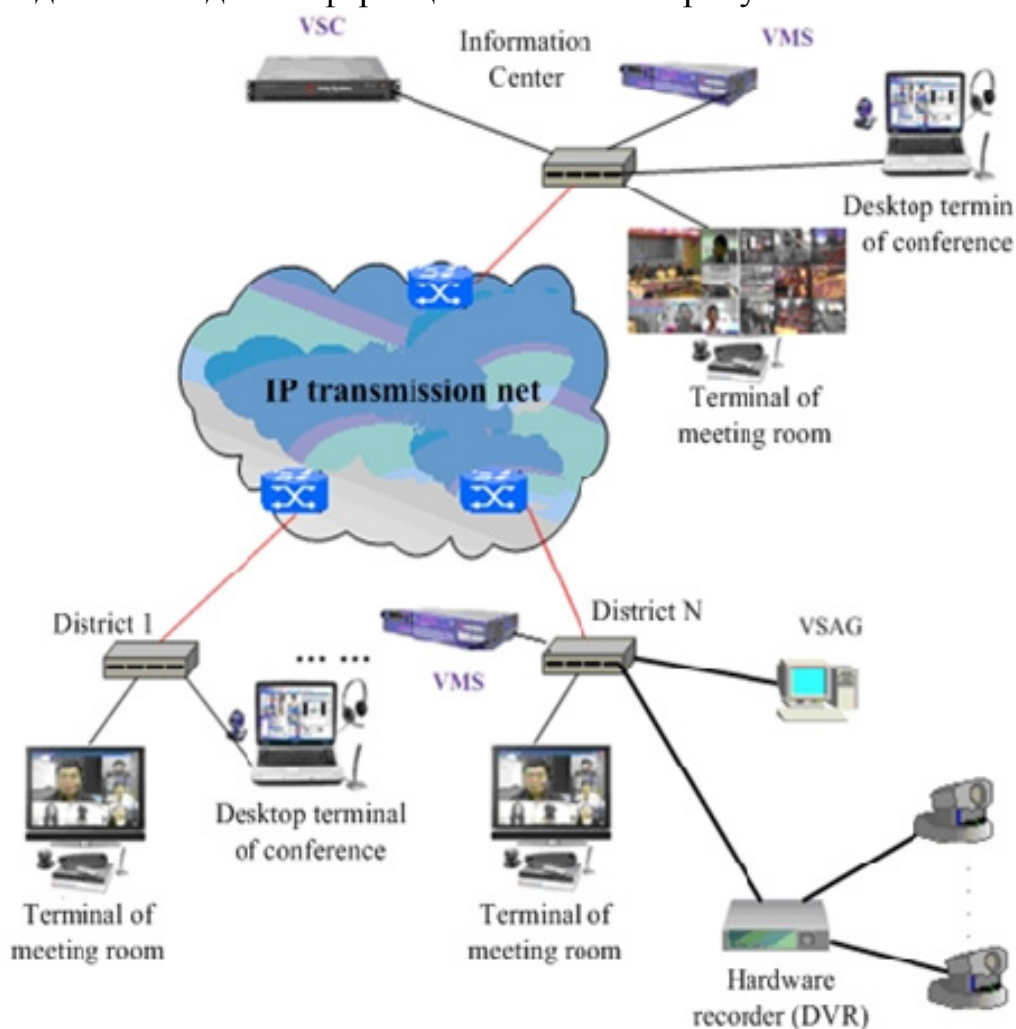


Рисунок 6.25. Архитектура подсистемы видеонаблюдения и видеоконференции



Подсистема видеонаблюдения и видеоконференций включает следующие составляющие:

1. VCS (Video Service Controller) – контроллер видеосистем.

Основные функции:

- управление учетными записями пользователя;
- управление устройствами и сетью (совместная работа с системой управления сетью – NMS);
- сбор и экспорт CDR (отчет подробной информации о вызове);
- резервирование базы данных;
- масштабируемость видеосистемы (от сотен до тысяч потребителей);
- ПО запатентованное, конфиденциальное.

2. VMS (Video Media Server) – сервер для управления сетью видеосвязи.

Основные функции:

- маршрутизация, контроль адресации и транскодирование видео;
- автоматическое обнаружение ошибок и поддержка топологии и статуса сети;
- автоматическое распознавание CPU пользователя, пропускной способности и оптимизация размера мультимедийного потока;
- многоточечная раздача одного контента при видеоконференции;
- высокое качество видео и низкая задержка (эффект присутствия);
- масштабируемость до 1 000 пользователей на один видеосервер;
- масштабируемость в сети P2P.

3. VSAG (Video Surveillant Access Gateway) – видеошлюз:

- интегрирование системы видеонаблюдения в видеосистему McWiLL по шлюзу VSAG;
- видеопоток системы видеонаблюдения может использоваться в качестве телевизионного мультимедийного потока видеоконференции или магистрального потока;
- авторизованный выбор пользователем камеры и контроль с использованием системы DCS-клиент или на персональном компьютере.

4. Офисный терминал для проведения видеосвязи.

5. Настольный терминал видеосвязи.

6. Мобильный терминал видеосвязи.

Потребителями подсистемы видеонаблюдения и видеоконференции являются PDA (персональные компьютеры) и DCS-клиенты:

- видео конференц-зал;
- настольный или мобильный терминал;
- видеокамеры NVR/DVR;
- видеонаблюдение;
- камеры (сторонних видеосистем);
- IP-сеть (частная/общедоступная) заказчика.

Подключаемое оборудование:

- PDA мобильный видео терминал;
- DCS-клиент (ПО для PC) для видеоконтроля и управления;
- IP сеть (частная/общедоступная) заказчика.

Функции PDA:

- функция PDA Group – подключение к группе видеоконференции;
- просмотр видео конференции, контроль или управление локальной камерой;
- ведение и поиск учетных записей;
- управление видео конференцией (для узлового PDA);

Функции DCS-клиент:

- ведение и поиск учетных записей в режиме online;
- подключение терминалов к группе видеоконференции;
- организация контроля и управление видеосервисами;
- контроль и управление видеокамерами;
- организация работы с камерами (сторонних видеосистем);
- организация работы с IP-сетями и с сетями заказчика.

## ГЛАВА 7. ПРОДУКТЫ МАКВИЛ

Система МАКВИЛ содержит следующие продукты: антенны и мачтовые усилители, базовую станцию, различные терминалы, EMS и SHLR, SAG. В настоящее время система располагает продуктами, работающими в следующих полосах частот: 336-344 МГц, 400-430 МГц, 696-746 МГц, 1785-1805 МГц, 2150-2180 МГц, 2500-2690 МГц и 3300-3400 МГц. Следует упомянуть, что некоторые терминалы работают не во всех указанные выше полосах частот.

### 7.1. Антенны и мачтовые усилители

Каждая всенаправленная антенная решетка содержит 8 микрополосковых элементов и плату калибровки. Каждая всенаправленная антенна имеет вертикальную поляризацию и усиление антенны 9-11 дБи.

Каждый блок мачтового усилителя (ТГА) содержит 4 модуля LNA/PA, а два блока ТГА образуют законченное устройство для 8-элементной антенной решетки и базовой станции McWiLL (рис. 7.1-7.3, табл. 7.1).



Рисунок 7.1. Всенаправленная антенна, панельная антенная решетка и мачтовый усилитель

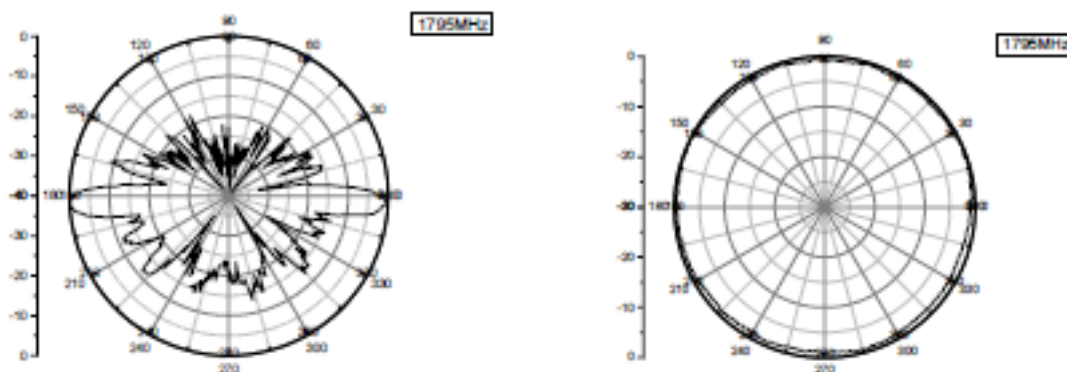


Рисунок 7.2. Диаграмма направленности всенаправленной антенны

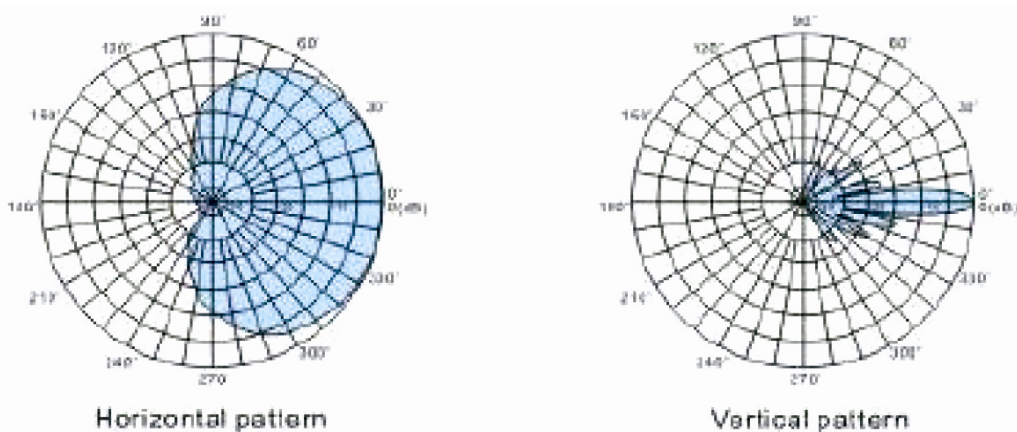


Рисунок 7.3. Диаграмма направленности панельной антенной решетке

Таблица 7.1 – Характеристики антенны

Наименование	Спецификация
Тип антенн	Всенаправленные: всенаправленное покрытие; Панельные: секторное покрытие
Поляризация	Вертикальная поляризация
Угол наклона (вниз)	Всенаправленные: 2-4 градуса (электрический); Панельные: механически регулируемый
Усиление антенны	Всенаправленные: 11,5 дБи; панельные: 15-17 дБи
Ширина луча в вертикальной плоскости	Всенаправленные: 7,5 град.; панельные: 6 град.
Ширина луча в горизонтальной плоскости	Всенаправленные: 360 град.; панельные: 120 град.
Выигрыш от формирования луча на нисходящей линии	В среднем: 18,0 дБ
Выигрыш от формирования луча на восходящей линии	В среднем: 9,0 дБ
Коэффициент шума	4,5 дБ включая LNA
Механические габариты	Высота: 152,4 см, диаметр: 38,1 см (в зависимости от частоты)
Вес	29,5 кг
Мачта для крепления	Алюминиевая опора диаметром 11,4 см
Диапазон рабочих температур	От - 40 до + 50°C
Диапазон температур хранения	От - 40 до + 70°C
Влажность	От 0 до 95%

## 7.2. Терминалы

В настоящее время система МАКВИЛ располагает следующими терминалами: настольное оборудование, устанавливаемое в помещении абонента (CPE – Customer Premises Equipment), PCMCIA, McWiLL Bluetooth Companion, модуль McWiLL, Z-Module McWiLL, мобильные терминалы и несколько диспетчерских терминалов.

### 7.2.1. Настольное оборудование (CPE) на 1 МГц

Таблица 7.2 – Характеристики оборудования: CPE

Элемент оборудования	Спецификация
Интерфейсы	Один порт Ethernet, 1 POTS
Антенны	Одна всенаправленная и две патч-антенны
Суммарная пропускная способность на восходящей/нисходящей линии	До 3 Мбит/с (QAM64)

### 7.2.2. Оборудование (CPE) на 5 МГц

Оборудование CPE на 5 МГц для наружной установки выполнено в корпусе, защищающем оборудование от внешних воздействий (рис. 7.4), и имеет следующие спецификации (табл. 7.3).



Рисунок 7.4. Оборудование CPE на 5 МГц для наружной установки

Таблица 7.3 – Характеристики оборудования (CPE) на 5 МГц

Элемент оборудования	Спецификация
Интерфейсы	Один порт Ethernet (PoE)
Антенны	Одна направленная антенна
Суммарная пропускная способность на восходящей/нисходящей линии	До 10 Мбит/с

### 7.2.3. Платы PCMCIA

Платы PCMCIA имеют следующие характеристики (табл. 7.4):

Таблица 7.4 – Характеристики платы PCMCIA

Элемент оборудования	Спецификация
Интерфейсы	PCMCIA
Антенны	Две всенаправленные антенны и одна внутренняя
Пропускная способность	До 3 Мбит/с (QAM64)

### 7.2.4. Модули McWiLL (MEM128, MEM160)

Характеристики модуля McWiLL те же, что и для PCMCIA за исключением того, что вместо интерфейса PCMCIA применяются пользовательские интерфейсы USB и RS232. Такие модули могут быть включены в продукт третьей стороны с тем, чтобы создавать любые терминалы специального назначения с оборудованием McWiLL внутри.

### 7.2.5. Оборудование McWiLL Bluetooth Companion

Характеристики оборудования McWiLL Bluetooth Companion приведены в таблице 7.5.

Таблица 7.5 – Характеристики оборудования McWiLL Bluetooth Companion

Элемент оборудования	Спецификация
Интерфейсы	Bluetooth, USB
Антенны	Одна всенаправленная и одна внутренняя антенны
Пропускная способность	До 3 Мбит/с (QAM64)



Рисунок 7.5. Оборудование McWiLL Bluetooth Companion

### 7.2.6. Оборудование McWiLL USB Companion

Оборудование McWiLL USB Companion – миниатюрное широкополосное устройство, обеспечивающее передачу данных со скоростью до 1,2 Мбит/с через USB. Устройство можно носить с собой, чтобы при необходимости обеспечить ноутбук широкополосным доступом в интернет. Характеристики оборудования приведены в таблице 7.6.

Таблица 7.6 – Характеристики McWiLL USB Companion

Элемент устройства	Спецификация
Интерфейсы	USB
Антенны	Одна всенаправленная антенна
Пропускная способность	До 1,2 Мбит/с

### 7.2.7. Мобильные телефоны

Мобильный телефон W118 обеспечивает голосовую связь и передачу данных. Он располагает интерфейсом mini USB; пользователи просто подключают W118 к ПК или ноутбуку кабелем USB и могут пользоваться скоростью передачи данных до 1,2 Мбит/с. Терминал имеет цветной ЖК-дисплей и батарею емкостью 0,8 А-час.

Мобильный телефон PH 311-M1(рис. 7.6)

использует диапазон частот: 336 МГц~344 МГц,

основные характеристики телефона:

ширина полосы: 5 МГц;

дисплей: 1,77 дюймов;

максимальное потребление мощности: 6 Вт;

мощность передатчика в режиме МАКВИЛ:  $26 \pm 1$  дБм;

чувствительность приемника в режиме МАКВИЛ: -105 дБм;

максимальная скорость передачи данных по линии UP/DOWN: 4 Мбит/с;

пропускная способность канала (duplex) 8 Мбит/с;

система позиционирования: GPS/Глонасс;

уровень защиты: IP67;

стандартный интерфейс: mini USB, поддерживает доступ в интернет через сеть МАКВИЛ;

12 кнопок цифровой клавиатуры: вызов/завершение вызо-

ва/подтверждение/отмена, четырехпозиционная кнопка выбора, кнопка ме-

ню, боковая кнопка РТТ, кнопка экстренного вызова, кнопка выбора группы,

регулятор громкости;

аккумулятор: Li-ion 3,6В, 5280 мАч (19 Вт-ч;

время работы в режиме разговора (МАКВИЛ): 10 часов;  
время работы в режиме ожидания: 100 часов;  
габариты: 135,5мм × 62мм × 37,5 мм;  
вес: 370 гр (с батареей).

В комплект поставки может входить тангента, дополнительные антенны.



*Рисунок 7.6. Мобильный телефон RH 311-M1*

Мобильные телефоны W135, W145 и W136 – самые дешевые мобильные терминалы McWiLL, которые обеспечивают и голосовую связь и передачу данных (рис. 7.7). Подключив терминал к ПК или ноутбуку кабелем USB, пользователь может пользоваться скоростью до 512 кбит/с. Терминал имеет черно-белый ЖК-дисплей и батарею емкостью 0,8 А-час.



*Рисунок 7.7. Мобильные телефоны W135, W145, W136*



MT359 – это портативный терминал с функциями транкинговой и голосовой радиосвязи, передачи коротких сообщений, модема и позиционирования. Обладает защищенным корпусом высокого класса защиты, который подходит для корпоративных пользователей (рис. 7.8). Есть поддержка GPS.

Основные характеристики MT359 приведены ниже:

частота МЕМ: 336~344 МГц;

дисплей: 1,77 дюймов;

батарея: 18,36 Вт-ч;

транкинг: МАКВИЛ – поддерживается;

скорость передачи канала входящей/исходящей связи: 4 Мбит/с;

пропускная способность канала: 8 Мбит/с;

система глобального позиционирования (GPS), глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС) – поддерживаются;

рабочая температура: -20~+55°C;

уровень защиты: IP67;

оптический датчик расстояния: поддерживается;

интерфейс с USB: Micro;

максимальная мощность передачи McWiLL: 26±1 дБм;

максимальная мощность передачи аналогового интеркома: 0,5/1 Вт;

максимальное потребление мощности: 6 Вт;

время работы транкинга McWiLL (рабочий режим 5-5-90\*): 30 часов;

среднее время работы аналогового интеркома (рабочий режим 5-5-90\*): 10 часов;

продолжительность голосового вызова в нетранкинговом режиме: 9 часов (\*5% передача – 5% прием – 90% режим ожидания).



**Рисунок 7.8.** Мобильный телефон промышленного исполнения с функцией транкинговой радиостанции MT359

Двухрежимные КПК (карманный персональный компьютер) могут использоваться в качестве терминалов МАКВИЛ для специальных применений, например, в диспетчерской службе, и для обычного персонального применения в сети GSM. Программа Windows Mobile поддерживает большой набор применений, аналогичных ПК, а также диспетчерского клиента при реализации диспетчерских служб, связанных с мобильностью.

Функциональные возможности и спецификации двухрежимного КПК:

Кнопка РТТ (англ. Push-to-talk, дословно – «Нажми, чтобы говорить») – аналог тангенты;

Дисплей TFT (Thin Film Transistor – дословно – тонкопленочный транзистор), т.е. сенсорный экран;

Операционная система: Windows Mobile;

Интерфейсы: GPS, SD, USB, Bluetooth;

Камеры: одна с малым разрешением и одна с высоким разрешением (2 Мегапикселей);

Батарея: 0,8 А-час.

Смартфон Wi369 – диспетчерский терминал на базе Android, разработанный для корпоративных пользователей, включая частные сети и сети железнодорожников и т.д. (рис. 7.9). Предоставляет голосовую связь высокой четкости, транкинговую аудиосвязь, аналоговый DMO и доступ к широкополосной сети через сеть McWiLL.



*Рисунок 7.9. Смартфон Wi369*

Характеристики Wi369:  
платформа MEM: XWBP02C+AD9365;  
рабочий диапазон частот: 336~344 МГц;  
сеть общего пользования: GSM 900/1800, WCDMA 900/2100, FDD LTE B1/B3/B7/B20, TDD LTE B39/B40/B41;  
процессор: Quad-Core 1.1 ГГц;  
дисплей: 3,5 дюйма, 480\*800;  
фронтальная камера: 2 млн пикселей;  
задняя камера: 8 млн пикселей;  
вспышка: поддерживается;  
ОЗУ: 2 Гигабайт;  
память (только для чтения): 16 Гигабайт;  
емкость аккумуляторной батареи – 14,8 Втч;  
транкинг: McWiLL;  
настройки учетной записи: поддерживаются;  
аналоговая селекторная связь: поддерживается;  
скорость передачи данных в канале (от абонента и к абоненту)– 4 Мбит/с;  
пропускная способность канала: 8 Мбит/с;  
WiFi: 2,4 Гб ; стандарт IEEE 802.11;  
Bluetooth: V3.0 +EDR, Класс 2;  
поддерживает: GLONASS и GPS;  
рабочая температура: -20~+55°C;  
класс защиты: IP67;  
датчик ускорения: поддерживает;  
оптический датчик расстояния: поддерживает;  
интерфейс USB: Micro;  
поддержка интерфейса Mb: поддерживает;  
максимальное энергопотребление: 6 Вт;  
время работы в транкинговом режиме: 26 ч;  
время работы в аналоговом режиме прямого вызова: 10 час.

### ***7.2.8 Модем CPE368W***

Модем CPE368W – это настольный терминал, используемый для широкополосного доступа в Интернет. Модем прост при установке и в использовании (рис. 7.10).



*Рисунок 7.10. Модем CPE 368W*

Характеристики модема:

рабочий диапазон частот McWiLL: 336 мГц~344 мГц;

Wi-Fi 802.11b/g/n 2.4G:

ширина полосы радиочастот McWiLL: 5 мГц;

максимальная мощность передачи: McWiLL:  $27 \pm 1$  дБм WiFi: 7 дБм;

чувствительность приема McWiLL: 105 дБм;

максимальная скорость передачи данных McWiLL: при QAM64 – 15 Мбит/с (по двум направлениям), при QAM16 – 10 Мбит/с (по двум направлениям);

максимальная потребляемая мощность: 11 Вт;

средняя потребляемая мощность: 6 Вт;

источник питания – адаптер: вход 220В AC; выход 12В 2А DC;

световой индикатор мощности сигнала: McWiLL:

индикатор рабочего состояния WiFi (мигает при включении WiFi, гаснет – при выключении WiFi),

индикатор рабочего состояния LAN (мигает при передаче данных, гаснет при завершении передачи данных),

индикатор питания (светится при зарядке);

внешний интерфейс: Интерфейс Ethernet RJ45;

безопасность WiFi: поддерживает WPA и WEP-шифрование;

рабочая температура:  $0^{\circ} \sim +45^{\circ}$ ;

температура хранения:  $-25^{\circ} \sim +55^{\circ}$ ;

размер: 175мм\*130мм\*70мм (без антенны);

вес: 105 г;

поддерживаемое количество пользователей WiFi: более пяти пользователей могут одновременно осуществлять передачу данных;

антенна McWiLL: внешняя;

антенна WiFi: встроенная.

### **7.2.9. Диспетчерские терминалы**

МАКВИЛ располагает следующими диспетчерскими терминалами: SKT1800H, HR628 и W160 (рис. 7.11, 7.12, 7.13).

Функциональные возможности и спецификации диспетчерского терминала SKT1800H:

кнопка РТТ, кнопка группового вызова, кнопка аварийного вызова;  
дисплей 2,8 дюйма, сенсорный экран;  
операционная система: WINCE5.0;  
ЦПУ: Intel PXA270, 520 МГц;  
ОЗУ: 64МБайт;  
флеш-память 128МБайт  
интерфейсы: GPS, SD, USB, Bluetooth.



*Рисунок 7.11. Диспетчерский терминал SKT1800H*

Функциональные возможности и спецификации диспетчерского терминала HR628:

ЦПУ: Xscale255, частота 400 мГц;  
операционное ПО: WINCE5.0;  
дисплей: 2,8 дюйма, сенсорный экран;  
операционная система: WINCE5.0;  
ЦПУ: Intel PXA270, 520 мГц;  
ОЗУ: 64Мбайт;  
флеш-память: 128Мбайт;  
интерфейсы: GPS, SD, USB, Bluetooth, Serial Link;  
уровень защиты IP54;  
батарея: 2,2 А-час.



*Рисунок 7.12. Диспетчерский терминал HR628*

Диспетчерский терминал W160 обеспечивает голосовую связь и передачу данных. Он располагает интерфейсом mini USB, что дает возможность подключать W160 к ПК или ноутбуку кабелем USB. Сбоку на терминале имеется кнопка PPT, позволяющая работать в режиме рации. На нижней стороне терминала имеется фонарик для подсветки в темноте. Терминал оснащен цветным ЖК-дисплеем и батареей емкостью около 2000 А-час. Он представляет собой самое экономичное диспетчерское устройство для передачи речи и данных.



*Рисунок 7.13. Диспетчерский терминал W160*

#### **7.2.10. Z-модуль McWiLL (MZ)**

MZ представляет собой небольшой шлюз для передачи речи и данных. Он имеет два порта Ethernet: WAN и LAN и 4 интерфейса POTS (рис. 7.14). При подключении MZ к CPE через порт WAN он будет поддерживать как службы передачи данных до 3 Мбит/с (через порт LAN), так и 4 телефонные линии POTS.

Можно каскадно подключать до 8 модулей MZ (порт LAN первого MZ подключается к порту WAN второго MZ и т.д.) для организации до 32 телефонных линий. Любая из этих линий будет обслуживаться в режиме УАТС, т.е. у нее будет внутренний короткий номер (например, 4-значный), а также полный внешний телефонный номер. Вызовы между этими внутренними линиями могут осуществляться набором короткого внутреннего телефонного номера, и такой голосовой трафик будет передаваться только внутри, без использования беспроводных каналов.



*Рисунок 7.14. Z-модуль McWiLL*

### **7.2.11. Роутеры SuperCPE (OUTDOOR)**

Терминал беспроводной широкополосной передачи данных Super CPE330 предназначен для установки на улице (рис. 7.15).



*Рисунок 7.15. Роутеры SuperCPE (OUTDOOR)*

Характеристики роутера:

используемый диапазон частот: 336 МГц~344 МГц;

ширина полосы радиочастот: 5 МГц;

максимальная мощность передатчика:  $33\pm 2$ dBm;

чувствительность приемника в режиме МАКВИЛ: -105 дБм

максимальная скорость передачи данных по линии UP/DOWN: 5 Мбит/с

пропускная способность канала (duplex): 10 Мбит/с;

внешний интерфейс: RJ45 Ethernet;  
антенный разъем (N type);  
Wi-Fi – 802.11 b/g/n 2.4 ghz;  
безопасность Wi-Fi – WPA и WEP;  
максимальная мощность передатчика Wi-Fi: 13 дБм;  
поддерживаемое количество пользователей Wi-Fi: 15 пользователей;  
блок питания: 220В~18-36В;  
рабочая температура: -20°C~+55°C.

#### **7.2.12. Модем МАКВИЛ МП-311-М1**



**Рисунок 7.16. Модем МП-311-М1**

Характеристики модема (рис. 7.16):  
используемый диапазон частот: 336 МГц~344 МГц;  
ширина полосы радиочастот: 5 МГц;  
максимальная мощность передатчика: 25±2dBm;  
чувствительность приемника в режиме: -105 дБм;  
максимальная скорость передачи данных по линии UP/DOWN: 4 Мбит/с;  
пропускная способность канала (duplex): 8 Мбит/с;  
внешний интерфейс: разъем серии RS232, RJ45 Ethernet;  
МАКВИЛ антенный: разъем (SMA-K type);  
потребляемая мощность: 4 Вт.



### 7.2.13. Модем SCPE330

Модем SCPE330 – беспроводное широкополосное устройство для наружного крепления, предназначенное для предприятий и производств (рис. 7.17). Используется для создания видеонаблюдения высокой четкости, VoIP голосовой связи, IPTV, VPN office и т.д.



Рисунок 7.17. Модем SCPE330

Ниже приведены основные характеристики модема:

рабочий диапазон частот: 336 МГц~344 мГц;

WiFi: 802.11b/g/n 2.4G

ширина полосы радиочастот: 5 мГц;

максимальная мощность передачи: 33±2 дБм; WiFi: 13 дБм;

чувствительность приема: 105 дБм;

максимальная скорость передачи данных: при QAM16 – 10Мбит/с (прием+передача);

источник питания: DC18V~DC36V;

стандартный адаптер: диапазон входного напряжения 90~264 (напряжение переменного тока);

диапазон входных частот: 47~63 Гц;

средняя потребляемая мощность: ≤18 Вт;

максимальная потребляемая мощность: ≤24 Вт;

световые индикаторы:

световой индикатор состояния McWiLL,

индикатор рабочего состояния Wi-Fi;

внешний интерфейс: Интерфейс Ethernet RJ45;

порт/разъем антенны: McWiLL;

порт/разъем антенны: Wi-Fi;

интерфейс питания: рабочая температура -25°C~+55°C;

температура хранения -40°C~+70°C;

размер: 247 мм\*205 мм\*65 мм;

поддерживаемое количество пользователей Wi-Fi: более 15-ти пользователей могут одновременно осуществлять передачу данных;

безопасность Wi-Fi: поддерживает WPA и WEP-шифрование;  
антенны: антенна McWiLL: 1; антенна Wi-Fi: 1;  
вес: 1,4 кг.

#### **7.2.14. Модем MEM638**

Модем MEM638 – это модуль передачи данных, обеспечивающий скорость передачи данных до 1,6 Мбит/с при помощи интерфейсов, встроенных в устройство RS232, RJ45, TCP/IP протокола и AT инструкций (рис. 7.18). Устройство компактно и легко в использовании. В основном, его используют для мониторинга видео, сбора данных и удаленного наблюдения. Есть возможность подключить видео декодер, камеру, терминал, установленный на транспорт, устройство сбора данных, устройство промышленного видеонаблюдения и обычные устройства видеонаблюдения.



**Рисунок 7.18. Модем MEM638**

Ниже приведены основные характеристики модуля:

рабочий диапазон частот: 400~430 мГц;  
ширина полосы радиочастот: 1 мГц;  
максимальная мощность передачи: 24±2 дБм;  
чувствительность приемника: 105 дБм;  
максимальная скорость передачи данных: 1,6 Мбит/с (прием + передача);  
максимальная потребляемая мощность: 6 Вт;  
средняя потребляемая мощность: 2 Вт;  
источник питания: DC 5~12 В;  
световые индикаторы: сигнал, RS232, питание;  
внешний интерфейс:  
последовательный интерфейс RJ232;  
интерфейс Ethernet RJ45;  
антенный интерфейс McWiLL (тип SMA-K);  
интерфейс питания – heartbeat (рабочий режим) и сброс интерфейса,  
переключатель режима работы последовательного порта;  
стандарт интерфейса: 9-контактный UART;

скорость интерфейса UART: 9,6 /19,2 /38,4 /57,6 /115,2 Кбит/с (интерфейс AT команд);  
размер: 108,2 мм×72 мм×28,7мм (без крепежей);  
вес: около 0,4 кг;  
рабочая температура: -30°C~+60°C;  
температура хранения: -30°C~+70°C.

### ***7.2.15. Интегральная камера с широкополосным модулем***

Интегральная видеокамера включает в себя камеру и видеокодер и представляет собой беспроводный широкополосный модуль. Она может устанавливаться в помещениях и вне помещений. Видеокамера проста в установке и обслуживании. Устройство защищено от попадания воды и пыли и может работать в суровых окружающих условиях (рис. 7.19).



*Рисунок 7.19. Интегральная камера с широкополосным модулем*

## **7.3. Репитеры**

Репитер TDD фирмы McWiLL имеет донор-порт (внешняя антенна) и порт внутренней антенны. Донор-порт может выдавать на выходе мощность до 5 Вт, а порт внутренней антенны – до 500 мВт. Репитер защищен от воздействия внешней среды и может конфигурироваться дистанционно. Для синхронизации TDD репитер использует сигнал преамбулы от базовой станции.

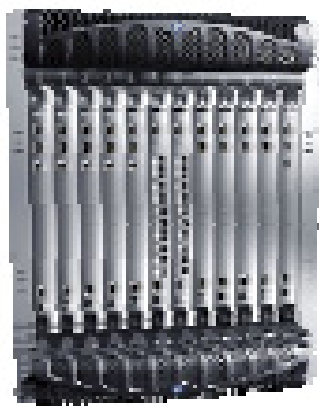
## **7.4. Система управления сетевым оборудованием EMS**

EMS означает систему управления сетевым оборудованием, поддерживающую функции FCAP: повреждение, конфигурация, аварийная сигнализация и рабочие параметры. В частности детектирует повреждения в различных частях системы вплоть до радиочастотной платы и процессора ЦСП и выдает аварийные сигналы. EMS также периодически или по запросу ведет журнал рабочих параметров.

EMS конфигурирует все радиочастотные параметры, все параметры, относящиеся к транспортному соединению и SAG, например, VLAN, все функции защиты информации типа прокси-ARP, передача между равноправными устройствами и т.д. Система также реализует калибровку, поддерживает программирование по радиоканалу и стыкуется с SHLR. Она может проникать в частную сеть для доступа к базовой станции. Она основывается на клиентской архитектуре сервера. Предусматривается три типа клиентов: GUI, основанные на сети интернет и CLI. Система может также поддерживать стандартные интерфейсы с системой управления сетью, например, Corba, Java и SNMP.

### **7.5. Шлюз агрегации служб (SAG) и автономный регистр приписки (SHLR)**

SAG представляет собой конвертор протокола, преобразующий стандартный эффективный протокол SAbisP в стандартный протокол SIP. Он также обслуживает хендовер голосовых вызовов и обновление местоположения голосового терминала. SAG выпускается в двух модификациях. Один – малогабаритный, для применения на настольном сервере. В зависимости от скорости ЦПУ и конфигурации памяти серверный тип SAG может обрабатывать до 400 одновременных вызовов. Второй – высокопроизводительный SAG реализуется на специальном аппаратном шасси, содержащем 10 плат (рис. 7.20).



*Рисунок 7.20. Шасси SAG*

Все платы идентичны и не зависят друг от друга. Каждая плата может поддерживать до 1000 одновременных вызовов, а полностью укомплектованный SAG может поддерживать до 10 000 вызовов одновременно. Если каждый абонент создает нагрузку 0,03 Эрланг, то суммарное число абонентов, которое может поддерживать один SAG, составляет 300 тысяч. Предусматривается включение туннелей между различными SAG для обеспечения хендовера и обновления местоположения между устройствами SAG.

## СОКРАЩЕНИЯ

<b>АТ</b>	– абонентский терминал
<b>АУМ</b>	– адаптивное управление мощностью
<b>АУУ</b>	– адаптивное управление усилением
<b>БД</b>	– блок данных
<b>БПФ</b>	– быстрое преобразование Фурье
<b>БС</b>	– базовая станция
<b>ВК</b>	– вещательный канал
<b>ГПЧ</b>	– группа поднесущих частот
<b>ЗВИ</b>	– защитный временной интервал
<b>ЗД</b>	– запрос доступа
<b>ЗИ</b>	– защитный интервал
<b>ЗКЗ</b>	– запрос коррекции задержки
<b>ЗПД</b>	– звено передачи данных (канальный уровень, или уровень L2)
<b>КПТ</b>	– канал передачи трафика
<b>КУ</b>	– канальный уровень (уровень L2)
<b>НСТТ</b>	– Нирит-Синвэй Телеком Технолоджи
<b>ОДп</b>	– обмен пакетами данных
<b>ОЗД</b>	– сообщение ответа на «запрос доступа»
<b>ОЗКЗ</b>	– сообщение ответа на «запрос коррекции задержки»
<b>ОРп</b>	– обмен речевыми пакетами
<b>ОСПШ</b>	– отношение уровня сигнала к уровню помех плюс шум
<b>ОСШ</b>	– отношение сигнал/шум
<b>ПД</b>	– пакеты данных
<b>ПдК</b>	– подканал
<b>ПОО</b>	– подканальное окно обзора
<b>ПФТ</b>	– подуровень формирования трафика
<b>РК</b>	– радиоканал
<b>РС</b>	– Рида-Соломона (кодирование, код)
<b>СлС</b>	– служебное сообщение
<b>ТДС</b>	– точка доступа к сервису
<b>УМ-УС</b>	– управление мощностью и синхронизацией по задержке
<b>ФВ-канал</b>	– вещательный канал на физическом уровне
<b>ФУ</b>	– физический уровень
<b>ШПР</b>	– широкополосный радиодоступ

**AA (Adaptive antenna)** – адаптивная антенна

**AAA (Authentication, Authorization and Accounting)** – аутентификация, авторизация и бухгалтерский учет

**ACK (Acknowledge)** – подтверждение

**ACL (Access Control List)** – списки контроля доступа

**AGC (Adaptive Gain Control)** – адаптивное управление усиления

**AND** – операция логического «И»

**APC (Adaptive Power Control)** – адаптивное управление мощностью

**ARP (Address Resolution Protocol)** – протокол разрешения адресов

**ARQ (Automatic Repeat request)** – режим автоматических запросов повторов на не-принятые сообщения

**AUC (Authentication Center)** – центр аутентификации

**BAG (Broadband Access Gateway)** – граничный шлюз доступа

**BAS (Broadband Access Server)** – граничный сервер доступа

**BBU (Base Band Unit)** – блок основной полосы

**BCH (Broadcast Channel)** – широковещательный канал

**BID (Base Station Identifier)** – идентификационный номер БС

**Bit#0** – бит нулевого (младшего) разряда

**BLK** – блок

**BSN (Block Sequence Number)** – порядковый номер кадра, содержащего пакет данных

**BER (Bit-error ratio)** – коэффициент ошибок по битам

**BG (Billing Gateway)** – биллинговый шлюз

**BOSS (Business Operation Support System)** – система поддержки бизнеса и операций

**BS (Base Station)** – базовая станция

**BSC (Base Station Controller)** – контролер базовой станции

**BSIC (Base Station Identity Code)** – идентификационный код базовой станции

**BSID (Base Station Identifier)** – идентификатор базовой станции

**BSN (Block Sequence Number)** – порядковый номер кадра, содержащего пакет данных

**BTS (Base Transceiver Station)** – базовая приемно-передающая станция

**BW (Band Width)** – полоса радиоканала

**BWA (Broadband Wireless Access)** – широкополосный беспроводной доступ (ШБД)

**CDMA (Code Division Multiple Access)** – Множественный доступ с кодовым разделением каналов

**CFI (Canonical Format Indicator)** – канонический идентификатор формата

**CS-OFDMA (Code spreading OFDMA)** – кодовое расширение OFDMA

**CDR(Call Detail Records)** – сервер записи информации о вызовах

**CI** – уровень помех к шуму

**CID (Circuit Identifier)** – идентификационный номер соединения

**CMD (CoManD)** – команда

**CORBA (Common Object Request Broker Architecture)** – Общая архитектура брокера запросов объектов

**CRC (Cyclic Redundancy Check)** – циклическая последовательность контроля ошибок;

**CP (Cyclic Prefix)** – циклический префикс

**CQI (Channel Quality Indicator)** – индикатор качества канала

**CPE (Customer Premises Equipment)** – абонентское оборудование

**CRM (Customer Relationship Management)** – управление обслуживанием абонентов

**C-RNTI (Cell Radio Network Temporary Identifier)** – временный идентификатор соты сети радиодоступа

**CSN (Connection Service Network)** – сеть обслуживания соединений

**DAC (Data Access Control)** – управление доступа к данным

**DAIB (Data Access Information Block)** – блок доступа к данным

**DC (Direct Current)** – центральная поднесущая

**DCA (Dynamic Channel Assignment)** – динамическое назначение каналов

**DCI (Downlink Control Information)** – управляющая информация в канале вниз

**DCS (Dispatch Control System)** – система диспетчерского управления

**DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)** – протокол динамической конфигурации хостов (сервер присвоения IP-адресов)

**DFT (Discrete Fourier Transform)** – дискретное преобразование Фурье

**DL (Down-Link)** – радиолиния от базовой станции к абонентскому терминалу

**DMUX (Data Multiplex Layer)** – уровень мультиплексирования данных

**D-КПТ** – физический канал трафика линии DL (downlink) вниз

**DoA (Direction of Arrival)** – дословно «Направление прибытия»

**DL – SCH (Downlink – Shared CHannel)** – канал вниз с разделением пользователей

**DMBT (Data Micro Base Transceiver)** – приемопередатчик данных базовой станции

**DNSS (Distributed Network Support System)** – система поддержки распределенной сети

**DS-CDMA (Direct-Sequence Code Division Multiple Access)** – многостанционный доступ с кодовым разделением и прямым расширением спектра

**DPS (Dynamic Power Saving)** – динамическое энергосбережение

**DSP – (Digital Signal Processor)** – цифровой сигнальный процессор

**DSSS(Direct-Sequence Spread Spectrum System)** – метод расширения спектра прямой последовательностью

**DTCH (Dedicated Traffic CHannel)** – выделенный канал трафика

**DTMF (Double Tone Multi-Frequency)** – многочастотный набор номера

**EIR (Equipment Identity Register)** – регистр идентификации оборудования

**EMC (Element Management System)** – система управления элементами

**FC** – индикатор фрагмента сообщения

**FCCH (Frequency Correction Channel)** – канал подстройки частоты

**FDD (Frequency Division Duplex)** – дуплекс с частотным разделением направлений передачи

**FFT (Fast Fourier Transform)** – быстрое преобразование Фурье

**FDMA (Frequency Division Multiple Access)** – множественный доступ с частотным разделением каналов

**FMT** – 2-х битовый параметр, задающий тип пакета данных

**FTP (File Transfer Protocol)** – протокол передачи файлов

**FN (Frame Number)** – номер кадра

**G.711** – кодирование речи по стандарту ITU-T G.711 (64 кбит/с)

**G.729** – кодирование речи по стандарту ITU-T G.729 (8 кбит/с)

**Generic MAC Header** – универсальный заголовок примитивов MAC-подуровня

**GB (Guard Period)** – защитный интервал

**GDC (General Dispatch Client)** – общий диспетчерский пункт

**GF (Galois field)** – поле Галуа

**GGSN (Global Positioning System)** – глобальная система определения местоположения

**GID (Group Identifier)** – идентификационный номер группы абонентов

**GoS (Grade of Service)** – категория (уровень) обслуживания

**GPS (Global Positioning System)** – система глобального позиционирования

**HARQ (Hybrid Automatic Repeat reQuest)** – гибридный метод автоматического запроса на повторение передачи пакета

**HCRC** – проверочные CRC биты заголовка MAC

**HEV (High Efficiency Voice)** – высокоэффективный голос/речь

**HO (HandOver)** – хэндовер

**HLR (Home Location Register)** – опорный регистр местоположения

**HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)** – высокоскоростная передача данных с коммутацией каналов

**ICT (Information and Communication Technology)** – информационная и коммуникационная технология

**ID** – идентификатор

**IDFT (Inverse Discrete Fourier Transform)** – обратное дискретное преобразование Фурье

**IK (Integrity Key)** – ключ целостности

**iM3000** – интегральная система управления сетью (в базовой сети)

**iM5000** – интегральная система управления сетью (в сети доступа)

**iMC2000 (integrated Message Center)** – интегральный центр обработки сообщений

**IMEI (International Mobile Station Equipment Identity)** – международный идентификатор оборудования подвижной станции



**IMSI (International Mobile Subscriber Identity)** – международный идентификационный номер мобильного абонента

**IMT-Advanced (International Mobile Telecommunication-Advanced)** – Радиоинтерфейс с одновременной передачей нескольких ортогональных несущих OFDMA и частотным дуплексным разносом

**IMT-2000 (International Mobile Telephone System)** – Международная система для мобильной связи – 2000 (указатель года принятия системы)

**IMS (IP Multimedia Subsystem)** – IP мультимедиа подсистема

**IoT (Internet of Things)** – интернет вещей

**ISDN (Integrated Services Digital Network)** – цифровая сеть с интеграцией услуг

**IP (Internet protocol)** – протокол Интернет

**ISI (Inter-Symbol Interference)** – межсимвольная интерференция

**ISMG (Short Message Gateway)** – шлюз передачи коротких сообщений

**ITU (International Telecommunication Union)** – Международный Союз Электросвязи (МСЭ)

**JDK** – набор для разработки Java-приложений

**L2** – канальный уровень в семиуровневой модели открытых систем (X.200)

**L3** – сетевой уровень в семиуровневой модели открытых систем (X.200)

**Kasme (Key Access Security Management Entity)** – ключ безопасности для вычисления других ключей

**Kc (Keyciphering)** – ключ шифрования

**KSiasme (Key Set Identifier Access Security Management Entity)** – Идентификатор ключа установки Kasme

**LA (Location Area)** – зона местоположения

**Loading** – коэффициент загрузки

**LAC (Location Area Code)** – код зоны местоположения

**LPI (Low Probability Intercept)** – перехват с низкой вероятностью

**LTE (Long Term Evolution)** – система мобильной связи 4-го поколения (долгосрочное развитие)

**Loop** – оператор циклического повторения

**M2M (Machine to Machine)** – машина с машиной

**M2P (Machine to Person)** – машина с человеком

**MAC (Message Authentication Code)** – код сообщения +аутентификации

**MAC (Media Access Control)** – управление доступом к среде передачи (нижний подуровень канального уровня, обеспечивающий взаимодействие со средой радиосвязи)

**MAN (Metropolitan Area Network)** – широкополосная беспроводная сеть крупного города

**MBF-TD (Multiple Beam- Forming based Transmitting Diversity)** – формирование мультиплексированного потока на основе многообразия передачи

**McARTs McWiLL Advanced RadioTrunking System)** – система продвинутой транкинговой связи McWiLL

**MCC (Mobile country code)** – код страны для подвижной связи

**MCCH (Multicast Control CHannel)** – управляющий канал для передачи

**MCH (Multicast CHannel)** – транспортный канал мультимедийного вещания групповой вещательной информации

**MC-SCDMA (Multi Carrier Synchronous Code Division Multiple Access)** – система CDMA с множеством синхронизированных несущих

**McSWAN (McWiLL Super WirelessAccess Network)** – сеть радиосвязи супер McWiLL

**McWiLL (Multi Carrier Wireless Information Local Loop)** – локальная линия радиосвязи с множеством несущих

**MIMO (Multiple Input - Multiple Output)** – технология передачи радиосигналов «множественный вход – множественный выход»

**MISO (Multiple Input – Single Output)** – технология передачи радиосигналов «множественный вход – единственный выход»

**MMS** – мультимедийная служба передачи сообщений

**MNC (Mobile network code)** – код сети подвижной связи внутри страны

**Mobility** – индикатор мобильности

**mod** – операция вычисления остатка при делении

**MS (Mobile Station)** – мобильная станция

**MSB (Most Significant Bit)** – наиболее значимый бит

**MSIN (Mobile Subscriber Identification Number)** – идентификационный номер мобильного абонента

**MSISDN (Mobile Station ISDN Number)** – международный ISDN номер подвижной станции

**MTBF (Mean Time Between Failure)** – среднее время между отказами

**MTTR (Mean Time To Restoration)** – среднее время восстановления системы после отказа

**MTU (Maximum Transmission Unit)** – максимальная единица передачи

**MVNO (Mobile Virtual Network Operator)** – виртуальный оператор мобильной сети

**NAK (Negative Acknowledge)** – сообщение неподтверждения приема;

**Network\_ID** – идентификатор сети

**NATAP (Network Address Translation Application Protocol)** – протокол приложения передачи адресов сети;

**NGN (Next Generation Network)** – сеть нового поколения

**NID (Network Identifier)** – идентификатор сети

**NMC (Network Management Center)** – центр управления сетью

**non-OFB** – шифрование в режиме без применения алгоритмов OFB

**OAM (Operation Administration and Maintenance)** – эксплуатация, администрирование и техническое обслуживание

**OFB (Output Feed Back)** – блочное шифрование в режиме «обратной связи по выходу»

**OFDM (Orthogonal frequency division multiplexing)** – мультиплексирование с ортогональным частотным разделением

**OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access)** – множественный доступ с ортогональным частотным разделением каналов

**OMC (Operation and Maintenance Center)** – центр эксплуатации и технического обслуживания

**OR** – операция логического ИЛИ

**OCS (Online Charging Server)** – сервер онлайн начисления оплаты

**OSS (Operating Support System)** – подсистема эксплуатации и обслуживания

**Padding** – дополнительные биты «набивки» для выравнивания размера кадра

**PAPR (Peak-to-Average Power Ratio)** – отношение пиковой мощности к средней

**P2P (Person to Person)** – от человека к человеку (от персоны к персоне)

**P2P (Point to Point)** – от точки к точке

**Payload** – часть сообщения, содержащая полезную информацию

**PBCH (Physical Broadcast CHannel)** – физический широковещательный канал

**PBR (Prioritized Bit Rate)** – приоритетная скорость передачи бит

**PC (Power Control)** – управление мощностью

**PCH (Paging Channel)** – канал вызова (часть общего канала управления CCCH)

**PCM (Pulse Code Modulation)** – импульсно-кодовая модуляция (ИКМ)

**PCRF (Policy and Charging Resource Function)** – узел функций политик сети и правил тарификации

**PCU (Packet Controller Unit)** – контроллер пакетов

**PDCCH (Physical Downlink Control CHannel)** – физический канал управления вниз

**PDCH (Physical Downlink Shared CHannel)** – физический канал вниз с разделением пользователей

**PDTCH (Physical Downlink Traffic CHannel)** – физический канал трафика вниз

**PDU (Protocol Data Unit)** – протокол для передачи данных

**PHICH (Physical Harq Indicator CHannel)** – физический канал для индикации HARQ

**PDN-GW (Packet Data Network Gateway)** – Шлюз сети с пакетной передачей данных, короткое название шлюза P-GW

**P-GW (Packet Gateway)** – шлюз для передачи пакетов

**Phy (Physical)** – физический уровень передачи информации

**PRACH (Physical Random Access CHannel)** – физический канал запроса случайного доступа

**PRCH (Physical Ranging Channel)** – физический канал ранжирования

**PID (Product Identifier)** – идентификационный номер оборудования АТ

**Pil** – символ пилот-последовательности

**PM** – предел изменения мощности передачи

**PTT – (Push-to-Talk)** – нажми, чтобы говорить

**PSC (Phase Shift Key)** – ключ сдвига фазы

**PSTN (Public Switched Telephone Network)** – коммутируемая сеть общего пользования;

**PWR (Power)** – мощность

**PUCCH (Physic Uplink Control CHannel)** – физический канал вверх передачи информации управления UCI

**PUSCH (Physical Uplink Shared CHannel)** – физический канал вверх с разделением пользователей

**QoS (Quality of Service)** – показатель качества обслуживания

**QAM (Quadrature Amplitude Modulation)** – квадратурная амплитудная модуляция (КАМ)

**QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)** – квадратурная фазовая манипуляция(КФМ)

**8PSK** – модуляция ФМ-8

**16QAM** – модуляция КАМ-16

**64QAM** – модуляция КАМ-64

**RAC** – кластер реальных приложений Oracle

**RACH (Rand Access Channel)** – канал случайного доступа

**RAID (Routing AREA Ideentifier)** – идентификатор области маршрутизации

**RARCH (Random Access Response Channel)** – канал ответа на запрос случайного доступа

**RBT** – сигнал контроля посылки вызова

**RFS (Radio Frequency System)** – радиочастотная система

**RLC (Radio Link Control)** – управление радиоканалами

**Rate** – индекс, определяющий емкость канала (бит/с)

**Reason** – причина

**Reset** – перезапуск

**Result** – результат

**RLS** – завершение (соединения)

**RQ (Request)** – запрос

**RRCH (Ranging Response Channel)** – канал ответа на ранжирование

**RRU (Remote Radio Unit)** – выносной радиоблок

**R-S (Reed – Solomon)** – Рида – Соломона кодирование

**RSV** – резерв

**RX** – режим приема

**SAC (Service Access Controller)** – контроллер доступа к службам

**SAG (Service Aggregation Gateway)** – шлюз агрегации служб

**SC (Single Carrier)** – одна несущая частота

**SCG (Sub Carrier Group)** – группа поднесущих

**SCH (Sub CHannel)** – подканал

**Scrambling** – операция скремблирования

**scg** – индекс, задающий номер ГПЧ

**SCG\_Index** – индекс ГПЧ

**SDU (Service Data Unit)** – блок передачи данных

**SFID (Service Flow Identifier)** – идентификатор уровня обслуживания

**shl** – логическая операция побитового сдвига влево

**SID (Security Identifier)** – идентификатор безопасности

**SINR** – отношение сигнал/(помеха+шум)

**SIP (Session Initiation Protocol)** – протокол установления сеанса

**S-GW (Serving Gateway)** – обслуживающий шлюз

**SIM (Subscriber Identity Module)** – модуль (чаще говорят – карта) идентификации абонента

**SISO (Single Input Single Output)** – один вход – один выход – технология радиопередачи и приёма, использующая одну приёмную и одну передающую антенны

**SOF** – единственная точка отказа

**SMC (Short Message Center)** – центр коротких сообщений

**SMG (Short Message Gateway)** – шлюз для передачи коротких сообщений

**SMPP** – протокол передачи коротких сообщений

**SMS** – служба коротких сообщений

**SNMP (Simple Network Management Protocol)** – простой протокол управления сетью

**SNR (Signal-to-Noise Ratio)** – отношение сигнал/шум

**SNS** – служба социальных сетей

**Spreading** – операция расширения спектра

**SS** – параметр подстройки временного сдвига (1/8 мкс)

**SSN** – сервисная сеть служб

**STC (Self Tuning Control)** – режим автонастройки

**Sp(spare)** – запасные цифры

**SQN (SeQuence Number)** – порядковый номер процедуры

**STG** – шлюз служебных соединительных линий

**TB (Tail Bits)** – хвостовые биты

**TCH (Traffic CHannel)** – канал трафика (связи)

**TCP (Transmission Control Protocol)** – протокол управления передачей

**TDD (Time Division Duplex)** – дуплекс с временным разделением направлений передачи

**TDMA (Time Division Multiple Access)** – Множественный доступ с временным разделением каналов

**Timeout** – время ожидания

**TOS (Type of Service)** – тип обслуживания

**TransId** – ID транзакции

**TS** – тайм-слот

**TX** – режим трансляции (передачи)

**Type** – тип

**UCI (Uplink Control Information)** – информация управления в канале вверх

**UE (User Equipment)** – оборудование пользователя

**UID (User Identifier)** – идентификационный номер абонента

**UL (Up-Link)** – радиолиния от абонентского терминала к базовой станции

**UT\_TYPE** – тип AT (задает поддерживаемую рабочую полосу)

**U-КПТ** – физический канал трафика линии UL

**U-plane (User plane)** – U-плоскость (плоскость пользователя)

**UL-SCH (Uplink – Shared CHannel)** – канал вверх с разделением пользователей

**UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)** – универсальная система мобильной связи

**UPE (User Plane Entity)** – узел управления передачей данных пользователя;

**USK (Unicast Session Key)** – ключ сессии;

**VAC (Voice Access Control)** – управление передачей голосовых сообщений;

**VLAN (Virtual Local Area Network)** – виртуальная локальная сеть;

**VoIP (Voice Over IP)** – передача голосовых сообщений, используя интернет протокол

**VPN (Virtual Private Network)** – виртуальная закрытая (частная) сеть;

**VR** – устройство записи речи;

**WAPI (WLAN Authentication and Privacy Infrastructure)** – инфраструктура аутентификации и конфиденциальности сети WLAN;

**WCDMA (Wideband CDMA)** – широкополосный CDMA;

**While** – оператор проверки условия завершения цикла (выполнять ПОКА проверка не даст результат «истина»);

**WWAN (Wireless Wide Area Network)** – беспроводная глобальная сеть;

**WPAN (Wireless Personal Area Network)** – беспроводная персональная сеть;

**XBOSS – (Extensive Business Operation Support System)** – расширяемая система поддержки операционной и бизнес деятельности оператора

**XOR** – логическая операция «исключающее ИЛИ»

**Z-Module** – индикатор поддержки режима многопользовательских речевых соединений оконечным оборудованием

**XRES (eXpected RESponse)** – ожидаемый отклик (на «пароль»)

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Смирнов А.В.* Широкополосный беспроводной доступ: новые тренды и сегменты развития. // *Электросвязь*. 2017. № 1. С. 10-12.
2. *Лохвицкий М.С., Сорокин А.С., Шорин О.А.* Мобильная связь: стандарты, структуры, алгоритмы, планирование. М.: Горячая линия – Телеком, 2018. 264 с.
3. <http://pmr-conf.ru>.
4. *Пастух С.Ю., Володина Е.Е., Девяткин Е.Е.* и др. Рыночный потенциал интернета вещей // *Электросвязь*. 2016. № 9. С. 28-32.
5. Рынок M2M развивается в пользовательском сегменте, [cio.ru](http://www.cio.ru), 09.12.2015; <http://www.cio.ru/news/174>.
6. B2B: Рынок услуг мобильной связи для корпоративных клиентов в России: исследование АС&М, июль-август 2016, [mforum.ru](http://www.mforum.ru), 05.09.2016; <http://www.mforum.ru/news/article/117232.htm>.
7. Ericsson Mobility Report, June 2016, [ericsson.com](http://www.ericsson.com/res/docs/2016/ericsson-mobility-report-2016.pdf) <http://www.ericsson.com/res/docs/2016/ericsson-mobility-report-2016.pdf>.
8. *Шорин О.А., Косинов М.И., Каспару Р.Ю., Осин В.В.* Рынок корпоративных пользователей и технология широкополосного мобильного доступа МАКВИЛ // *Электросвязь*. 2017. № 1. С. 16-21.
9. *Шорин А.О., Аверьянов Р.С.* Особенности радиointерфейса стандарта NG-1(МАКВИЛ) // XXIX Международная конференция «Мобильный бизнес: Перспективы развития и проблемы реализации систем мобильной связи в России и за рубежом». Май 2011, Греция. С. 11-22.
10. *Лохвицкий М.С., Мардер Н.С.* Сотовая связь: от поколения к поколению. М.: Икар, 2014.
11. *Девяткин Е.Е., Володина Е.Е., Суходольский А.М., Суходольская Т.А.* Основные направления развития информационно-коммуникационных технологий в Европе // Труды Научно-исследовательского института радио. 2012. № 2. С. 11-22.
12. *Володина Е.Е., Суходольская Т.А., Девяткин Е.Е.* Интеллектуальные транспортные системы: история и перспективы // в книге: Мобильный бизнес: перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом. Сборник материалов (тезисов) 38-ой международной конференции РАЕН. Шри-Ланка. 2016. С. 18-19.
13. URL <https://www.ericsson.com/res/docs/2016/ericsson-mobility-report-2016.pdf>.
14. *Бутенко В.В., Веерпалу В.Э., Володина Е.Е., Девяткин Е.Е.* Пути развития широкополосного доступа в России // *Электросвязь*, 2014. № 10. С. 22-26.
15. URL <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.pdf>.
16. URL <http://adindex.ru/news/mobile/2015/12/21/130910.phtml>.
17. URL <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.pdf>.
18. URL <https://iot-analytics.com/product/list-of-640-iot-projects>.
19. URL <http://www.mforum.ru/news/article/117232.htm>.
20. URL [http://2016.spectr-forum.com/presscentre/k\\_koncu\\_goda\\_v\\_rossii\\_kolichestvo\\_bazovyh\\_stancij\\_standarta\\_lte\\_vyrastet\\_na\\_527\\_procenta](http://2016.spectr-forum.com/presscentre/k_koncu_goda_v_rossii_kolichestvo_bazovyh_stancij_standarta_lte_vyrastet_na_527_procenta).
21. URL <http://www.mforum.ru/news/article/116198.htm>.

22. URL [http://www.acm-consulting.com/data-downloads/doc\\_download/173-2q-2016-cellular-data.html](http://www.acm-consulting.com/data-downloads/doc_download/173-2q-2016-cellular-data.html), [http://www.acm-consulting.com/data-downloads/doc\\_download/158-4q-2015-cellular-data.html](http://www.acm-consulting.com/data-downloads/doc_download/158-4q-2015-cellular-data.html).
23. URL [http://kgo.rcb.ru/2016/otchet/megafon\\_2015\\_rus.pdf](http://kgo.rcb.ru/2016/otchet/megafon_2015_rus.pdf).
24. URL <http://d-russia.ru/obem-platnyx-uslug-v-sfere-svyazi-v-rossii-snizilsya-za-2015-god-na-21-mer.html>.
25. URL <http://www.content-review.com/articles/33986>.
26. URL <http://kommersant.ru/doc/3081305>.
27. URL [http://www.acm-consulting.com/news-and-data/data-downloads/cat\\_view/7-cellular/36-cellular-2018-.html](http://www.acm-consulting.com/news-and-data/data-downloads/cat_view/7-cellular/36-cellular-2018-.html).
28. URL <http://www.cio.ru/news/174>.
29. URL [http://www.company.mts.ru/comp/press-centre/press\\_release/2016-09-21-5394390](http://www.company.mts.ru/comp/press-centre/press_release/2016-09-21-5394390).
30. URL [http://www.cnews.ru/news/line/2016-07-06\\_jp\\_rossijskij\\_rynok\\_raspredelennyh\\_sistem\\_i](http://www.cnews.ru/news/line/2016-07-06_jp_rossijskij_rynok_raspredelennyh_sistem_i).
31. Технические требования к радиointерфейсу широкополосной системы радиодоступа (ШПР). Национальный стандарт Российской Федерации. М-ГОСТ 58166-2018. С. 167.
32. Аналитика МТС: российский рынок M2M/IoT эволюционирует от SIM-карты к технологиям Big Data, mts.ru, 21.09.2016. [http://www.company.mts.ru/comp/press-centre/press\\_release/2016-09-21-5394390](http://www.company.mts.ru/comp/press-centre/press_release/2016-09-21-5394390).
33. Рекомендация МСЭ-R М.1801-1 Стандарты радиointерфейса для систем широкополосного беспроводного доступа подвижной службы, включая мобильные и кочевые применения, действующих на частотах ниже 6 ГГц.
34. *Акимов В.Н., Аверьянов Р.С., Шорин А.О.* Архитектура протокола радиointерфейса NG-1// Материалы XXX конференции РАЕН «Мобильный бизнес: перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом». 2011. С. 75-96.
35. *Акимов В.Н., Шорин А.О., Аверьянов Р.С.* Формирование сигнала на канальном уровне в стандарте NG-1// Материалы XXXI конференции РАЕН «Мобильный бизнес: перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом». 2012. С. 4-15.
36. *Шахгильдян В.В., Лохвицкий М.С.* Методы адаптивного приема сигналов. М.: Связь, 1974.
37. *Лохвицкий М.С., Шорин А.О.* Способ сотовой связи. Патент на изобретение № 2667390 ru. НИРИТ.
38. *Володина Е.Е., Девяткин Е.Е., Суходольская Т.А.* Перспективные радиотехнологии (сети 5G/IMT-2020, Интернет вещей) в социально-экономическом развитии страны. Материалы XLII конференции РАЕН «Мобильный бизнес: перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом». 2018. С. 135-138.
39. *Володина Е.Е.* Прогнозирование развития рынка услуг новых технологий мобильной связи. В сборнике: Стратегическое планирование и развитие предприятий. Материалы Восемнадцатого всероссийского симпозиума. Под редакцией Г.Б. Клейнера. 2017. С. 921-925.
40. *Володина Е.Е.* Прогнозирование развития инновационных услуг в сфере инфокоммуникаций. Инновационное развитие экономики. 2017. № 5(41). С. 7-16.
41. *Володина Е.Е., Девяткин Е.Е., Суходольская Т.А.* Анализ развития интеллектуальных транспортных систем. Экономика и качество систем связи. 2017. № 1(3). С. 40-46.



42. *Кельдюшов С.С.* Разработка корпоративной сети связи в жилищно-коммунальной сфере на базе технологий МАКВИЛ // Экономика и качество систем связи, 2016. № 2. С. 68-73.
43. *Шорин О.А., Косинов М.И., Каспари Р.Ю., Осин В.В.* Рынок корпоративных пользователей и технология широкополосного мобильного доступа МАКВИЛ // Электросвязь, 2017. № 1. С. 16-21.
44. *Шорин О.А., Бокк Г.О.* К вопросу об электромагнитной совместимости стандартов четвертого поколения // в книге: Мобильный бизнес: перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом. Сборник материалов (тезисов) 37-ой международной конференции РАЕН. Таиланд, 2016. С. 4-6.
45. *Шорин О., Бокк Г.О.* Анализ электромагнитной совместимости стандартов четвертого поколения // Первая миля, 2016. № 1 (54). С. 44-53.
46. *Шорин О.А., Бокк Г.О.* Эквалайзер для коррекции мультидоплеровских искажений OFDM-сигналов в сетях LTE и МАКВИЛ // Электросвязь, 2017. № 1. С. 28-34.
47. *Бокк Г.О.* ММО: Оптимизация управления числом логических каналов // Электросвязь, 2017. № 1. С. 40-44.
48. *Аверьянов Р.С., Бокк Г.О., Шорин А.О.* Оптимизация размера кольцевой антенны и правила формирования территориальных кластеров для сотовой сети МАКВИЛ // Электросвязь, 2017. № 1. С. 22-27.
49. *Шорин О.А., Бокк Г.О.* Влияние размера ресурсного блока сигнала OFDM на показатели качества работы сетей стандартов LTE и МАКВИЛ // Электросвязь, 2017. № 2. С. 67-71.
50. *Шорин О.А., Бокк Г.О., Аверьянов Р.С., Шорин А.О.* Оптимизация геометрии адаптивной антенны для сотовой сети с OFDM сигналами // Экономика и качество систем связи, 2016. № 2. С. 60-67.
51. *Лохвицкий М.С., Кудин А.В., Евсеева А.А.* Определение области с фиксированным временем упреждения в сотовой связи. В книге «Мобильный бизнес: Перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом. РАЕН. 2018. С. 33-38.
52. *Лохвицкий М.С.* Синхронизация работы мобильных терминалов в сотовой связи с использованием спутниковых систем. Экономика и качество систем связи. 2017. № 4(6). С. 51-55.
53. *Лохвицкий М.С.* Способ приёма сигналов OFDM. Патент на изобретение № 2646361 ru. НИРИТ.
54. *Лохвицкий М.С.* Алгоритм оптимального приёма сигналов OFDM. В книге: «Мобильный бизнес: перспективы развития и проблемы реализации систем радиосвязи в России и за рубежом». М.: РАЕН. 2017. С. 14-16.
55. *Лохвицкий М.С.* Оптимальный прием сигналов OFDM с использованием облучающих последовательностей. Экономика и качество систем связи. 2017. № 3 (5). С. 61-65.
56. *Лохвицкий М.С.* Синхронизация работы терминалов сотовой связи с использованием спутниковых систем. Экономика и качество систем связи. 2017. № 3 (5). С. 51-55.
57. *Lokhvitskiy M.S., Shorin O.A.* Reduction of the number of guard intervals in the Orthogonal Frequency Division Multiplexing // IEEE conference # 43917/ March 2018.

58. *Лохвицкий М.С., Слепухин А.А.* Оценка параметров радиоканала по обучающей последовательности в OFDM. 41 Международная конференция «Мобильный бизнес: перспективы развития и проблемы реализации систем радиосвязи в России и за рубежом», Италия, май 2018.

59. *Лохвицкий М.С., Кудин А.В., Евсеева А.А.* Определение области с фиксированным временем упреждения в сотовой связи // 41-я Международная конференция «Мобильный бизнес: перспективы развития и проблемы реализации систем радиосвязи в России и за рубежом», Италия, май 2018.

60. *Лохвицкий М.С.* Синхронизация мобильных терминалов в сотовой связи с использованием систем определения местоположения // Экономика и качество систем связи. 2018. № 3 (9). С. 17-21.

61. *Лохвицкий М.С., Кудин А.В.* Вопросы внедрения изобретения «Способ сотовой связи». 42 Международная конференция «Мобильный бизнес: перспективы развития и проблемы реализации систем радиосвязи в России и за рубежом», Израиль, ноябрь 2018.

62. *Lokhvitskiy M.S., Shorin O.A., Shorin A.O.* Implementation of the invention «Method of cellular systems». Time advance calculation // 2019 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, SOSG 2019. 2019. С. 8706788.

# ТРАНКИНГОВАЯ СИСТЕМА ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА МАКВИЛ

*Научное издание*

*Информация об авторах*

**Шорин Олег Александрович**

*генеральный директор ООО «НИРИТ-СИНВЭЙ Телеком Технолоджи»,  
д.т.н., профессор, академик РАЕН*

**Аверьянов Роман Сергеевич**

*директор по производственной деятельности «НИРИТ СИНВЭЙ Телеком Технолоджи»*

**Бокк Герман Олегович**

*директор по науке ООО «НИРИТ СИНВЭЙ Телеком Технолоджи», д.т.н.*

**Володина Елена Евгеньевна**

*директор по коммуникациям «НИРИТ СИНВЭЙ Телеком Технолоджи»,  
д.э.н., профессор, академик РАЕН*

**Кудин Анатолий Владимирович**

*председатель Совета директоров «НИРИТ», к.т.н., сопредседателем Регионального  
отделения РАЕН «Экономика и качество систем связи», академик РАЕН*

**Лохвицкий Михаил Сергеевич**

*специалист по подготовке кадров, к.т.н., доцент МТУСИ, академик МАИ и МАС*

**Пантикян Рубен Тигранович**

*начальник отдела разработки приложений  
«НИРИТ СИНВЭЙ Телеком Технолоджи», к.т.н.*

**Смирнов Андрей Валентинович**

*Президент и председатель Совета директоров  
ООО «НИРИТ-СИНВЭЙ Телеком Технолоджи»*

**Шорин Александр Олегович**

*технический директор ООО «НИРИТ СИНВЭЙ Телеком Технолоджи», к.т.н.*

*Подписано в печать 11.05.2021. Формат 60x90/16.  
Печать цифровая. Усл. печ.л. 12. Тираж 500 экз.  
Издательский дом «Медиа Паблшер»  
111024, Москва, ул. Авиамоторная, д.8, стр. 1  
[www.media-publisher.ru](http://www.media-publisher.ru)*