

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
«Высшая школа электроники и компьютерных наук»
Кафедра «Инфокоммуникационных технологий»

Рецензент

_____ И.О.Ф.

“ ___ ” _____ 2018г.

Руководитель направления

_____ С.Н Даровских

“ ___ ” _____ 2018г.

Анализ каналов связи, используемых компанией АО «Смарт Инжиниринг»

Направление 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

магистерская программа «Системы мобильной связи»

ЮУрГУ – М 11.04.02.2018.557.00 ПЗ (ВКР)

Научный руководитель:

А.Э.Миллер _____ ИОФ

“ ___ ” _____ 2018г.

Магистрант:

студент группы КЭ-223

Пеннер А.В. _____ ИОФ

“ ___ ” _____ 2018г.

Нормоконтролер:

В.Д. Спицына _____ ИОФ

“ ___ ” _____ 2018г.

Челябинск
2018

РЕФЕРАТ

Пеннер А.В. Анализ каналов связи, используемых компанией «Смарт Инжиниринг». – Челябинск: ЮУрГУ, КТУР, ВШЭКН, 84 с., 37 рис., 2 табл., библиографических список – 30 наименований.

В выпускной квалификационной работе магистра проведен анализ каналов связи, используемых компанией «Смарт Инжиниринг».

Объектом исследования являются каналы связи.

Предмет исследования являются каналы связи, реализуемые компанией «Смарт Инжиниринг».

Цель работы – на основе теоретического анализа сущности и характерных черт проводных и беспроводных каналов связи проанализировать эффективность работы каналов связи, создаваемых компанией «Смарт Инжиниринг», по экономическим и территориальным возможностям.

Перечень ключевых слов – анализ каналов связи, беспроводные сети, волоконно-оптические линии связи, Ситрим, microtick.

					ЮУрГУ - М 11.04.02.2018.557.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Пеннер А.В.				Анализ каналов связи, используемых компанией «Смарт Инжиниринг»	Лит.	Лист	Листов
Проверил	Миллер А.Э.					Д	3	84
Н. Контр.	Спицына В.Д.				ЮУрГУ Кафедра ИКТ			
Утв.	Даровских С.Н.							

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Сущность и специфика каналов связи.....	7
1.1 Понятие и виды каналов связи.....	7
1.2 Характеристика беспроводных сетей.....	18
1.3 Волоконно-оптические линии связи	27
2 Анализ эффективности каналов связи, используемых компанией «Смарт Инжиниринг».....	41
2.1 Антенна СИ-3М и плата microtick как основа беспроводного канала связи, реализуемого компанией «См.арт Инжиниринг».....	41
Характеристики MikroTik RB912UAG-2HPnD	48
2.2 Анализ проводного и беспроводного каналов связи на основе данных с конкретного объекта	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	69
СПИСОК ИСПЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	70
ПРИЛОЖЕНИЕ А	73
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	77
ПРИЛОЖЕНИЕ В	82
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	84

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Общие изменения в экономической, социальной и политической жизни, произошедшие за последние годы, вызвали изменение условий развития средств и систем передачи данных.

Система передачи данных – это система, функцией которой является передача данных в пределах одной системы ИТ-инфраструктуры организации, между такими системами, а также обмен информацией со сторонними системами. Системы передачи данных являются главной технической составляющей функционирования практически всех крупных и средних предприятий, а также небольших компаний, применяющих современные решения для управления бизнесом.

С каждым годом системы передачи данных все более приобретают роль универсальной среды для передачи информации, как между системными устройствами, так и между конечными пользователями. Но, чем больше универсальность системы, тем более высокие требования к ней предъявляются.

По мере того, как беспроводные сети передачи данных охватывают все большие территории, и увеличивается число их пользователей, существенно возрастает сложность их проектирования и реализации. Прежде всего, это обуславливается мобильностью пользовательских устройств, требующей принципиально новых подходов к вопросам разработки и эксплуатации современных систем связи.

Объектом исследования являются каналы связи.

Предмет – каналы связи, реализуемые компанией «См.арт Инжиниринг».

Цель работы – на основе теоретического анализа сущности и характерных черт проводных и беспроводных каналов связи проанализировать эффективность работы каналов связи, создаваемых компанией «Смарт Инжиниринг», по экономическим и территориальным возможностям.

Для решения поставленной цели необходимо выполнить следующие **задачи**:

- определить сущность каналов связи и обозначить их виды;
- выявить сущностные характеристики беспроводных сетей;
- описать волоконно-оптические линии связи;
- рассмотреть антенну СИ-3М и плату microtick как основу беспроводного канала связи, реализуемого компанией «Смарт Инжиниринг»;
- проанализировать проводной и беспроводной каналы связи на основе данных с конкретного объекта:
 - а) провести территориальный анализ обслуживаемых абонентов;
 - б) провести частотный анализ;
 - в) провести анализ трафика;
 - г) провести анализ выбранного канала на задержки и потери.

Методологическая база исследования. Основными методами работы выступили анализ и синтез. При анализе эффективности работы каналов связи, создаваемых компанией «Смарт Инжиниринг», мы обращались к данным с сервера Zabbix. Для удобства обработки данных с сервера использовалась программа Eventus, которая выстраивала графики необходимых данных за запрашиваемый период времени.

1 Сущность и специфика каналов связи

1.1 Понятие и виды каналов связи

Каналы связи (КС) являются общим звеном любой системы передачи информации. По физической природе каналы связи делятся следующим образом:

- механические - используются для передачи материальных носителей информации;
- акустические - передают звуковой сигнал;
- оптические - передают световой сигнал;
- электрические - передают электрический сигнал [1, с.146].

Каждому поколению свойственно разрабатывать новые технические средства, совершенствовать систему учета, обработки, передачи и хранения данных. Первыми телекоммуникационными средствами признан телеграф, телефон, телетайп, радиоприемник. Середина XIX столетия отмечена массовым использованием спутниковой связи, вычислительной техники, компьютерной сети. В результате это положительно отразилось на развитии новых телекоммуникационных технологий.

Современный мир невозможен без телекоммуникационных технологий, которые стирают государственные границы и расстояние между людьми, делают доступной мобильную и видеосвязь и позволяют решать множество задач в сфере управления, образования, коммерции. Каждый человек сталкивается с ними ежедневно, делая телефонные звонки, проверяя почту или покупая товары в интернет-магазинах.

Общее понятие информационных и коммуникационных технологий включает в себя совокупность методов, процессов и устройств, позволяющих получать, собирать, накапливать, хранить, обрабатывать и передавать информацию, закодированную в цифровом виде или существующую в аналоговом виде [2, с.9].

В более узком смысле под телекоммуникационными технологиями понимается совокупность программных и аппаратных средств, позволяющих устанавливать связь без использования проводов и передавать пакеты информации, включающие также аудио и видеoinформацию.

Телекоммуникационные технологии могут быть рассмотрены как сервисы, предоставляемые провайдерами различного уровня.

По этому принципу можно выделить следующие виды телекоммуникационных технологий:

- телефонная связь, современная телефонная связь позволяет легко переключаться с аналогового стандарта на цифровой, подключать к интернет городские телефоны и соединять в одну сеть аналоговые и мобильные устройства;
- радиосвязь, которая сегодня превратилась в сотовую связь, телефон, перемещаясь в пределах сети, оказывается в зоне действия различных передающих устройств;
- спутниковая связь, которая используется провайдерами для создания систем мобильной связи и для государственных систем связи;
- интернет – наиболее распространенный вид телекоммуникационных технологий, при которых подключение к сети может осуществляться как проводным, так и беспроводным способом.

Телекоммуникационные технологии, используемые в интернете, сейчас переживают этап бурного развития и роста.

Создаются новые сети различных типов, среди которых:

- локальные сети компаний или учреждений, связь между компьютерами в них осуществляется и проводным и беспроводным способом, количество пользователей этих сетей ограничено. Локальные сети могут быть корпоративными, в некоторых странах создаются и городские локальные сети;
- глобальные сети (Wide Area Network – WAN) представляют совокупность большого количества узлов-компьютеров,

расположенных в разных странах мира и связанных между собой каналами оптово-волоконной связи. К этим сетям, представляющим услуги провайдеров, подключаются локальные сети.

Работоспособность интернета основана на использовании сетевых узлов и каналов связи. К узлам относятся как отдельные компьютеры, так и хостинги, предоставляющие IP-адреса и доменные имена.

Каналы связи, в общем, делятся на четыре типа:

- аналоговые телефонные сети;
- провода, по которым передается электричество;
- оптоволоконные каналы связи;
- беспроводные каналы связи, модемные или спутниковые [3, с.24].

К телекоммуникационным каналам связи относятся, в основном, третий и четвертый типы.

Среди коммуникаций, используемых для организации связи, можно отдельно отметить программы, обеспечивающие работу телекоммуникационного оборудования такого, как:

- IP-АТС;
- маршрутизаторы;
- компьютеры.

Отдельно следует назвать прикладные программы, упрощающие работу с обработкой массивов информации.

Для передачи данных с использованием возможностей телекоммуникационных технологий применяется специальное программное обеспечение. Это обеспечение функционирует по определенным протоколам или по механизмам, разработанным с целью упростить и стандартизировать работу всех узлов сети, выстроив ее по единому алгоритму.

Так, для передачи по компьютерным сетям разработан стандарт MIME (ssr-Multipurpose Internet Mail Extensions), переводящий данные в формат понятный почтовому серверу. Общение компьютера пользователя и сервера

происходит в виде диалога в режиме Клиент-Сервер, где с каждой стороны его участником является определенная программа [4, с.115].

Отдельные программы используются для работы мессенджеров, которые позволяют обмениваться сообщениями, совершать телефонные звонки с передачей голосовой и видеоинформации. Здесь происходит коммуникация не только компьютер - почтовый сервер, к диалогу подключаются и телефонные станции.

Различные сетевые телекоммуникационные технологии позволяют решать такие задачи, как:

- передачу информации в необходимых форматах;
- выстраивание коммуникаций;
- обеспечение взаимодействия различных участников сети.

Среди новых технологий особое место занимают программы, позволяющие работать в режиме нетворкинга, объединение CRM-систем с возможностями социальных сетей и многое другое.

Создание корпоративных сетей как офисных, компьютерных, так и телефонных, также попадает в область сетевых технологий, призванных обеспечить синергию за счет эффективной коммуникации пользователей.

Большая часть информационных массивов, принадлежащих государственным учреждениям и коммерческим предприятиям, имеет самостоятельную ценность и является добычей для потенциальных похитителей, которыми могут быть и хакеры, и внутренние пользователи [5, с.98].

Для защиты информации от утечек разработаны сложные программные продукты, позволяющие определить проникновение неавторизованного пользователя или вируса-похитителя информации в сеть и заблокировать его. Существуют специальные стандарты защиты информации, но даже они не всегда могут уберечь сети от взлома и хищения данных. Особенно уязвимы компьютеры и мобильные устройства частных пользователей, использующих только антивирусы.

От хищения информации с помощью закладных устройств, перехватывающих электромагнитные излучения, необходимо бороться при помощи технических средств.

Телекоммуникационные технологии сегодня в основном применяются для организации систем связи.

Но сами системы связи имеют прикладное значение, при помощи этих технологий можно достичь существенно более важных целей, среди которых:

- создание систем дистанционного обучения;
- обеспечение недорогой голосовой телефонной связи;
- создание информационных систем предприятий и объединение их в комплекс, позволяющий оптимизировать управление;
- построение банковских сетей;
- проведение электронных аукционов и тендеров для обеспечения государственных закупок;
- осуществление коммуникации удаленных субъектов;
- для интернет-торговли;
- осуществление дистанционного управления в государственной и в частной сфере [6, с.52].

Спектр возможностей использования телекоммуникационных технологий расширяется с каждым днем. Сложно сказать, что именно будет предложено завтра в этой области, чтобы сделать связь доступнее, а производственные процессы – проще.

Появление новой науки – телематики позволило использовать возможность для передачи информационных данных на расстоянии. В основе науки лежит система, объединяющая телекоммуникационные средства и информатику. Данное свойство значительно увеличило территорию участников связи.

Характерная особенность информационных технологий состоит в том, что в рабочем процессе используется единственный продукт – информация.

Процесс интеллектуальной обработки способствует сбору, хранению и распространению информационных данных.

Телекоммуникационные технологии предусматривают использование информационных сетей и компьютерной техники.

Общесетевой ресурс представлен аппаратным типом, информационными разработками, программным обеспечением, для них имеют значение следующие требования:

- компьютерная техника различных сетей соединяется автоматически;
- каждая единица компьютерной техники является составляющим звеном сети, но также работает в самостоятельном режиме;
- связь обеспечивается посредством телефонной связи, оптоволоконным соединением и спутниковыми каналами.

Интернет располагает различными сервисами, самыми распространенными считаются: обмен сообщениями в режиме электронной почты, услуги электронной доски объявлений, передача файлов.

Разработанная федеральная целевая программа, направленная на развитие образовательной информационной среды, стала предпосылкой для внедрения ее в сфере образования и науки.

Политика национальных телекоммуникационных компаний, экономическое положение и географическое расположение являются факторами, влияющими на выбор технологии по передаче информации в банковской системе. Современные банковские коммуникации позволяют проводить межбанковские платежи с электронной подписью, шифрование документа.

Переход телекоммуникационных систем на частные спутниковые каналы позволит модернизировать банковскую систему. В этом случае выгодно применять виртуальные частные сети, которые арендуют сети общего пользования.

Сфера предоставления телекоммуникационных услуг отмечена крупнейшими поставщиками проводной, сотовой связи, интернет

провайдинга, кабельного телевидения. Лидерами отрасли являются компании «МТС», «Ростелеком», «Мегафон», «ТрансТелеКом», «Эр-телеком», «Межрегиональный Транзиттелеком», «Косм.ическая связь» [7, с.35].

Сегодня современный рынок телекоммуникации продолжает демонстрировать признаки насыщения, но бизнес-операторы ищут новые ниши для дальнейшего развития. Одним из основных направлений является предоставление комплексного сервиса на стыке информационных технологий и телекоммуникаций.

Представить нынешнее современное поколение без телекоммуникационных технологий просто невозможно. Эти технологии настолько "въелись" в нашу жизнь, что представить без них наше существование просто нереально. Но некоторые люди даже не замечают эти немаловажные современные технологии. Так давайте попробуем разобраться что это такое и зачем вообще нужны телекоммуникации в современном мире?

Что же понимается под термином телекоммуникация? Всё просто, под телекоммуникацией принято понимать весь комплекс технических средств, которые предназначены для передачи информации на любое расстояние [8, с.15]. К этому комплексу технических средств можно отнести: звук, сигнал, текст, знак, письменное изображение и многие другие виды. Все эти средства передаются по кабельной, оптической, радио- и другим электромагнитным системам.

Система технических средств, с помощью которой осуществляется телекоммуникация, называется сетью телекоммуникаций. Телекоммуникационная сеть имеет одну из важных характеристик всей рассм.атриваемой технологии: она предоставляет возможность получения необходимой информации или данных для обеспечения деятельности каких-либо участников телекоммуникации или же для удовлетворения личных потребностей пользователей.

К техническим средствам телекоммуникаций относятся: оборудование и машины, используемые для обработки данных, которые передают или принимают сообщения телекоммуникаций.

К участникам деятельности телекоммуникаций относятся:

а) юридические и физические лица государства, а также иностранные юридические и физические лица, которые могут оказывать услуги в данной области;

б) уполномоченный орган - орган, который регулирует деятельность, осуществляемой в рассматриваемой области - в области телекоммуникаций;

в) пользователи услуг телекоммуникаций.

Хоть в наше время телекоммуникационные сети достаточно развиты и очень актуальны, но нельзя забывать о том, что наше общество ежедневно развивается, с каждым днём увеличиваются различные познания и поэтому на одном месте наука не стоит и не будет стоять никогда. Таким образом, телекоммуникации также идут в ногу со временем и мне хочется перечислить перспективные направления телекоммуникационных технологий:

а) создание интеллектуальных антенных устройств с улучшенной энергетикой;

б) создание телекоммуникационных систем в миллиметровом диапазоне волн (~ 1 мм) с рабочей частотой, которая будет достигать до 100 ГГц;

в) создание новых сигнальных- кодовых конструкций путем применения комбинирования методов манипуляции сигналов и новых методов кодирования сигнала с целью увеличения пропускной способности систем передачи и улучшения их энергетики;

г) разработка новых методов проектирования и производства оборудования телекоммуникаций, что обеспечивает появление более мощных машин, которые будут выполнять огромное количество задач [8, с.58].

Также не стоит забывать, что телекоммуникации уже давно являются частью мира компьютерных технологий. И возможно, в ближайшем будущем, скоро полностью погрузится в этот мир. С телевидением такой процесс уже идёт полным ходом. Большинство стран использует цифровое вещание, которое стремительно будет вытеснять аналоговое. Также телекоммуникационная индустрия зарабатывает неплохие деньги и на продаже цифровых приставок для обычных телевизоров, получает возможность сделать некоторые телевизионные каналы на платной основе, как и в спутников вещании.

И это ещё не все перспективы будущего в данном направлении! Как вы заметили телекоммуникации очень тесно связаны с другими научными отраслями, такими, как: физика, энергетика, электроника, компьютерные науки и в скором времени сети будут охватывать ещё больше отраслей.

Теперь вернёмся к строению наших телекоммуникаций. Телекоммуникационные сети для осуществления дистанционной связи имеют определённые каналы. По принципу действия эти самые каналы делятся на:

а) симплексные или односторонние - передающие данные, но не принимающие информацию в ответ (как пример сюда подойдёт радио).

б) дуплексные - умеющие передавать и принимать сигнал одновременно (сюда можно отнести телефон - "одно из главных развлечений современных людей").

в) полудуплексные - способные принимать и передавать по очереди (рации).

Также каналы связи делятся на разные виды по признаку реализации:

а) беспроводные;

б) оптоволоконные;

в) проводные.

По среде размещения и существования, кроме космических, каналы бывают подводными (межконтинентальные кабели на дне океана),

подземными (зарытые кабели), наземными (столбы с проводами) и воздушными (радиоволны). По применяемой технологии — непрерывными и дискретными (аналоговыми и цифровыми).

С каналами связи в телекоммуникационных технологиях разобрались. Теперь нужно разобраться и в самих сетях. Чуть выше приводилось упоминание о термине телекоммуникационная сеть, но теперь нужно разобраться "глубже" в этом понятии.

Телекоммуникационные сети по своему масштабу делятся следующие типы:

- локальные - Local Area Network (LAN): этот тип связывает абонентов, которые находятся на небольшом расстоянии друг от друга;
- региональные - Metropolitan Area Network (MAN): этот тип связывает абонентов городов или даже стран. Самым ярким примеров данного вида является структура сети оператора мобильной связи;
- глобальные - Wide Area Network (WAN): этот тип связывает абонентов стран и континентов. Сюда можно отнести спутниковую связь, радиосвязь, телефонные сети и конечно же всеми любимый Internet, который стал неотъемлемой частью нашей жизни [9, с.22].

Нельзя не сказать пару слов о вышеупомянутой сети - INTERNET. Эта компьютерная сеть самая крупная по числу региональных узлов и числу пользователей на всём земном шаре. Обслуживаемые пользователи данной сетью достигают отметки в 30 миллионов человек. Сейчас в этой сети имеются практически все существующие в настоящее время информационные услуги. Национальный научный фонд США оказывает организационную и финансовую поддержку сети INTERNET, предназначенную, в основном, для решения исследовательских и образовательных задач.

В России интернетом пользуются огромное количество людей. По данным аналитического общества GFK, за 2014 год количество пользователей данной Сети в возрасте шестнадцати лет и старше превысило 80 миллионов человек, что составляет 67 процентов от общего количество граждан с аналогичным возрастом, проживающих в Российской Федерации. Также по их подсчётам в Сеть выходят практически все россияне в возрасте от 16 до 29 лет (96% аудитории). Люди среднего возраста (от 30 до 50 лет) используют всемирную паутину меньше – 79%, а продвинутых пенсионеров старше 55 лет составляет 25%, что, согласитесь, является неплохим показателем [10, с.56].

Эта информация лишней раз доказывает, что потребность российских пользователей в интернет-ресурсах ежегодно растёт. Такой же рост присутствует и других странах. Всё это говорит об огромном значении сети Internet, да и всех современных сетей - сетей телекоммуникаций.

Подводя итог, хочется ещё раз вспомнить о самом термине "телекоммуникация". Телекоммуникация - это комплексная индустрия, которая представляет пользователям и клиентам разные виды электросвязи, разрабатывает и внедряет новшества, создаёт, продаёт и использует оборудование, которое так нужно многим людям в нашем обществе [11, с.7].

Без телекоммуникации в нашем современном цивилизованном мире обойтись никак нельзя. Почти всё население нашей планеты уже давным-давно освоило и активно использует технические средства телекоммуникаций (телефоны, телевизоры и др.), а также современное общество стремительно начинает пользоваться новинками в сфере телекоммуникационных технологий. И мой прогноз на будущее таков: телекоммуникациями будут пользоваться ещё очень много столетий.

1.2 Характеристика беспроводных сетей

Сегодня беспроводные локальные сети (WLAN) могут строиться с использованием двух концептуально альтернативных архитектур – распределенной и централизованной. Первая базируется исключительно на точках доступа, тогда как во второй в качестве центрального элемента применяется беспроводной коммутатор. Естественно, существование двух архитектур разделило индустрию на два лагеря, каждый из которых является сторонником того или иного подхода. На чем же основываются аргументы proetcontra одной и второй стороны?

Распределенная архитектура WLAN (distributed access point architecture) полностью определяется первоначальным стандартом 802.11, базирующимся на точках доступа (ТД) [12, с.57]. В них сосредоточивается вся функциональность WLAN, поскольку они реализуют все спецификации стандарта 802.11. ТД служат мостом между проводным и беспроводным сегментами Ethernet, они обеспечивают специфические для беспроводных сетей функции защиты, включая управление доступом и шифрование, а также QoS. Точки доступа корпоративного класса предоставляют более высокий уровень функциональности, выполняя фильтрацию пакетов и адресов, управление списком доступа, конфигурирование [13, с.89].

Все производители точек доступа корпоративного класса поставляют также ПО для централизованного управления ими. Хотя возможность централизованно управлять сетью привлекает как небольшие организации, так и крупные предприятия, однако, строго говоря, управляющее ПО не является необходимым компонентом для функционирования WLAN.

Большое достоинство распределенной архитектуры заключается в том, что для построения WLAN достаточно лишь установить точки доступа. Беспроводные сети, существовавшие во второй половине 90-х и использовавшие диапазоны UHF и 900 МГц, опирались на "сетевой контроллер", который для покрытия необходимой зоны работал совместно с

несколькими радиотрансиверами [14, с.67]. Стандарт 802.11 значительно упростил архитектуру, объединив в одном устройстве функциональность сетевого контроллера и радиотрансиверов. Новая архитектура позволяла развернуть WLAN посредством простой установки точек доступа в свободный порт коммутатора и беспроводных адаптеров в клиентские ПК (рисунок 1). В большинстве случаев не было даже нужды конфигурировать ТД или клиентские компьютеры.

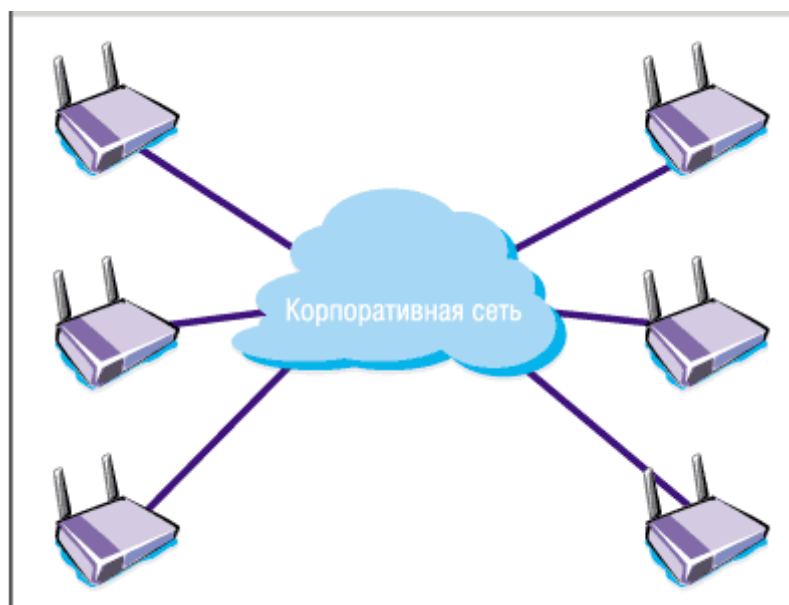


Рисунок 1 – Распределительная архитектура

Централизованная архитектура WLAN (centralized WLAN switch architecture) требует для создания беспроводной сети два элемента. Границу сети по-прежнему формируют точки доступа, которые выполняют функцию моста между беспроводными и проводными сегментами Ethernet, а вся остальная функциональность может быть перенесена на второй элемент - беспроводной коммутатор (см. рисунок 2). Сегодня каждый производитель WLAN-коммутаторов сам решает, каким образом распределить функции между этими двумя устройствами. Некоторые из них вкладывают все возможности в беспроводные коммутаторы, оставляя для точек доступа

только функции моста, другие реализуют в последних управление доступом и шифрование [15, с.102].



Рисунок 2 – Централизованная архитектура

Важная характеристика всякой централизованной архитектуры заключается в том, что весь трафик от/к беспроводной сети проходит через WLAN-коммутатор [16, с.157]. Это позволяет ему осуществлять полное управление трафиком. Следует отметить, что централизованная архитектура трактует WLAN как некоторую надстройку над сетью Ethernet. WLAN-коммутатор предусматривает для беспроводного трафика выделенную сеть. Обычно такая сеть реализуется как VLAN, так что в ней могут применяться существующие технологии коммутации.

Подведем наконец итог в наших рассуждениях. Итак, если весь беспроводной трафик, кроме ТД, должен проходить еще через одно устройство, то такая архитектура называется централизованной, если же трафик от точек доступа проходит прямо в проводной сегмент Ethernet, то - распределенной.

Недостаточная безопасность беспроводных сетей стала сегодня основным препятствием к их принятию, особенно в корпоративной среде. Когда говорят о безопасности WLAN, обычно рассматривают три различных компонента: аутентификацию пользователя, конфиденциальность данных и их целостность. WLAN-индустрия постепенно движется к модели безопасности, базирующейся на технологии Wi-Fi Protected Access (WPA). Согласно спецификации WPA, аутентификация выполняется с использованием 802.1x, конфиденциальность данных - посредством шифрования трафика с помощью TKIP, а целостность информации обеспечивается контрольной суммой MIC (Message Integrity Check).

Распределенная архитектура не оставляет выбора для локализации этих функций: все они должны быть реализованы на границе сети в точках доступа. Иначе обстоит дело в случае централизованной архитектуры. Здесь производители могут решать сами, где расположить функции безопасности. Некоторые оставляют их в ТД, другие - в беспроводных коммутаторах, третьи - распределяют между этими двумя устройствами. Например, на коммутаторы возлагается аутентификация пользователей, а шифрованием и целостностью данных занимаются точки доступа. Но все же правильнее, когда аутентификация выполняется на границе сети. Если злоумышленник пытается получить доступ к сети, то лучше перехватить его как можно раньше. Рассмотрим, например, как проходит атака DoS (Denial of Service).

В распределенной архитектуре DoS-атака осуществляется только на одну точку доступа (см. рисунок 3). Так как последняя блокирует весь неавторизованный трафик, то другие компоненты сети будут изолированы от атаки. В сети с централизованной архитектурой, где функции аутентификации выполняет коммутатор, ТД не может заблокировать неавторизованный трафик [17, с.203]. Он направляется к беспроводному коммутатору (см. рисунок 4), который не пропускает его в корпоративную сеть. Однако этот трафик будет передаваться через все устройства, находящиеся на пути от атакованной точки доступа к коммутатору.



Рисунок 3 – Атака Dos



Рисунок 4– Атака Dos

Так как при распределенной архитектуре все функции безопасности сосредоточиваются в ТД, то одним из часто выдвигаемых аргументов против такой архитектуры является ее физическая уязвимость [18, с.98]. Иными словами, точку доступа весьма легко украсть. А поскольку в ней содержатся ключи шифрования и другие установки по обеспечению безопасности, то это создает весьма серьезные проблемы. Злоумышленник, похитивший точку доступа, может затем в лаборатории извлечь из нее весьма важную информацию, включая MAC-адреса других сетевых устройств. Более того, установив украденную ТД в своей сети, однако достаточно близко от атакуемой, он может "захватить" полноправного клиента последней и раскрыть регистрационную информацию. Правда, подобный сценарий не столь опасен в случае индустриальных реализаций распределенной архитектуры, где точки доступа могут располагаться на высоте нескольких десятков метров.

Одним из критериев производительности сети для корпоративных пользователей является время отклика. Их мало заботит пропускная способность сети ввиду отсутствия мультимедийного трафика, однако они не хотят долго ждать ответа от сервера приложений. Время, превышающее одну секунду, считается многими уже неприемлемым.

Наиболее эффективную маршрутизацию трафика обеспечивает распределенная архитектура [19, с.36]. Пакет данных передается от клиента через точку доступа прямо коммутатору Ethernet. При централизованной архитектуре пакет по пути к проводному сегменту Ethernet должен пройти через беспроводной коммутатор. Таким образом, пакет на пути к адресату передается через цепочку дополнительных устройств, что может существенно увеличить время отклика. Согласно полученному на практике правилу, лучше не использовать топологию, при которой беспроводной клиент связан с беспроводным коммутатором магистральным каналом глобальной сети. Такая конфигурация также может увеличить латентность. Однако что за правило без исключений? Имеет смысл размещать

беспроводной коммутатор на другом конце магистрали, если сервер приложений подключен к тому же каналу. В этом случае данные все равно должны будут передаваться по глобальной сети, так что не имеет значения, на каком конце канала располагается беспроводной коммутатор.

Сегодня, когда большинство наиболее актуальных проблем, связанных с безопасностью, успешно решаются, следующей границей, которую необходимо преодолеть производителям оборудования для WLAN, похоже, становится управление [20, с.69]. Именно в этих вопросах поставщики беспроводных коммутаторов считают себя вне конкуренции. WLAN на базе беспроводных коммутаторов по определению обеспечивает централизованную точку, являющуюся идеальной платформой для сосредоточения всех управляющих функций. Для этого лишь необходимо добавить ПО для конфигурации точек доступа, мониторинга производительности, определения отказов, политики безопасности и других административных функций. Распределенная архитектура не столь приспособлена для централизованного управления. Здесь в сеть следует добавить отдельный управляющий компонент.

В то же время в самих архитектурах не содержится ничего такого, что бы делало одну из них органически более приспособленной для администрирования. В действительности все сводится к наличию соответствующего ПО безотносительно к тому, работает ли оно непосредственно на беспроводном коммутаторе или как специфический компонент, добавленный в сеть. Следует также отметить, что централизованная архитектура плохо масштабируется, так как большинство беспроводных коммутаторов могут поддерживать довольно ограниченное количество точек доступа. В корпоративных сетях приходится разворачивать множество "беспроводных кластеров", при этом каждый из них группируется вокруг своего беспроводного коммутатора. Некоторые реализации допускают выделение одного из них в качестве "мастера", который может

реплицировать конфигурационные установки и профили безопасности на другие беспроводные коммутаторы.

В мире Ethernet все производители сетевого оборудования обеспечивают определенный уровень управляемости для своих устройств, но на рынке существует и управляющее ПО от третьих фирм. Имеются также платформы, которые могут интегрировать продукты многих производителей, предоставляя широкий спектр административных возможностей. На рынке централизованных беспроводных систем отсутствуют инструменты управления от третьих фирм. Эти архитектуры, как правило, являются закрытыми. Некоторые разработчики беспроводных коммутаторов пытаются обеспечить поддержку точек доступа других поставщиков. Но большая часть продуктов на этом рынке строится на закрытой платформе и может использоваться только совместно с ТД того же производителя. Правда, делаются попытки стандартизировать протоколы управления беспроводными коммутаторами. Еще не родившийся стандарт имеет имя Lightweight Access Point Protocol (LWAPP). Если дело сдвинется с места, то появится надежда на взаимодействие между беспроводными коммутаторами разных производителей.

Требования к пропускной способности сети зависят от используемых приложений. Для сетей сбора данных в типичных случаях достаточно полосы пропускания 10...20 Kbps на одну точку доступа. Ситуация несколько меняется для VoIP-приложений. Здесь основным параметром является латентность, но и полоса пропускания также играет важную роль [21, с.45].

Хотя скорость передачи данных определяется, как правило, радиокомпонентом, однако остальные устройства беспроводной сети должны быть способны ее поддержать. Это, в частности, означает, что точки доступа должны успевать обрабатывать поступающие пакеты. Кроме выполнения функций моста, от ТД может потребоваться фильтрация пакетов, обработка VLAN-тегов, шифрование и дешифрование. И проблема не в количестве

передаваемых в секунду битов, а скорее в скорости обработки пакетов. Значения пропускной способности беспроводных сетей обычно получают на основании копирования больших файлов. При этом длина пакетов оказывается максимальной, и эти цифры не отражают реальных возможностей системы по их обработке. Более высокую нагрузку дают тесты с длиной пакетов 100...200 байт, что считается типичным в сетях по сбору данных. Однако реальные приложения по сбору данных обычно генерируют мало пакетов, и пропускная способность беспроводной сети не является для них критическим параметром.

В распределенной архитектуре вся обработка пакетов сосредоточена в точках доступа. Это дает возможность использовать в них встраиваемые микропроцессоры. Современные чипы легко справляются с подобными задачами. Недостатком таких решений являются трудности последующей модернизации, если будущие стандарты потребуют большей вычислительной мощности, чем могут предоставить установленные точки доступа. Напротив, в сетях с централизованной архитектурой обработка пакетов переносится в беспроводные коммутаторы. Это снимает бремя с ТД, но взамен требует, чтобы коммутаторы были в состоянии обработать пакеты, приходящие от них. Такая задача намного сложнее, чем обработка пакетов от одного-двух источников. Теоретически подобная производительность может быть достигнута. Традиционные коммутаторы и маршрутизаторы способны обрабатывать миллионы пакетов в секунду. Но они строятся на специально спроектированных аппаратных средствах и ASIC, а также работают под управлением оптимизированных ОС. Современные беспроводные коммутаторы в типичном случае изготавливаются на стандартных вычислительных платформах общего назначения и используют коммерческие неспециализированные ОС. В результате возможности беспроводных коммутаторов ограничивают количество подключаемых точек доступа, что в свою очередь определяет число требуемых коммутаторов. Однако намного легче выполнить модернизацию одного беспроводного

коммутатора, чем 30..40 ТД. Некоторые производители обеспечивают масштабируемость беспроводных коммутаторов путем установки дополнительных модулей. Но даже если такая возможность не предусмотрена, то все равно легче заменить одно устройство, чем множество точек доступа [22, с.145].

И все же из большого количества факторов, которые следует принимать во внимание при разворачивании беспроводных сетей, архитектура не является основным. Главное, чтобы сеть выполняла необходимые функции, чтобы поставщик обеспечил требуемый уровень поддержки и чтобы устройства соответствовали заявленным характеристикам.

1.3. Волоконно-оптические линии связи

Волоконно-оптическими называют линии, предназначенные для передачи информации в оптическом диапазоне [23, с.10]. Согласно данным советского Информбюро, на конец 80-х темп роста применения волоконно-оптических линий составил 40%. Эксперты Союза предполагали полный отказ некоторых стран от медной жилы. Съезд постановил на 12-ю пятилетку 25% прирост объёма линий связи. Тринадцатая, также призванная развивать волоконную оптику, застала развал СССР, появились первые сотовые операторы. Кстати, прогноз экспертов относительно роста потребности в квалифицированных кадрах провалился.

Каковы причины резкого роста популярности высокочастотных сигналов? Современные учебники упоминают снижение потребности в регенерации сигнала, стоимости, повышение ёмкости каналов. Советские инженеры выжили, рассуждая иначе: медный кабель, броня, экран берут 50% мирового производства меди, 25% – свинца. Недостаточно известный факт стал главной причиной оставления спонсорами Николы Теслы, проекта башни Ворденклифф (название дала фамилия мецената, пожертвовавшего землю). Известный сербский учёный возжелал передавать информацию, энергию

беспроводным путём, напугав немало локальных хозяев медеплавильных заводов. 80 лет спустя картина изменилась кардинально: люди осознали необходимость сбережения цветных металлов.

Материалом изготовления волокна служит стекло. Обычный силикат, сдобренный изрядной долей модифицирующих свойства полимеров [26, с.20]. Советские учебники, помимо указанных причин популярности новой технологии, называют:

- малое затухание сигналов, явившееся причиной снижения потребности в регенерации;
- отсутствие искрения, следовательно, пожаробезопасность, нулевая взрывоопасность;
- невозможность короткого замыкания, пониженная потребность в обслуживании;
- нечувствительность к электромагнитным помехам;
- низкий вес, сравнительно малые габариты [27, с.23].

Первоначально оптоволоконные линии должны были объединить крупные магистрали: меж городами, пригородами, АТС. Эксперты СССР назвали кабельную революцию сродни появлению твердотельной электроники. Развитие технологии позволило построить сети, лишённые токов утечки, перекрёстных помех. Участок длиной сотню км лишён активных методов регенерации сигнала. Бухта одномодового кабеля обычно составляет 12 км, многомодового – 4 км. Последнюю милю чаще покрывают медью. Провайдеры привыкли предназначать оконечные участки индивидуальным пользователям. Отсутствуют высокие скорости, приёмопередатчики дешёвы, возможность подвести одновременно питание устройству, простота использования линейных режимов.

Типичным формирователем луча выступают полупроводниковые светодиоды, включая твердотельные лазеры [27, с.15]. Ширина спектра сигнала, излучаемого типичным p-n-переходом, составляет 30...60 нм. КПД первых твердотельных устройств едва достигал 1%. Основой связных

светодиодов чаще выступает структура индий-галлий-мышьяк-фосфор. Излучая более низкую частоту (1,3 мкм), приборы обеспечивают значительное рассеивание спектра. Результирующая дисперсия сильно ограничивает битрейт (10...100 Мбит/с). Поэтому светодиоды пригодны для построения локальных сетевых ресурсов (дистанция 2...3 км).

Частотное деление с мультиплексированием осуществляется многочастотными диодами. Сегодня несовершенные полупроводниковые структуры активно вытесняются вертикальными излучающими лазерами, значительно улучшающими спектральные характеристики. Технология вынужденного излучения приносит гораздо более высокие мощности (сотни мВт). Когерентное излучение обеспечивает КПД одномодовых линий 50 %. Эффект хроматической дисперсии снижается, позволяя повысить битрейт.

Малое время рекомбинации зарядов позволяет легко модулировать излучение высокими частотами питающего тока. Помимо вертикальных применяют:

- лазеры с обратной связью;
- резонаторы Фабри-Перо [28, с.36].

Высокие битрейты дальних линий связи достигаются применением внешних модуляторов: электро-абсорбционные, интерферометры Маха – Цендера. Внешние системы устраняют необходимость применения линейной частотной модуляции напряжением питания. Обрезанный спектр дискретного сигнала передаётся дальше. Дополнительно разработаны другие методики кодирования несущей:

- квадратурная фазовая манипуляция;
- ортогональное мультиплексирование с частотным разделением;
- амплитудная квадратурная модуляция [29, с.72].

Передачик сформирован цифро-аналоговым преобразователем, драйверным усилителем, модулятором Маха-Цендера. Применение высоких форматов модуляции (выше четырех квадратур), битрейтов (выше 32 Гбод)

снижает эффективность ввиду наличия паразитных эффектов. Линейные погрешности сформированы цифро-аналоговым преобразователем, неидеальностью системы синхронизации. Нелинейные искажения вызваны эффектом насыщения драйверного усилителя, модулятора. Меры противодействия существенно повышают скорость, позволяя использовать модуляции высоких квадратур.

Процедуру осуществляют цифровые сигнальные процессоры. Старые методики компенсировали лишь линейную составляющую. Беренджер выразил модулятор рядами Вина, ЦАП и усилитель смоделировал усечёнными, времянезависимыми рядами Вольтерры. Кхана предлагает использовать полиномиальную модель передатчика вдобавок. Каждый раз коэффициенты рядов находят, используя архитектуру непрямого изучения. Дутель записал множество распространённых вариантов. Фазная перекрёстная корреляция и квадратурные поля имитируют несовершенство систем синхронизации. Аналогично компенсируются нелинейные эффекты.

Фотодетектор совершает обратное преобразование свет – электричество. Львиная доля твёрдотельных приёмников использует структуру индий-галлий-мышьяк. Иногда встречаются pin-фотодиоды, лавинные. Структуры металл-полупроводник-металл идеально подходят для встраивания регенераторов, коротковолновых мультиплексоров. Оптикоэлектрические конвертеры часто дополняют трансимпедансными усилителями, ограничителями, производящими цифровой сигнал. Затем практикуют восстановление синхроимпульсов с фазовой автоподстройкой частоты [30, с.104].

Явление рефракции, делающее возможной тропосферную связь, нелюбимо учениками. Сложные формулы, неинтересные примеры убивают любовь студента к знаниям. Идею световода родили далёкие 1840-е годы: Дэниэл Колладон, Жак Бабинэ (Париж) пытались приукрасить собственные лекции заманчивыми, наглядными экспериментами. Преподаватели средневековой Европы плохо зарабатывали, поэтому изрядный приток

студентов, несущих деньги, выглядел желанной перспективой. Лекторы заманивали публику любыми способами. Некий Джон Тиндал воспользовался идеей 12 лет спустя, гораздо позже выпустив книгу (1870), рассматривающую законы оптики, а именно свет проходит границу раздела воздух-вода, наблюдается рефракция луча относительно перпендикуляра. Если угол касания луча к ортогональной линии превышает 48 градусов, фотоны перестают покидать жидкость. Энергия полностью отражается назад. Предел назовём лимитирующим углом среды. Водный равен 48 градусов 27 минут, у силикатного стекла – 38 градусов 41 минута, алмаза – 23 градуса 42 минуты.

Зарождение XIX столетия принесло линии Петербург – Варшава световой телеграф протяжённостью 1200 км. Регенерация операторами послания проводилась каждые 40 км. Сообщение шло несколько часов, мешали погода, видимость. Появление радиосвязи вытеснило старые методики. Историки предлагают следующую временную шкалу развития событий:

- 1854 – Джон Тиндалл демонстрирует Королевскому обществу (Великобритания) возможность изгибания траектории распространения света водным потоком.
- 1880 – Александр Грэхэм Белл изобретает Фотофон, передающий голос посредством луча. Изобретатель ловил солнечного зайчика, заставлял зеркало вибрировать в такт звучанию речи. Приёмный детектор декодировал послание, динамик передавал заложенное сообщение. Пасмурные дни заставили Белла забросить исследования, занявшись более практическими делами – наживанием прибыли.
- Параллельно Вильям Вилер изобрёл систему световых труб, снабжённых отражающим чулком. Каналы разносили свет дуговой лампы всему дому.
- 1888 – Медицинская бригада Рота и Ройса (Вена) придумала освещать гнутыми стеклянными стержнями полости человеческого тела.

- 1895 – французский инженер, Генри Сэнт-Рене, создал группу витиевато закружённых кремниевых волосков, осуществляя проект телевизионного экрана.
- 1898 – американец Дэвид Смит патентует гнутый стеклянный стержень для использования хирургами [31, с.68].

Идею Генри Сэнт-Рене продолжили поселенцы Нового света (1920-е), задумавшие улучшить телевидение. Кларенс Ханселл, Джон Логи Бэйрд стали пионерами. Десять лет спустя (1930) студент-медик Хайнрих Ламм доказал возможность передачи стеклянными направляющими изображения. Ищущий знаний задумал осмотреть внутренности тела. Качество изображения хромало, попытка получить Британский патент провалилась.

Независимо голландский учёный Абрахам ван Хил, британец Харольд Хопкинс, Нариндер Сингх Капани изобрели (1954) волокно. Заслуга первого в идее покрыть центральную жилу прозрачной оболочкой, имевшей низкий коэффициент преломления (близкий к воздуху). Защита от царапин поверхности сильно улучшила качество передачи (современники изобретателей видели главное препятствие использования волоконных линий в больших потерях). Британцы тоже внесли серьёзный вклад, собрав пучок волокон численностью 10.000 штук, передали изображение на дистанцию 75 см. заметка: «Гибкий фиброскоп, использующий статическое сканирование» украсила журнал Nature (1954).

Это интересно! Нариндер Сингх Капани ввёл термин фиброволокно заметкой в журнале Американская наука (1960) [32, с.165].

1956 год принёс миру новый гибкий гастроскоп, авторы Базиль Хиршовиц, Вильбур Петерс, Лоуренс Кертисс (Университет Мичиган). Особенностью новики являлась стеклянная оболочка волокон. Элиас Снитцер (1961) обнародовал идею создания одномодового волокна. Столь тонкого, что внутри умещалось лишь одно пятнышко интерференционной картины. Идея помогла медикам осмотреть внутренности (живого) человека.

Потери составили 1 дБ/м. Потребности коммуникаций простирались гораздо дальше. Требовалось достичь порога 10...20 дБ/км.

1964 год считают переломным: жизненно важную спецификацию опубликовал доктор Као, введя теоретические основы дальней связи. Документ активно использовал приведённую выше цифру. Учёный доказал: снизить потери поможет стекло высшей степени очистки. Германский физик (1965) Манфред Бёрнер (Телефункен Ресёрч Лабс, Ульм) представил первую работоспособную телекоммуникационную линию. NASA немедленно передало вниз лунные снимки, используя новинки (разработки были секретными). Несколько лет спустя (1970) трое работников Корнинг Глэс (см.. начало топика) подали патент, реализующий технологический цикл выплавки оксида кремния. Три года бюро оценивало текст. Новая жила увеличила пропускную способность канала в 65000 раз относительно медного кабеля. Команда доктора Као немедля сделала попытку покрыть значительное расстояние.

45 лет спустя (2009) Као вручили Нобелевскую премию по физике.

Военные компьютеры (1975) противовоздушной обороны США (секция NORAD, Шайенские горы) получили новые коммуникации. Оптический интернет появился очень давно, раньше персональных компьютеров! Двумя годами позже тестовые испытания телефонной линии длиной 1,5 мили (пригород Чикаго) успешно передали 672 голосовых канала. Стеклодувы трудились неустанно: начало 80-х привнесло появление волокна с затуханием 4 дБ/км. Оксид кремния заменили другим полупроводником – германием [33, с.89].

Скорость производства высококачественного кабеля технологической линией составила 2 м/с. Хими Томас Менса разработал технологию, повысившую двадцатикратно указанный лимит. Новинка, наконец, стала дешевле медного кабеля. Дальнейшее изложено выше: последовал всплеск внедрения новой технологии. Шаг расстановки репитеров составил 70...15 км. Волоконный усилитель, легированный ионами Эрбия, резко

снизил стоимость возведения линий. Времена тринадцатой пятилетки принесли планете 25 миллионов километров волоконно-оптических сетей.

Новый толчок развитию дало изобретение фотонных кристаллов. Первые коммерческие модели принёс 2000 год. Периодичность структур позволила значительно повысить мощность, конструкция волокна гибко подстраивалась, следуя частоте. В 2012 году Телеграфная и телефонная компания Ниппона достигла скорости один петабит/с на дальности 50 км одним-единственным волокном.

Достоверно известна история шестивия военной промышленности США, опубликованной в Монмаут Месседж. В 1958 году менеджер по кабельному хозяйству форта Монмаут (Сигнал Корпс Лабс армии Соединённых Штатов) рапортовал о вреде молний, осадков. Чиновник потревожил исследователя Сэма Ди Вита, попросив найти замену зеленеющей меди. Ответ содержал предложение попробовать стекло, фибер, световые сигналы. Однако инженеры дяди Сэма того времени оказались бессильны решить задачу.

Жарким сентябрём 1959 Ди Вита спросил лейтенанта второго ранга Ричарда Штурцебехера, известна ли тому формула стекла, способного передавать оптический сигнал. Ответ содержал сведения, касающиеся оксида кремния – пробы на базе Университета Альфреда. Измеряя коэффициент рефракции материалов микроскопом, Ричард нажил головную боль. 60...70 % стеклянная пудра свободно пропускала лучезарный свет, раздражая глаза. Держа в уме необходимость получения чистейшего стекла, Штурцебехер изучал современные методики производства при помощи хлорида кремния IV. Ди Вита нашёл материал пригодным, решив предоставить правительству переговоры со стеклодувами компании Корнинг.

Чиновник отлично знал рабочих, однако решил предать дело огласке, дабы завод получил государственный контракт. Между 1961 и 1962 идея использования чистого оксида кремния была передана исследовательским лабораториям. Федеральные ассигнования составили порядка одного млн.

долларов (промежуток 1963-1970). Программа окончилась (1985) развитием многомиллиардной индустрии производства оптоволоконных кабелей, начавших стремительно замещать медные. Ди Вита остался работать, консультируя промышленность, прожив 97 лет (год смерти – 2010).

Кабель формируют:

- ядро;
- оболочка;
- защитный кожух [34, с.12].

Волокно реализует полное отражение сигнала. Материалом первых двух компонентов традиционно выступает стекло. Иногда находят дешёвую замену – полимер. Оптические кабели объединяют сплавлением. Выравнивание ядра потребует сноровки. Мультимодовый кабель толщиной свыше 50 мкм паять проще. Две глобальные разновидности различаются количеством мод:

- мультимодовый снабжён толстым ядром (свыше 50 мкм);
- одномодовый значительно тоньше (менее 10 мкм) [35, с.27].

Парадокс: кабель меньших размеров обеспечивает дальнюю связь. Стоимость четырёхжильного трансатлантического составляет 300 млн. долларов. Сердцевину покрывают светоустойчивым полимером. Журнал Новый учёный (2013) обнародовал опыты научной группы Университета Саутгемптона, покрывших дальность 310 метров... волноводом! Пассивный диэлектрический элемент показал скорость 77,3 Тбит/с. Стены полой трубки образованы фотонным кристаллом. Информационный поток двигался со скоростью 99,7% световой.

Новая разновидность кабелей образована набором трубок, конфигурация напоминает скруглённые пчелиные соты. Фотонные кристаллы, напоминают природный перламутр, образуя периодические конформации, отличающиеся коэффициентом преломления. Некоторые длины волн внутри таких трубок затухают. Кабель демонстрирует полосу пропускания, луч претерпевая брэгговскую рефракцию отражается.

Благодаря наличию запрещённых зон когерентный сигнал движется вдоль световода.

Первая конструкция Йе и Йарива (1978) представлена двумя и более концентрическими слоями разных материалов. Конструкции постоянно дополняются свежими видами. Рассел (1996, автор термина фотонно-кристаллический фибер) представил сотовый набор волокон, двумя годами позже догадались сердцевину заменить пустотой. Достигнутые затухания впечатляют:

- полые – 1,2 дБ/км.;
- сплошные – 0,37 дБ/км.

Технология производства сродни традиционной. Сравнительно толстую заготовку постепенно вытягивают. Выходит волос длиной в километры. Материалы проходят стадию исследований.

Скорость, дальность передачи ограничены эффектами дисперсии, затуханием. Исследователи нашли длины волн, минимизирующие недостатки. Образовано несколько окон, используемых телекоммуникациями:

- O – 1260..1360 нм.;
- E – 1360..1460 нм.;
- S – 1460..1530 нм.;
- C – 1530..1565 нм.;
- L – 1565..1625 нм.;
- U – 1625..1675 нм. [36, с.125].

Окна идут непрерывно, существующие системы связи могут состоять одновременно из двух-трёх. Исторически первый промежуток (800-900 нм) сегодня убран, поскольку потери оказались непомерно высокими. Окна O, E характеризуются нулевой дисперсией. Чаще применяют S, C, демонстрирующие преимущества минимального затухания (максимальная дальность передачи).

В связи с ростом требований, предъявляемых новыми сетевыми приложениями, становится все более актуальным применение оптоволоконных технологий в структурированных кабельных системах. Каковы же преимущества и особенности использования оптических технологий в горизонтальной кабельной подсистеме, а также на рабочих местах пользователей?

Проанализировав изменения сетевых технологий за последние 5 лет, легко заметить, что медные стандарты СКС отставали от гонки "сетевых вооружений". Не успев инсталлировать СКС третьей категории, предприятиям приходилось переходить на пятую, сейчас уже и на шестую, а не за горами использование седьмой категории.

Очевидно, развитие сетевых технологий не остановится на достигнутом: гигабит на рабочее место вскоре станет стандартом де-факто, а впоследствии и де-юре, и для ЛВС (локальных вычислительных сетей) крупного или даже среднего предприятия 10 Гбит/с Ethernet не будет редкостью.

Поэтому очень важно использовать такую кабельную систему, которая позволила бы легко справляться с возрастающими скоростями сетевых приложений на протяжении как минимум 10 лет - именно такой минимальный срок службы СКС определен международными стандартами.

Более того, при изменении стандартов на протоколы ЛВС необходимо избегать повторной прокладки новых кабелей, которая раньше была причиной значительных расходов на эксплуатацию СКС и просто не допустима в будущем.

Только одна среда передачи в СКС удовлетворяет данным требованиям - оптика. Оптические кабели используются в телекоммуникационных сетях уже более 25 лет, в последнее время они также находят широкое применение в кабельном телевидении и ЛВС.

В ЛВС они в основном используются для построения магистральных кабельных каналов между зданиями и в самих зданиях, обеспечивая при этом

высокую скорость передачи данных между сегментами этих сетей. Однако развитие современных сетевых технологий актуализирует использование оптоволокну как основной среды для подключения непосредственно пользователей.

За последние годы на рынке появилось несколько технологий и продуктов, позволяющих значительно облегчить и удешевить использование оптоволокну в горизонтальной кабельной системе и подключение его к рабочим местам пользователей.

Среди этих новых решений прежде всего хочется выделить оптические разъемы с малым форм-фактором - SFFC (small-form-factor connectors), плоскостные лазерные диоды с вертикальным резонатором - VCSEL (vertical cavity surface-emitting lasers) и оптические многомодовые волокна нового поколения [37, с.154].

Следует отметить, что недавно утвержденный тип многомодового оптического волокна OM-3 обладает полосой пропускания более 2000 МГц/км на длине лазерного излучения 850 нм. Данный тип волокна обеспечивает последовательную передачу потоков данных протокола 10 Gigabit Ethernet на расстояние 300 м. Использование новых типов многомодового оптоволокну и 850-нанометровых VCSEL-лазеров обеспечивает наименьшую стоимость реализации 10 Gigabit Ethernet-решений.

Разработка новых стандартов оптоволоконных разъемов позволила сделать оптоволоконные системы серьезным конкурентом медным решениям. Традиционно оптоволоконные системы требовали в два раза большего числа разъемов и коммутационных шнуров, чем медные - в телекоммуникационных пунктах требовалась гораздо большая площадь для размещения оптического оборудования, как пассивного, так и активного.

Оптические разъемы с малым форм-фактором, представленные недавно целым рядом производителей, обеспечивают в два раза большую плотность

портов, чем предыдущие решения, поскольку каждый такой разъем содержит в себе сразу два оптических волокна, а не одно, как ранее.

При этом уменьшаются размеры и оптических пассивных элементов - кроссов и т.д., и активного сетевого оборудования, что позволяет снизить в четыре раза расходы на установку (по сравнению с традиционными оптическими решениями).

Следует отметить, что американские органы стандартизации EIA и TIA в 1998 году приняли решение не регламентировать использование какого-либо определенного типа оптических разъемов с малым форм-фактором, что привело к появлению на рынке сразу шести типов конкурирующих решений в данной области: MT-RJ, LC, VF-45, Opti-Jack, LX.5 и SCDC. Также сегодня есть и новые разработки.

Наиболее популярным миниатюрным разъемом является разъем типа MT-RJ, который имеет один полимерный наконечник с двумя оптическими волокнами внутри. Его конструкция была спроектирована консорциумом компаний во главе с AMP Netconnect на основе разработанного в Японии многоволоконного разъема MT. AMP Netconnect на сегодня представила уже более 30 лицензий на производство данного типа разъема MT-RJ [38, с.198].

Своему успеху разъем MT-RJ во многом обязан внешней конструкции, которая схожа с конструкцией 8-контактного модульного медного разъема RJ-45. За последнее время характеристики разъема MT-RJ заметно улучшились - AMP Netconnect предлагает разъемы MT-RJ с ключами, предотвращающими ошибочное или несанкционированное подключение к кабельной системе. Кроме того, ряд компаний разрабатывает одномодовые варианты разъема MT-RJ.

Достаточно высоким спросом на рынке оптических кабельных решений пользуются разъемы LC компании Avaya (<http://www.avaya.com>). Конструкция этого разъема основана на использовании керамического наконечника с уменьшенным до 1,25 мм диаметром и пластмассового

корпуса с внешней защелкой рычажного типа для фиксации в гнезде соединительной розетки.

Разъем выпускается как в симплексном, так и в дуплексном варианте. Основным преимуществом разъема LC являются низкие средние потери и их среднеквадратичное отклонение, которое составляет всего 0,1 дБ. Такое значение обеспечивает стабильную работу кабельной системы в целом. Для установки вилки LC применяются стандартная процедура вклеивания на эпоксидной см.оле и полировки. Сегодня разъемы нашли свое применение у производителей 10 Гбит/с-трансиверов.

В первой главе описаны сущность и специфика каналов связи. Данный анализ теоретического материала нужен для того, чтобы адекватно оценить работу каналов связи, создаваемых компанией «Смарт Инжиниринг», по следующим критериям:

- территория;
- частоты;
- трафик;
- потери и задержки.

2 Анализ эффективности работы каналов связи, создаваемых компанией «Смарт инжиниринг»

2.1 Антенна СИ-3М и плата microtick как основа беспроводного канала связи, реализуемого компанией «Смарт Инжиниринг»

Услуги, предоставляемые компанией «Смарт Инжиниринг»

Компания Смарт Инжиниринг предоставляет услуги местной, внутризоновой, междугородней и международной телефонной связи.

Преимущества услуг офисной телефонии, предоставляемых Компанией:

- высокое качество связи. Используется оборудование известных производителей: «Alcatel Lucent», «Cisco», «Panasonic»;
- продажа клиентского оборудования. Вы можете приобрести все оборудование, необходимое для телефонизации офиса: телефоны, шлюзы, АТС.

Подключение услуг местной и внутризоновой связи производится с выделением телефонных номеров в коде 495 по трем различным технологиям:

- по ВОЛС (по абонентским линиям и цифровым потокам E1);
- по сети радиодоступа;
- по IP.

Компания организует постоянное подключение к сети на любых скоростях вплоть до 100 Мбит/с.

Преимущества услуг, предоставляемых Компанией:

- возможность одновременно подключить к сети любое число компьютеров в офисе или бизнес-центре;
- оптимальная стоимость;
- минимальный срок организации связи;

- нет проблем с организацией «последней мили» (связи на участке между офисом клиента и узлом сети Смарт Инжиниринг);
- компания разработает рациональную схему организации услуг.

«Смарт Инжиниринг» создаёт защищённую частную корпоративную сеть для компаний, которым нужно объединить удалённые офисы. Компания предоставляет полный спектр телекоммуникационных услуг. Доступ осуществляется по выделенным и коммутируемым каналам с использованием операторских сетей передачи данных. Это позволяет передавать любые объёмы информации со скоростью до 100 Мбит/с.

Варианты предоставления услуги:

- организация виртуальных частных сетей (VPN) на базе ATM IP/MPLS;
- при частичном решении абоненту предоставляется прямая медная пара либо радиолиния от офиса до узла доступа в мультисервисную сеть или сеть передачи данных. На узле предоставляется порт в аренду. Компания оказывает услуги по конфигурированию сети, установке и наладке оборудования. Оборудование при этом заказчик приобретает самостоятельно;
- при полном решении Компания поставляет законченное решение с абонентским оборудованием. Услуга предоставляется до телефонной розетки;
- наложенная сеть Интранет, без выхода в интернет, по коммутируемому доступу;
- взаимодействие между сетями Интранет разных компаний (сети Экстранет);
- организация сети на базе SDH (аренда цифровых каналов);
- организация сети на базе каналов тональной частоты (аренда аналоговых каналов).

Дополнительные услуги:

- построение VPN IP на базе MPLS;
- классификация видов трафика (CoS)

- управление качеством обслуживания (QoS);
- поддержка VoIP;
- хостинг серверов;
- предоставление информационного пространства дата-центра и услуги Collocation;

Для организации базовой «транспортной» услуги используется оборудование собственной разработки и производства — радиоудлинитель канала передачи данных «Ситрим» СИ-3М. Устройство имеет декларации о соответствии Федерального агентства связи Российской Федерации и декларацию соответствия Таможенного союза. Устройство прошло лабораторные испытания и соответствует техническим регламентам Таможенного союза «О безопасности низковольтного оборудования» и «Электромагнитная совместимость технических средств».

На базе организованного с помощью «Ситрима» канала передачи данных Компания предоставляет заказчикам следующие услуги: доступ в сеть Интернет, предоставление каналов VPN L2/L3, услуги местной, междугородней и международной телефонной связи, услуги видеоконференцсвязи, онлайн видеонаблюдения и другие сервисы.

В работе используется антенна PETRA BB MIMO BOX, которая предназначена для усиления связи (интернет) посредством 3G/4G сигнала сотовой связи. На борту антенны есть микротик RB912 и USB модем с SIM картой.

Уличная 3G/4G LTE антенна панельного исполнения усиливает качество мобильного интернет-сигнала в зонах с неуверенным приемом или вовсе отсутствующим сигналом. Антенна работает в диапазоне частот 1700... 2700МГц. PETRA BB MIMO 2x2 BOX создана по технологии MiMo (Multiple input Multiple output) и имеет коэффициент усиления 2x10,5дБи. Оснащается герметичным боксом в котором выведены два разъема CRC9 для USB 3G/4G LTE модема или комплекта и является уже готовым решением для усиления сигнала 3G/4G LTE. Благодаря

панельному исполнению антенны, ее не требуется устанавливать в местах, где только прямая видимость базовой станции, что не запрещает установку антенны в условиях лесополосы или же большого количества рядом стоящих зданий.

Панельная антенна PETRA Broad Band MIMO 2x2 BOX предназначена для использования в комплекте с универсальными широкополосными модемами стандарта LTE2600, UMTS2100, WCDMA, HSDPA, HSUPA и др. диапазона 1,7...2,7 ГГц.

PETRA BB MIMO 2x2 является узконаправленной и рекомендуется к применению на значительном удалении от базовой станции. Благодаря поддержке антенной технологии MIMO 2x2, скорость передачи данных может достигать 100 Мб/с.

Герметичный бокс позволяет разместить модемы типа E392, E3276 (M150-1) и др. в непосредственной близости от антенны и получить более высокий уровень сигналов 3G, 4G LTE на входе модема. Связь модема с компьютером или роутером осуществляется посредством USB-удлинителя (до 5 метров).

PETRA BB MIMO 2x2 BOX имеет уникальную конструкцию, позволяющую ей работать как в стандарте 3G, так и в 4G.

Антенна имеет два входа/выхода. С первого выхода на модем поступают усиленные сигналы в диапазоне 1700...2700 МГц, которые соответствуют стандартам GSM1800, EDGE, UMTS2100, WCDMA, HSDPA, HSUPA, LTE2600. Благодаря этому, вход №1 является основным. Со второго выхода на модем поступают усиленные сигналы в диапазоне 2500-2700 МГц, которые соответствуют стандарту LTE2600. Таким образом вход №2 позволяет антенне поддерживать технологию MIMO 2x2 в стандарте 4G LTE2600 (см. рисунок. 5).

Ниже на рисунке приведена схема поясняющая режим работы новой антенны в связке с "всеядным" модемом Huawei E392.

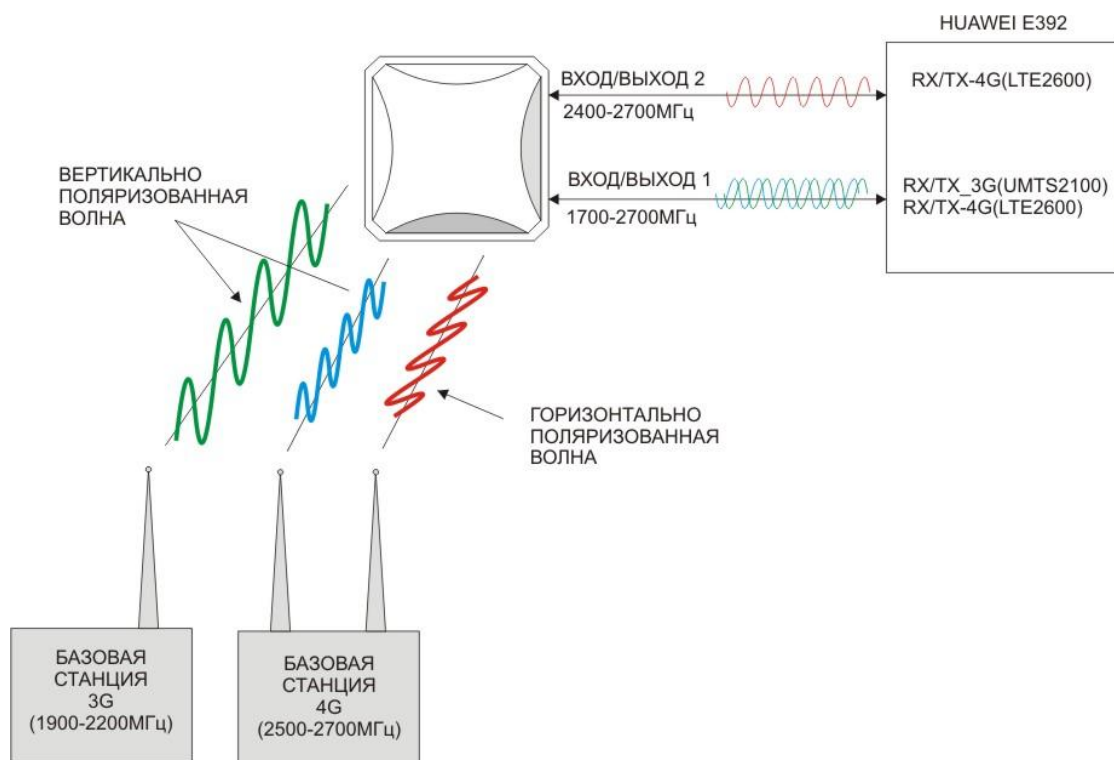


Рисунок 5 – Режимы работы антенны

По первому входу антенна принимает сигналы с вертикальной поляризацией в диапазоне 1700...2700 МГц, и обладает коэффициентом усиления 12...14.5 дБи. По второму входу антенна принимает сигналы с горизонтальной поляризацией в диапазоне 2400...2700 МГц, и обладает коэффициентом усиления 14.0-14.5 дБи.

На рисунке 6 изображена диаграмма направленности антенны.

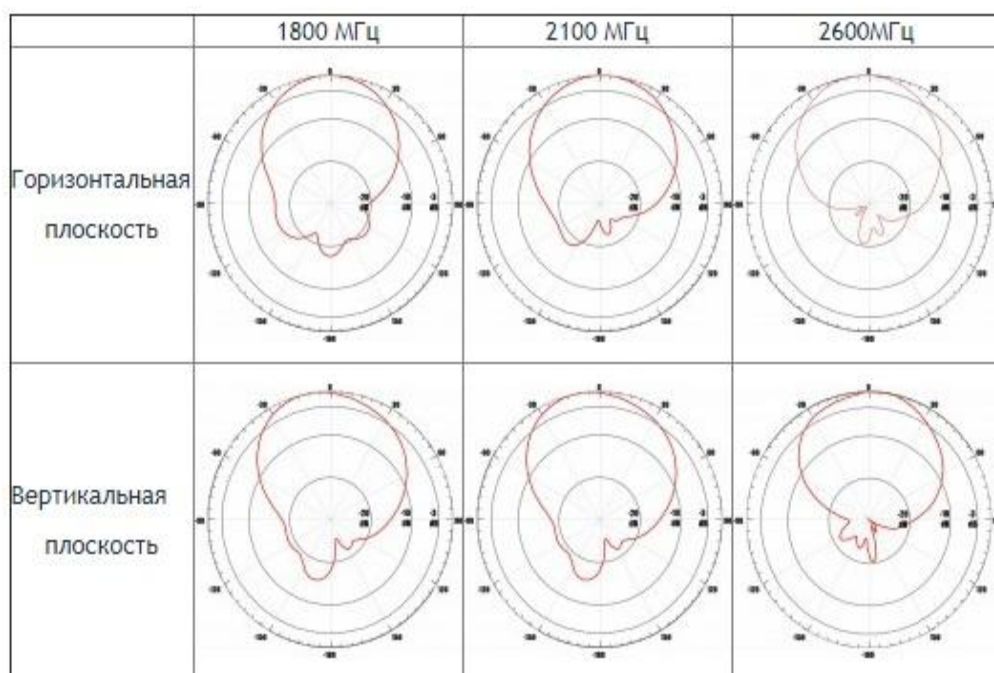


Рисунок 6 – Диаграммы направленности антенны

В таблице 1 представлены характеристики антенны.

Таблица 1

Характеристика	Значение
Рабочий диапазон частот по входу №1, МГц	1700...2700
Рабочий диапазон частот по входу №2, МГц	2400...2700
Усиление, dBi	12,0...14,5
Ширина ДН в Н-плоскости, град	30
Ширина ДН в Е-плоскости, град	30
Уровень боковых лепестков, не более	-12 дБ
Развязка между портами в диапазоне 2400...2700МГц, не менее	30 дБ
Входное сопротивление, Ом	50
КСВ в рабочем диапазоне частот на входах, не более	1,5
Допустимая мощность, Вт	10
Поляризация принимаемых/излучаемых волн по входу №1	вертикальная
Поляризация принимаемых/излучаемых волн по входу №2	горизонтальная
Механические характеристики	
Масса, г	1000
Крепление мачта диаметром	20...52 мм
Диапазон рабочих температур, гр. Цельсия	-40...+60
Габаритные размеры без крепления, м	0,24x0,24x0,06
Допустимая скорость ветра, м/сек	50
Разъемы	2 x SMA-male

Продолжение таблицы 1

Характеристика	Значение
Материал защитного кожуха	ABS-пластик с защитой от ультрафиолетового излучения
Материал антенны	Оцинкованная сталь
Материал крепления	сталь
Защитное покрытие	порошковая полимерная краска

Пластик корпуса антенны защищен от воздействия ультрафиолета и имеет увеличенный срок службы. Антенна удобна при установке на фасадах зданий. Обеспечивается защита от проникновения пыли и влаги по стандарту IP67. Так же преимущество антенны заключается в том, что диаграмма направленности облегчает настройку антенны, не требуется точной настройки градус в градус, как у большинства направленных антенн. Связь модема с ПК или роутером, расположенными в помещении, осуществляется посредством USB-удлиителя. Система BOX - надежно защитит модем от неблагоприятных погодных условий! Антенна комплектуется уголком и хомутом которые позволяют крепить ее на настенные кронштейны или мачты, крепление антенны PETRA BB MIMO 2x2 BOX позволяет изменять угол места, азимут и наклон поляризации.

Материнская плата представляет собой маленький беспроводной роутер со встроенной радиокартой (см. рисунок 7). Гигабитный сетевой порт позволяет использовать весь потенциал стандарта 802.11n. По сравнению с платами 911ой серии имеется разъем расширения miniPCIe и вдвое увеличенный объем ОЗУ, а также повышенный уровень лицензии ОС.

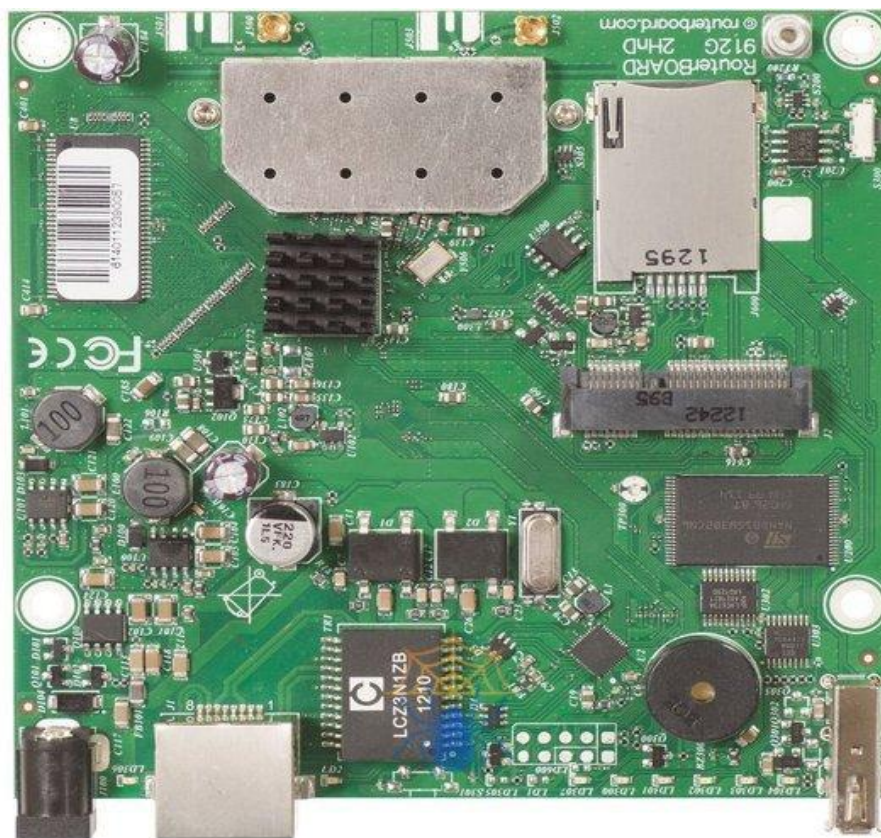


Рисунок 7 – Плата MikroTik RB912UAG-2HPnD

В таблице 2 приведены характеристики MikroTik RB912UAG-2HPnD.

Таблица 2

Характеристика	Значение
Тип установки	Во внешний корпус
Точка доступа Wi-Fi	Есть
Область применения	Маршрутизатор собственной сборки
Область применения	LTE-маршрутизатор
Частота Wi-Fi	2.4 ГГц
Беспроводные стандарты	802.11/b/g/n
Максимальная скорость Wi-Fi, Мбит/с	2*150
Тип антенны Wi-Fi	Покупается отдельно
Количество антенн Wi-Fi, шт.	2
Разъем подключения антенны Wi-Fi	MMCX
Интерфейсы	RJ-45
Интерфейсы	USB 2.0
Поддержка 3G/LTE модема	Покупается отдельно

Продолжение таблицы 2

Характеристика	Значение
Дополнительные интерфейсы расширения	miniPCI-e
Процессор	AR9342, 600 MHz
Оперативная память (RAM)	64 Мб
Внутренняя память	128 Мб
Операционная система	RouterOS Level 4
Питание PoE in	да
Адаптер питания	Покупается отдельно

Для управления работы MikroTik используется приложение Winbox, использующее легкий для понимания каждого пользователя интерфейс (см. рисунок 8).

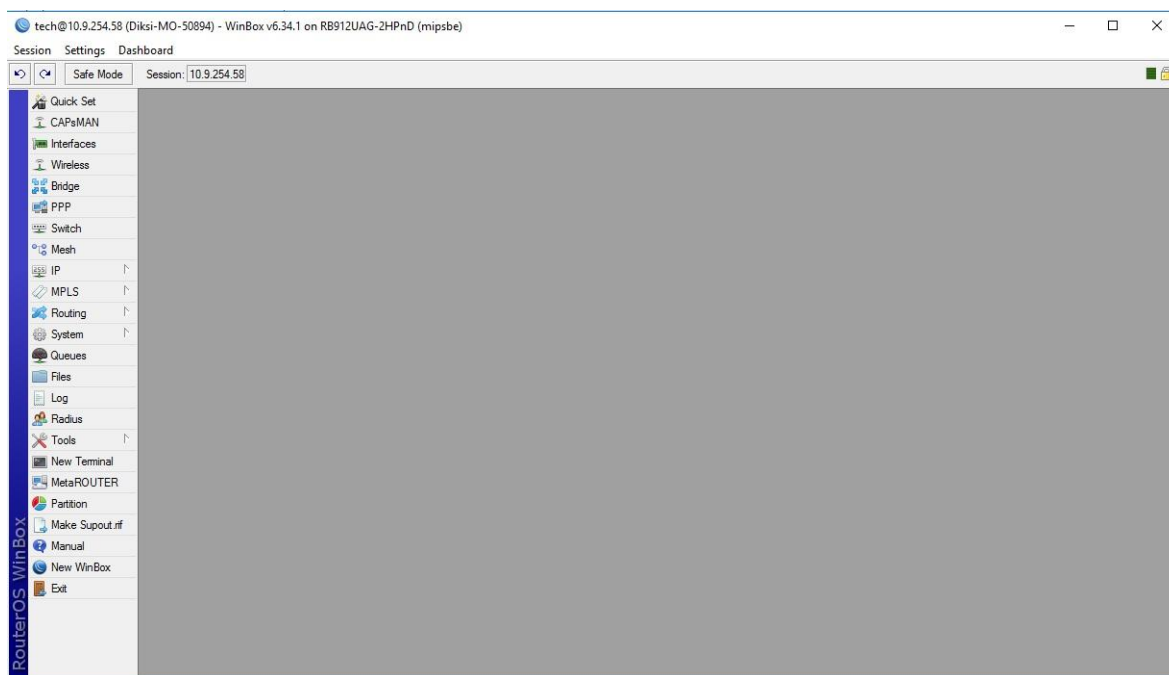


Рисунок 8 – Окно программы

В верхней панели указан ip-адрес, имя интерфейса, версия прошивки и название оборудования. Слева в столбце располагается основное меню для работы по категориям.

Например, существует необходимость в знании уровня сигнала, технологии подключения, ID базовой станции, оператора. Данная

информация выводится с помощью скриптов, поэтому переходим по System-scripts-environment (см. рисунок 9).

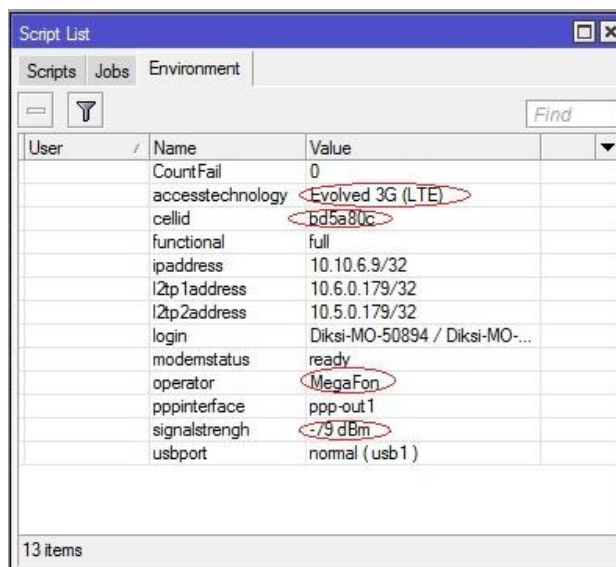


Рисунок 9 – Окно Script List

Данную информацию показывают так же Logи на оборудовании (описание приведено ниже).

Предположим, что по Logам на оборудовании, фиксируем смену технологии доступа, что приводит к повышению потерь на радиоканале. Первое, что мы можем сделать при диагностировании проблем со связью – перезагрузить USB модем. Переходим в System-Routerboard-USB Power Reset. В появившемся окне указываем, на какое время будет выключен модем (см. рисунок 10).

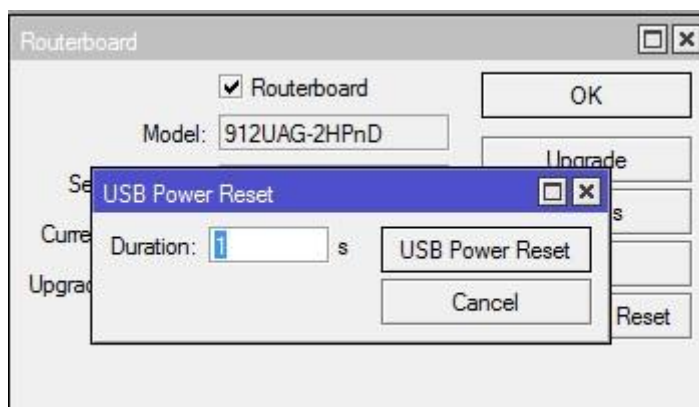


Рисунок 10 – Перезагрузка модема

Предположим, что данное действие не принесло желаемых результатов, тогда приложение Winbox позволяет самостоятельно провести см.ену стандарта связи. В данном случае необходимо выполнить следующие действия:

- запускаем скрипт System → Scripts → RestoreAfterReload. Нажимаем кнопку "Run Script";
- далее устанавливаем в Interface → ppp-out1 → кнопка "Advanced Mode" → вкладка General → Modem Init соответствующее значение;
- 0302 – если приоритет LTE перед 3G;
- 0203 – если приоритет 3G перед LTE;
- если при режиме 0203 антенна все равно поднимается в LTE, пробуем выставить жестко в 3G, указав режим 02.

Список некоторых команд при работе с командной строкой в приложении Winbox:

- interface print – вывести список интерфейсов на экран;
- interface ethernet monitor ether1 – вывести на экран статус интерфейса ether1;
- ip arp print – вывести на экран arp-таблицу;
- ip address print – вывести на экран список ip-адресов на интерфейсах;
- system reboot – перезагрузить СИ-3М;
- log print – вывести логи на экран

2.2 Анализ проводного и беспроводного каналов связи на основе данных с конкретного объекта

При анализе эффективности работы каналов связи, создаваемых компанией «Смарт Инжиниринг», мы обращались к данным с сервера Zabbix (см. рисунок. 11).

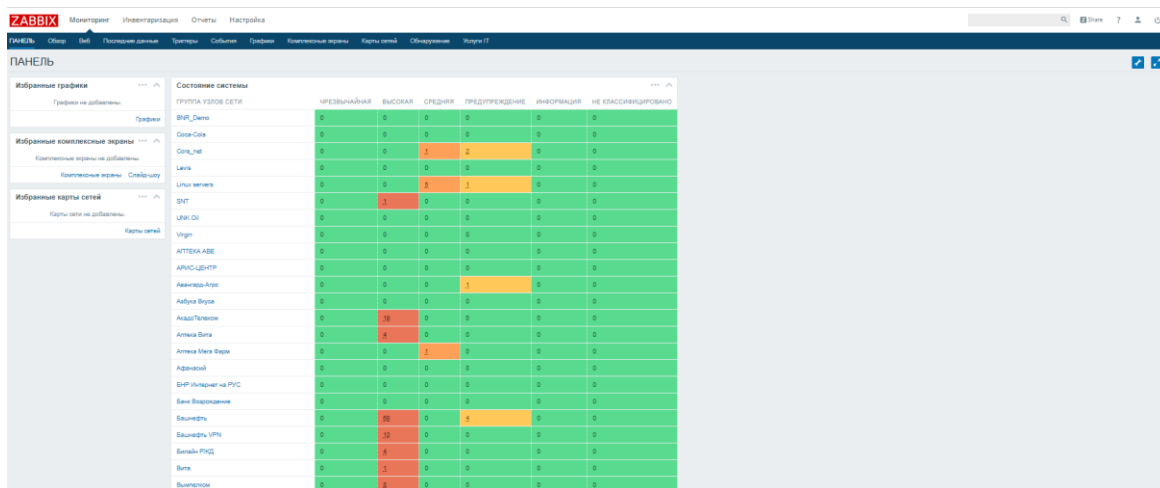


Рис. 11 – Система Zabbix

Zabbix – универсальная система мониторинга.

Zabbix состоит из:

- собственно сервера мониторинга, который выполняет периодическое получение данных, обработку, анализ и запуск скриптов оповещения;
- базы данных (MySQL, PostgreSQL, SQLite или Oracle);
- веб-интерфейса на PHP;
- агента — демона, который запускается на отслеживаемых объектах и предоставляет данные серверу. Агент опционален, мониторинг можно производить не только с помощью него, но и по SNMP (версий 1, 2, 3), запуском внешних скриптов, выдающих данные, и несколько видов predefined встроенных проверок, таких как ping, запрос по http, ssh, ftp и другим протоколам, а так же замер времени ответа этих сервисов.

Основная логическая единица — узлы сети (host), сервера, находящиеся под наблюдением. Каждому серверу присваивается описание и адрес (dns или ip, можно оба, причем с возможностью выбирать, что использовать для соединения).

Каждый узел имеет несколько элементов данных (items) — параметров, за которыми ведется мониторинг. К примеру, на всех серверах у меня есть параметр ping, (он получается с помощью встроенной проверки), который равняется 1, если ответ на последний ping-запрос был получен, иначе 0.

Создавать элементы данных для каждого из множества серверов — сложно, поэтому можно создать узлы-шаблоны. Эти узлы тоже содержат элементы данных, но они не мониторяются напрямую. Вместо этого реальный хост связывается с одним или несколькими шаблонами, и все параметры шаблона автоматически наследуются хостом.

По данным любого параметра система сможет построить график изменения, причем не за predetermined и жестко заданные временные интервалы, а за любой промежуток времени с максимальным разрешением. Хотите посмотреть в деталях, как изменялась нагрузка на сервер месяц назад? Интервал опроса по умолчанию составляем 30 секунд.

Для отображения логической структуры сети можно создавать карты сети, отображающие именно расположение узлов сети и связей между ними. Естественно, состояние узлов (доступен или нет) отображается и на карте.

На рисунке 12 изображена схема региональных узлов связи.

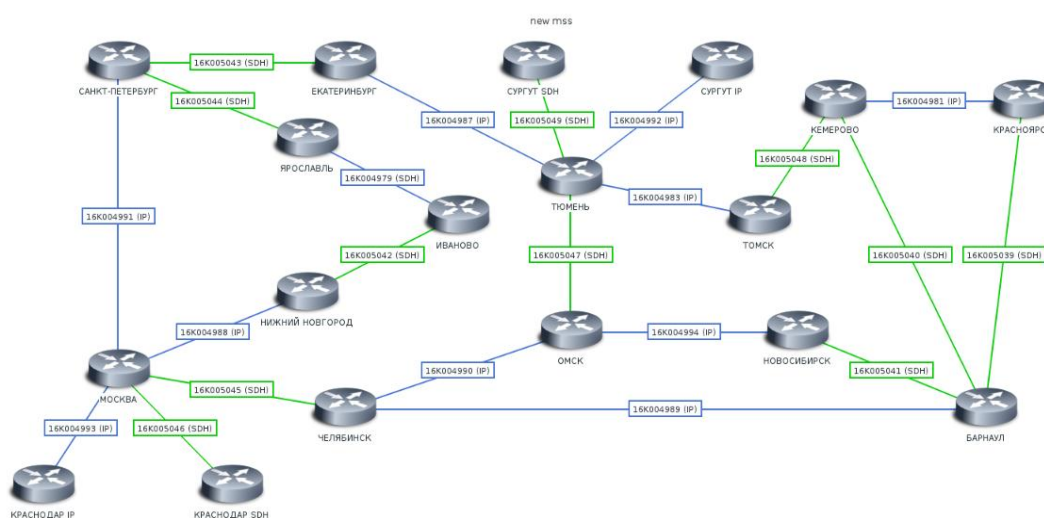


Рисунок 12 –Карта сети региональных узлов связи

Для комфорта и удобства проведение мониторинга, компанией «Смарт Инжиниринг» было принято решение создать более удобную оболочку для сервера Zabbix – Eventus (см. рисунок 13).

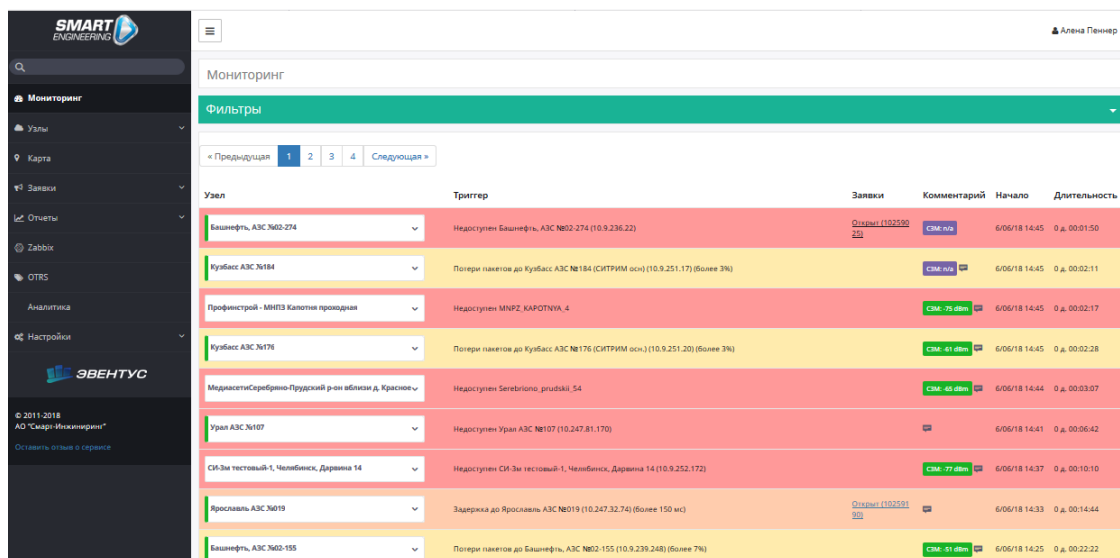


Рисунок 13 –Программа Eventus

Программа Eventus позволяет осуществлять просмотр графиков за любой необходимый промежуток времени (см. рисунок 14).

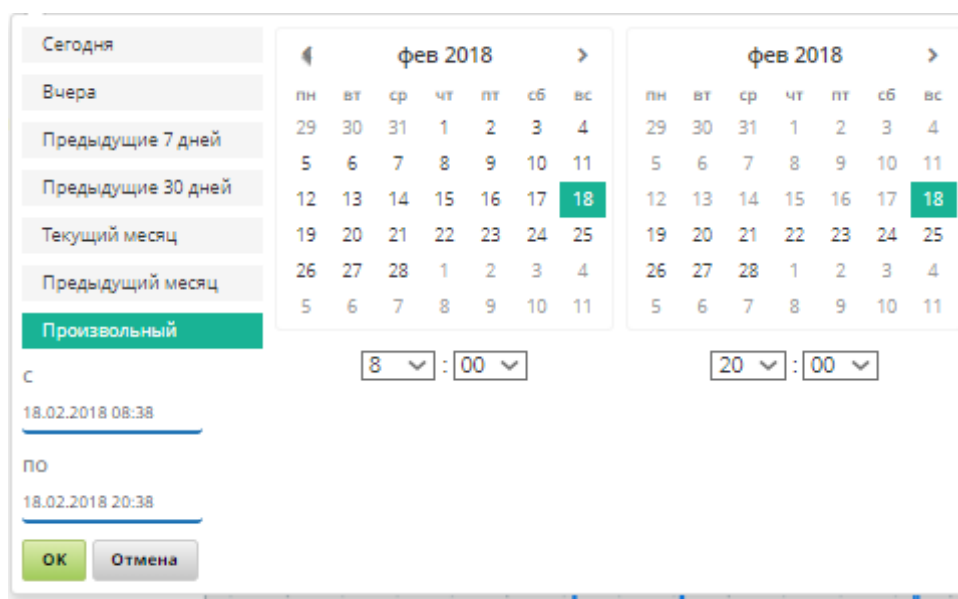


Рисунок 14 – Возможности рабочей программы

Для удобства рассмотрения характеристик работы проводного и беспроводного каналов связи (задержек, потерь, джиттера, загрузки) в качестве рассматриваемого объекта мы обратились к Урал АЗС №149 (компания «Газпромнефть») (см. рисунок 15).

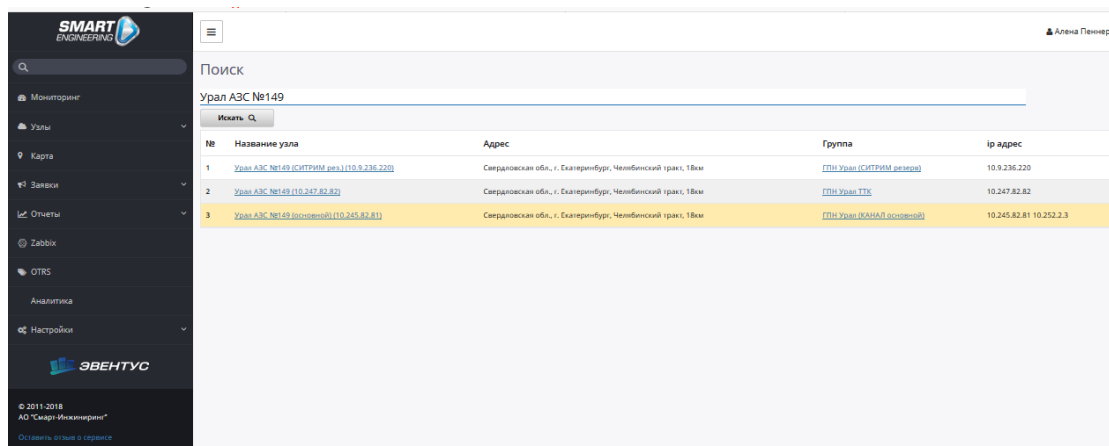


Рисунок 15 – Отображение рассматриваемого объекта в программа Eventus

В работе с компанией «Газпромнефть» «Смарт Инжиниринг» предоставляет два канала связи (основной и резервный), которые подключаются в 24-ёх портовый маршрутизатор cisco 2911 (мониторинг данного объекта проводится по адресу 10.247.82.82).

Первое, на что необходимо обратить внимание, это графики cisco 2911.

Рассмотрим, интересующие нас данные, на конкретном примере Урал АЗС №149, расположенном по адресу Свердловская обл, р.п. Белоярский, ул.Химиков, д.1.

Для примера рассмотрим графики работы маршрутизатора cisco 2911 за 12 часок и за месяц (см. рисунок 16 – рисунок 21).



Рисунок 16 – Задержки на cisco 2911 за 12ч

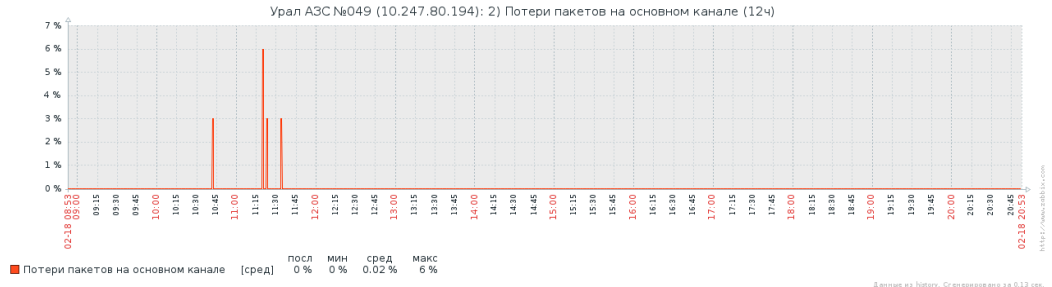


Рисунок 17 – Потери на cisco 2911 за 12ч

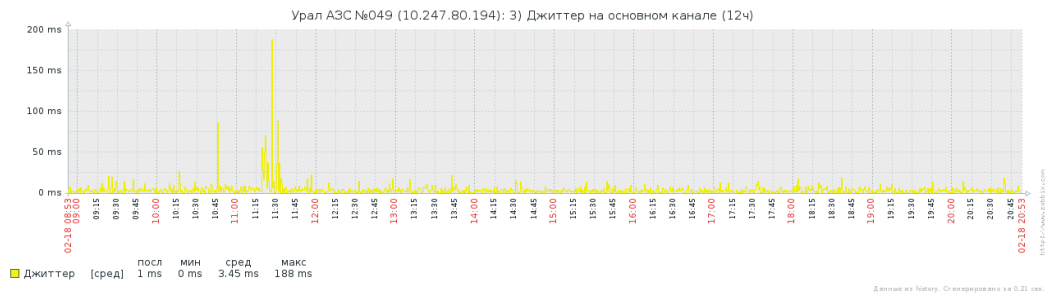


Рисунок 18 – Джиттер на cisco 2911 за 12ч



Рисунок 19 – Задержки на cisco 2911 за месяц

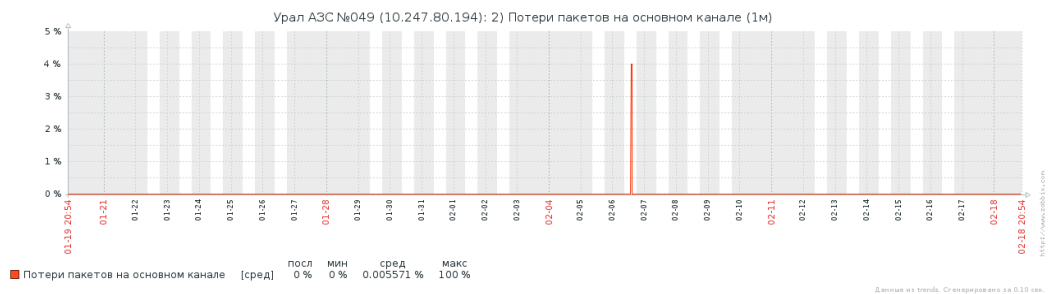


Рисунок 20 – Потери на cisco 2911 за месяц

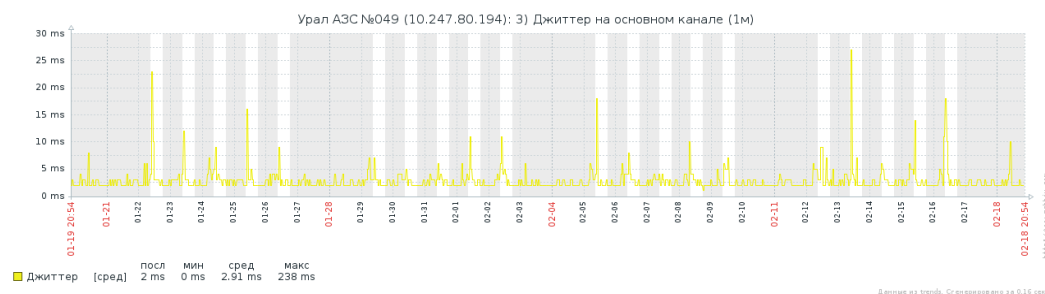


Рисунок 21 – Джиттер на cisco 2911 за месяц

Далее переходим к визуализации данных самих каналов связи.

Проводной канал

Как сообщалась ранее, на объектах Газпромнефти предоставляется два канала связи, в большинстве случаев с основным проводным каналом.

На большинстве объектов предоставляется трафик два Мбит/с, вне зависимости от подключаемого канала.

Проводной канал, в данном случае, организован посредством волоконно-оптической линии.

Для полноценного тестирования канала связи на пропускную способность используется специальная утилита IPerf. Эта кроссплатформенная консольная клиент-серверная утилита для генератора UDP и TCP трафика (см. рисунок 22).


```

3] 268.0-269.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 268.0-269.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec 0.865 ms 0/ 170 (0%)
3] 269.0-270.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 269.0-270.0 sec 243 KBytes 1.99 Mbits/sec 0.746 ms 0/ 169 (0%)
3] 270.0-271.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 270.0-271.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec 0.902 ms 0/ 170 (0%)
3] 271.0-272.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 271.0-272.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec 0.186 ms 0/ 170 (0%)
3] 272.0-273.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 272.0-273.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec 0.161 ms 0/ 170 (0%)
3] 273.0-274.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 273.0-274.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec 0.294 ms 0/ 170 (0%)
3] 274.0-275.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 274.0-275.0 sec 243 KBytes 1.99 Mbits/sec 0.562 ms 0/ 169 (0%)
3] 275.0-276.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 275.0-276.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec 0.178 ms 0/ 170 (0%)
3] 276.0-277.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 276.0-277.0 sec 245 KBytes 2.01 Mbits/sec 0.183 ms 2/ 173 (1.2%)
3] 277.0-278.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 277.0-278.0 sec 243 KBytes 1.99 Mbits/sec 0.522 ms 0/ 169 (0%)
3] 278.0-279.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 278.0-279.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec 0.736 ms 0/ 170 (0%)
3] 279.0-280.0 sec 245 KBytes 2.01 Mbits/sec
4] 279.0-280.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec 0.941 ms 0/ 170 (0%)
3] 280.0-281.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 280.0-281.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec 0.174 ms 0/ 170 (0%)
3] 281.0-282.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 281.0-282.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec 0.179 ms 0/ 170 (0%)
3] 282.0-283.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 282.0-283.0 sec 240 KBytes 1.96 Mbits/sec 0.350 ms 2/ 169 (1.2%)
3] 283.0-284.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 283.0-284.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec 0.187 ms 0/ 170 (0%)
3] 284.0-285.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 284.0-285.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec 0.539 ms 0/ 170 (0%)
3] 285.0-286.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 285.0-286.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec 0.162 ms 0/ 170 (0%)
3] 286.0-287.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 286.0-287.0 sec 247 KBytes 2.02 Mbits/sec 0.208 ms 0/ 172 (0%)
3] 287.0-288.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 287.0-288.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec 0.453 ms 0/ 170 (0%)
3] 288.0-289.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 288.0-289.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec 0.573 ms 0/ 170 (0%)
3] 289.0-290.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 289.0-290.0 sec 240 KBytes 1.96 Mbits/sec 0.189 ms 3/ 170 (1.8%)
3] 290.0-291.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 290.0-291.0 sec 243 KBytes 1.99 Mbits/sec 0.812 ms 0/ 169 (0%)
3] 291.0-292.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 291.0-292.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec 1.038 ms 0/ 170 (0%)
3] 292.0-293.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 292.0-293.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec 0.149 ms 0/ 170 (0%)
3] 293.0-294.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 293.0-294.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec 0.918 ms 0/ 170 (0%)
3] 294.0-295.0 sec 245 KBytes 2.01 Mbits/sec
4] 294.0-295.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec 0.179 ms 0/ 170 (0%)
3] 295.0-296.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 295.0-296.0 sec 243 KBytes 1.99 Mbits/sec 0.176 ms 0/ 169 (0%)
3] 296.0-297.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 296.0-297.0 sec 248 KBytes 2.03 Mbits/sec 0.450 ms 0/ 173 (0%)
3] 297.0-298.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 297.0-298.0 sec 243 KBytes 1.99 Mbits/sec 0.424 ms 1/ 170 (0.59%)
3] 298.0-299.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
4] 298.0-299.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec 0.698 ms 0/ 170 (0%)
3] 299.0-300.0 sec 244 KBytes 2.00 Mbits/sec
3] 0.0-300.0 sec 71.5 MBytes 2.00 Mbits/sec
Sent 51022 datagrams
4] 0.0-300.0 sec 71.4 MBytes 2.00 Mbits/sec 0.796 ms 85/51021 (0.17%)
3] Server Report:
3] 0.0-300.0 sec 71.4 MBytes 2.00 Mbits/sec 7.050 ms 81/51022 (0.16%)
root@localhost ~]#

```

Рисунок 22 – Тестирование основного канала утилитой IPerf

Из рисунка 22 следует, что ширина тестируемого канала составила необходимые 2 Мбит\с, потери от сервера до клиента составили 0.16%, джиттер составил 7,050 мс.

По данным значениям следует вывод, что канал «хороший», соответствует необходимым требованиям.

На проводном канале связи нет возможности посмотреть и получить какую-либо иную информацию, кроме уже известных нам графиков потерь, задержек, трафика (см. рисунки 23 – 26).

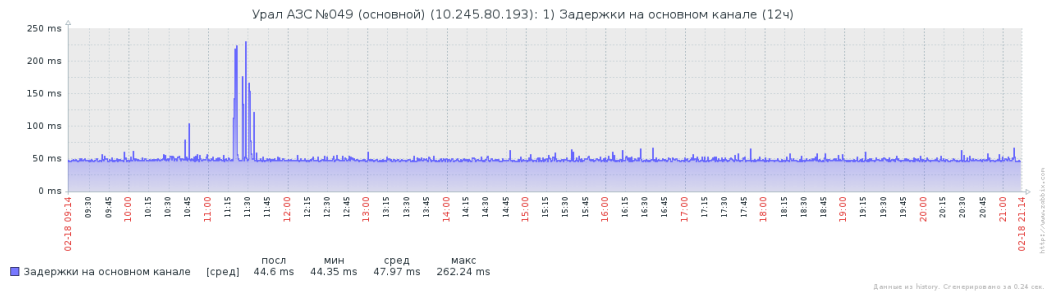


Рисунок 23 – Задержки на основном канале за 12ч

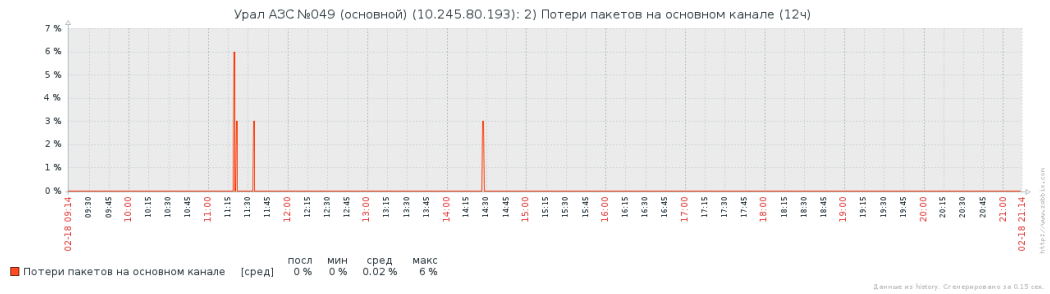


Рисунок 24 – Потери на основном канале за 12ч

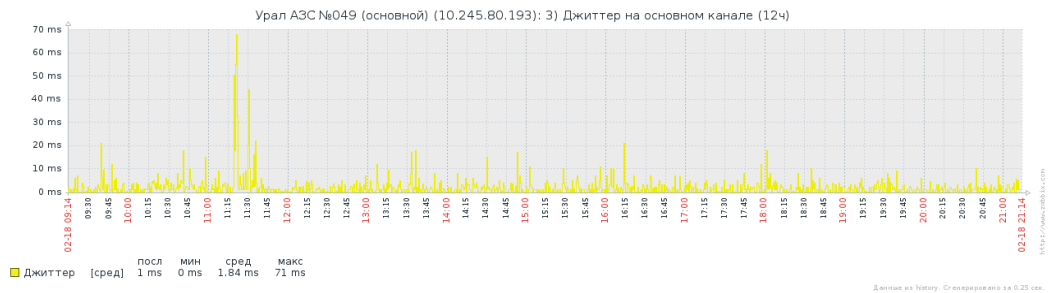


Рисунок 25 – Джиттер на основном канале за 12ч

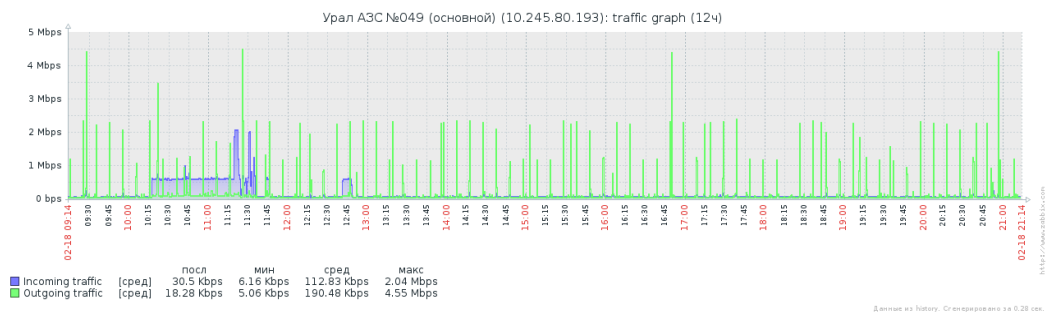


Рисунок 26 – График загрузки основного канала за 12ч

Радиоканал

Резервный канал связи предоставляется компанией «Смарт Инжиниринг».

Рассмотрим статистику канала за 12ч (см. рисунки 27 – 32).

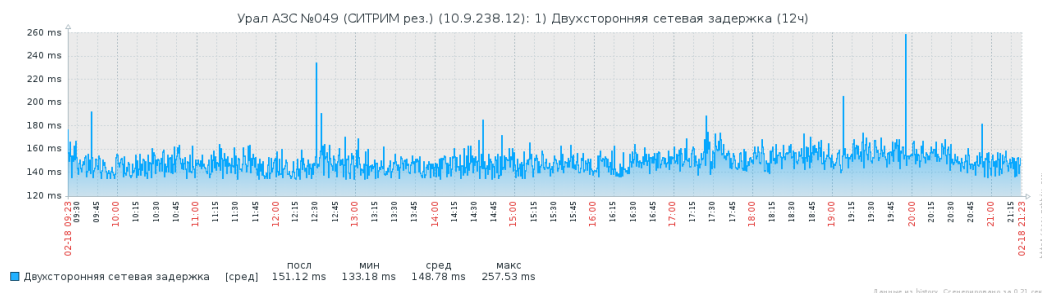


Рисунок 27 – Задержки на резервном канале за 12ч

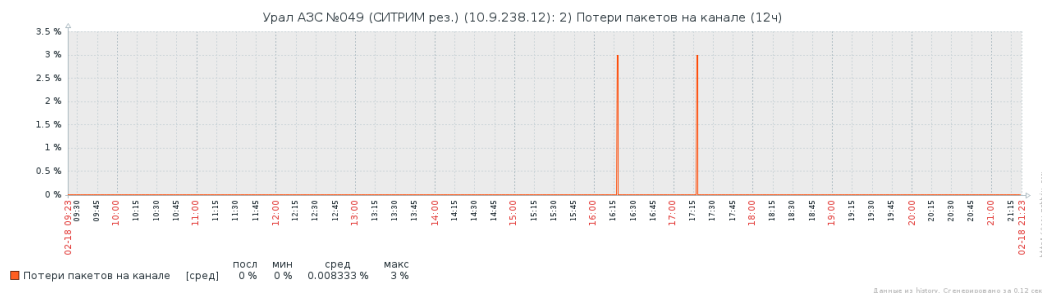


Рисунок 28 – Потери на резервном канале за 12ч

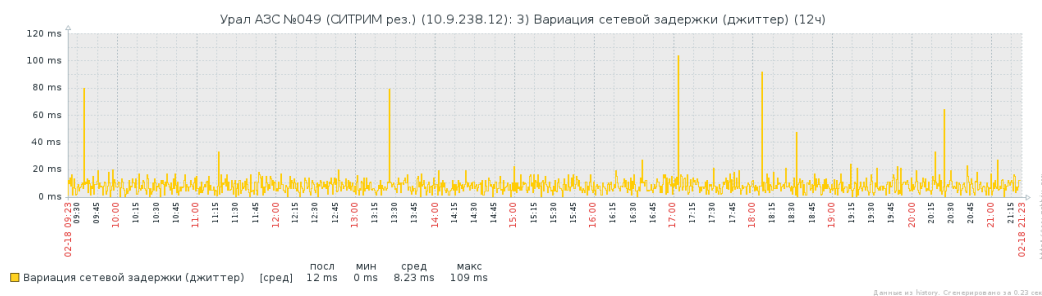


Рисунок 29 – Джиттер на резервном канале за 12ч

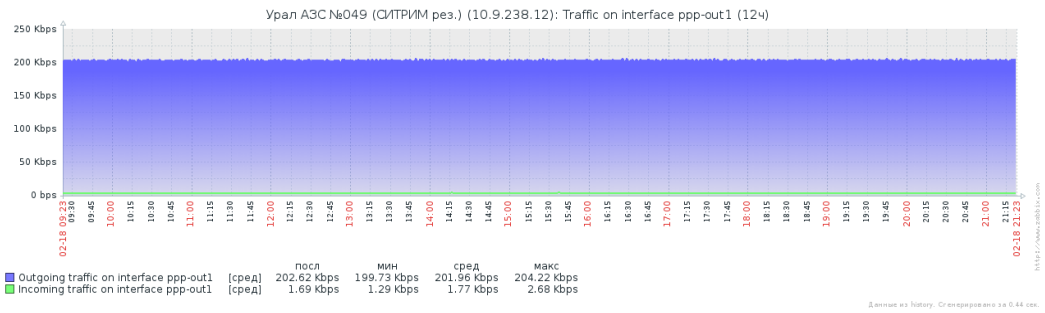


Рисунок 30 - График загрузки резервного канала за 12ч

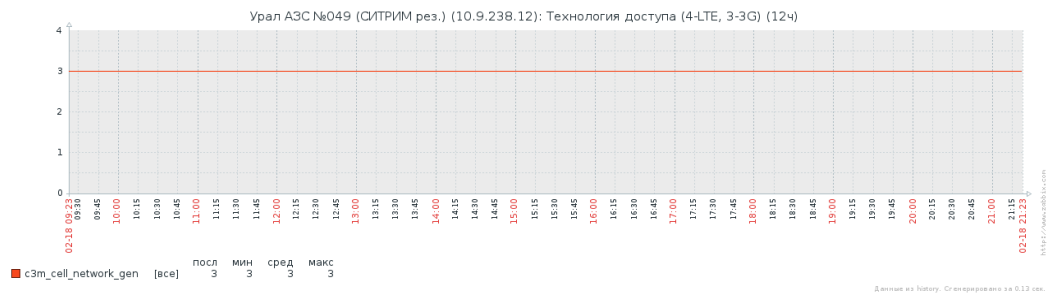


Рисунок 31 – Технология доступа

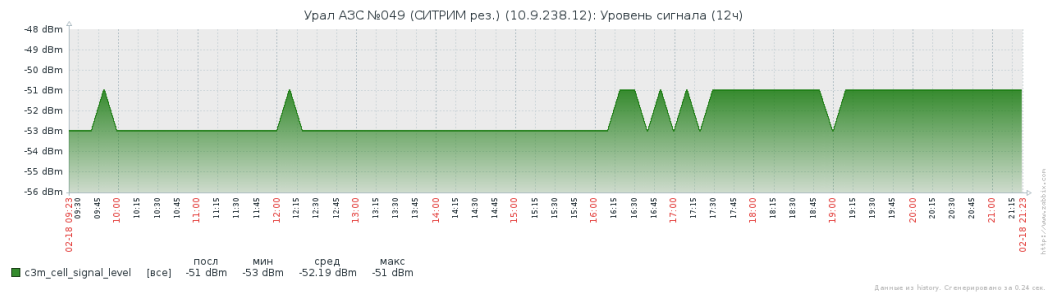


Рисунок 32 – Уровень сигнала

Территориальный анализ

Как сообщалось ранее, объект располагается по адресу Свердловская обл., г. Красноуфимск, ул. Рогозинниковых, 87 (см. рисунок 33).

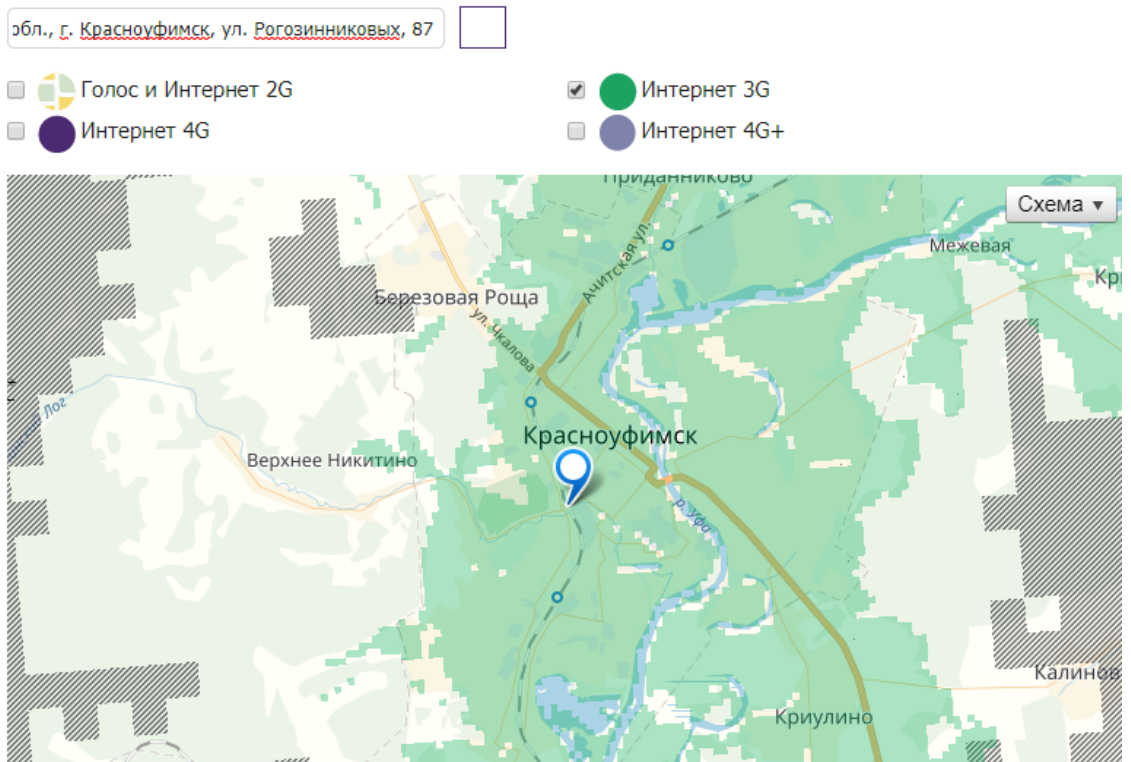


Рисунок 34 – Карта покрытия «МГФ» стандарта 3G

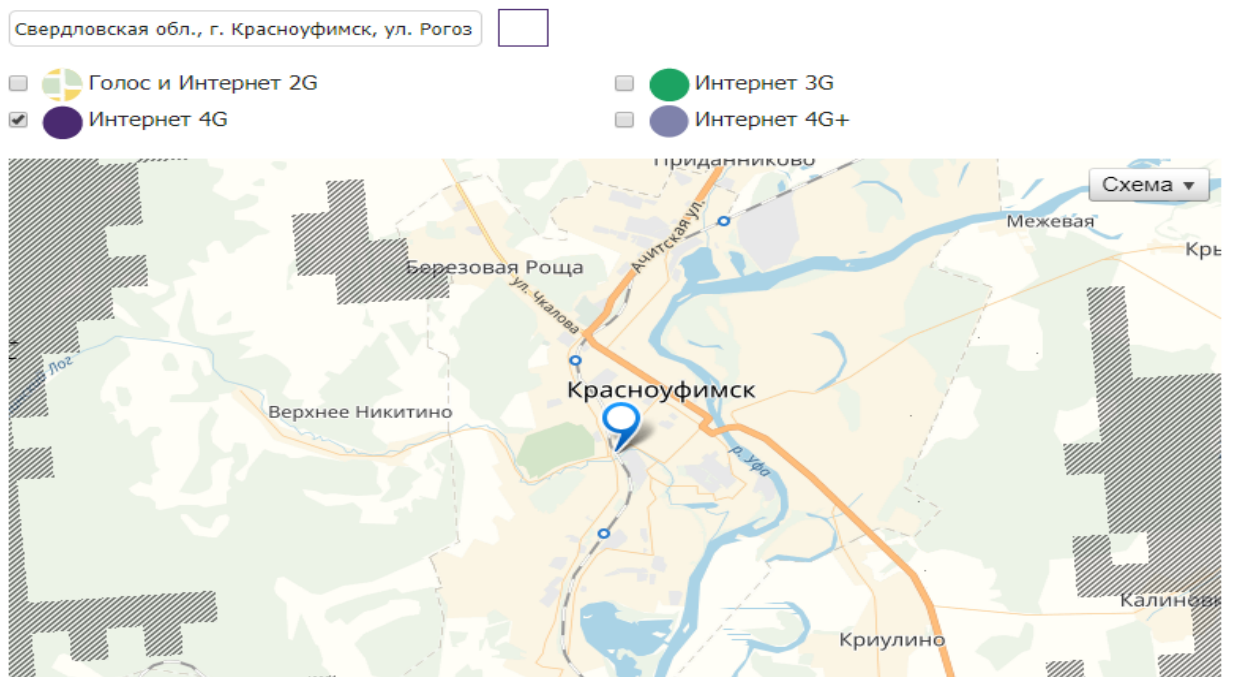


Рисунок 35 – Карта покрытия «МГФ» стандарта 4G

Частотный анализ

Представляется возможным посмотреть спектр WiFi сигнала, снятый с беспроводного интерфейса mikrotik (wlan 1), но так как компания не предоставляет такую услугу, как Wi-Fi, соответственно спектр 3G/LTE сигнала на антенне посмотреть невозможно.

Следовательно, частотный анализ можно провести с помощью Logов, генерируемых ситримом, полученных от модема. По логам можно посмотреть уровень сигнала и стандарт связи.

Логи ситрима за 1 день.

2018-02-18T21:17:20: Megafon, 3G, -51 dBm, 8b920cf, 10.159.233.4/32, normal (usb1) (full/ready), 10.6.16.216/32, 10.5.16.216/32
2018-02-18T21:13:20: Megafon, 3G, -51 dBm, 8b920cf, 10.159.233.4/32, normal (usb1) (full/ready), 10.6.16.216/32, 10.5.16.216/32
2018-02-18T21:09:20: Megafon, 3G, -51 dBm, 8b920cf, 10.159.233.4/32, normal (usb1) (full/ready), 10.6.16.216/32, 10.5.16.216/32
2018-02-18T21:05:20: Megafon, 3G, -51 dBm, 8b920cf, 10.159.233.4/32, normal (usb1) (full/ready), 10.6.16.216/32, 10.5.16.216/32
2018-02-18T21:01:20: Megafon S, 3G, -51 dBm, 8b920cf, 10.159.233.4/32, normal (usb1) (full/ready), 10.6.16.216/32, 10.5.16.216/32
2018-02-18T20:57:20: Megafon, 3G, -51 dBm, 8b920cf, 10.159.233.4/32, normal (usb1) (full/ready), 10.6.16.216/32, 10.5.16.216/32
2018-02-18T20:53:20: Megafon, 3G, -51 dBm, 8b920cf, 10.159.233.4/32, normal (usb1) (full/ready), 10.6.16.216/32, 10.5.16.216/32
2018-02-18T20:49:20: Megafon, 3G, -51 dBm, 8b920cf, 10.159.233.4/32, normal (usb1) (full/ready), 10.6.16.216/32, 10.5.16.216/32
2018-02-18T20:45:20: Megafon, 3G, -51 dBm, 8b920cf, 10.159.233.4/32, normal (usb1) (full/ready), 10.6.16.216/32, 10.5.16.216/32
2018-02-18T20:41:20: Megafon, 3G, -51 dBm, 8b920cf, 10.159.233.4/32, normal (usb1) (full/ready), 10.6.16.216/32, 10.5.16.216/32
2018-02-18T20:37:20: Megafon, 3G, -51 dBm, 8b920cf, 10.159.233.4/32, normal (usb1) (full/ready), 10.6.16.216/32, 10.5.16.216/32
2018-02-18T20:33:20: Megafon, 3G, -51 dBm, 8b920cf, 10.159.233.4/32, normal (usb1) (full/ready), 10.6.16.216/32, 10.5.16.216/32
2018-02-18T20:29:20: Megafon, 3G, -51 dBm, 8b920cf, 10.159.233.4/32, normal (usb1) (full/ready), 10.6.16.216/32, 10.5.16.216/32
2018-02-18T20:25:20: Megafon, 3G, -51 dBm, 8b920cf, 10.159.233.4/32, normal (usb1) (full/ready), 10.6.16.216/32, 10.5.16.216/32
2018-02-18T20:21:20: Megafon, 3G, -51 dBm, 8b920cf, 10.159.233.4/32, normal (usb1) (full/ready), 10.6.16.216/32, 10.5.16.216/32
2018-02-18T20:17:20: Megafon, 3G, -51 dBm, 8b920cf, 10.159.233.4/32, normal (usb1) (full/ready), 10.6.16.216/32, 10.5.16.216/32
2018-02-18T20:13:20: Megafon 3G, -51 dBm, 8b920cf, 10.159.233.4/32, normal (usb1) (full/ready), 10.6.16.216/32, 10.5.16.216/32

Интересующая нас информация, это стандарт, в данном случае 3G, уровень сигнала, в данном случае диапазон уровня от 51 до 53 дБм.

Так же, для проведения частотного анализа необходимо обратиться к рисункам 31 и 32.

По графикам можно сделать вывод, что на протяжении 12 часов действительно использовала технологию доступа 3G, средний уровень сигнала составил 52 дБм.

Анализ трафика

На большинство объектов ГПН предоставляется трафик 2 Мбит/с, вне зависимости от подключаемого канала.

Как сообщалось ранее, для проверки пропускной способности проводного канала используется специальная утилита IPerf

Проверить же скорость канала, предоставляемого на базе платы MikroTik, возможно с помощью утилиты V-test (см. рисунки 36, 37).

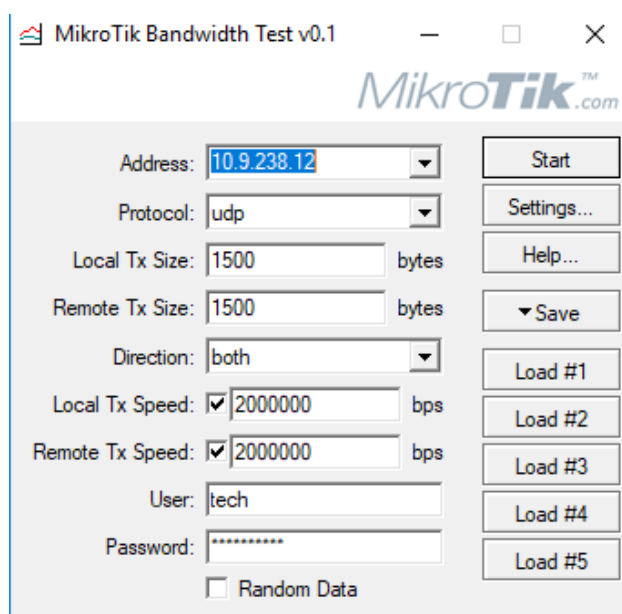


Рисунок 36 – Окно программы V-test

Проверка Vtest осуществляется со следующими параметрами:

- protocol: udp;

- local Tx Size, Remote Tx Size: 1400 для гарантированного прохода пакетов без фрагментации;
- direction: both;
- local Tx Speed, Remote Tx Speed в байтах согласно договору, в данном случае 2000000 Bt.



Рисунок 37 – Загрузка резервного канала в режиме реального времени

Из рисунка 26 и рисунка 30 можно сделать вывод, что трафик 12 часов проходил на основном канале, среднее значение входящего трафика составило 113,26 Кбит/с, исходящего же 189,44 Кбит/с.

Средняя входящая загрузка резервного канала составила 9,64 Кбит/с, исходящего 209,361 Кбит/с.

Нагрузка в 200 Кбит/с на резервном канале появляется в результате работы скрипта «Trafgen». На каналах, образованных с помощью sim-карт, появляются неоправданные потери и задержки, без трафика. Трафик в 200 Кбит/с исправляет данную ситуацию.

Анализ каналов на потери и задержки

Для проведения данного анализа обратимся к рисункам 24 – 27.

Среднее значение задержек на основном канале составило 47,93 мс, среднее значение потерь 0.02%.

Среднее значение потерь на резервном канале составило 148,67 мс, среднее значение потерь 0.008%.

Оба канала удовлетворяют требованию заказчика, так как по договору условия SLA следующие:

- потери на каналах должны составлять не более 3%,
- задержки на каналах должны составлять не более 150 ms,
- джиттер на каналах должен быть менее 100 ms.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современный мир невозможен без связи. Более того, на смену стационарным компьютерам пришли гаджеты, благодаря которым человек в XXI в. находится на связи 24 / 7. Это является социальным запросом на качественные услуги связи.

В задачи исследования не входило создание новых моделей каналов связи. Главной задачей данной работы является проведение анализа уже существующих каналов связи. Для этого мы обратились к данным работы с реальными объектами компании «Смарт Инжиниринг».

В рамках работы был проведен анализ более трехста каналов связи по следующим характеристикам:

- территориальный анализ обслуживаемых абонентов;
- частотный анализ;
- анализ трафика;
- наконец, анализ каналов на задержки и потери.

Проведенный анализ показал высокое качество услуг связи, предоставляемых компанией «Смарт Инжиниринг». Например, на объекте Урал АЗС №149 потери за 12 ч. составили 0.005 %, задержки – 49.82 мс., джиттер – 3.45 мс. Подробный отчет – в приложениях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) Аслезов, С.А. Дальние страны выходят на связь / С.А. Аслезов. - М.: ДОСААФ, 2008. - 750 с.
- 2) Вишневский В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / Вишневский В., Ляхов А., Портной С., Шахнович И. - М.: Эко-Трендз, 2005, 592 с
- 3) Гауэр, Дж. Оптические системы связи: моногр. / Дж. Гауэр. - М.: Радио и связь, 2009. - 504 с.
- 4) Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / Олифер В.Г., Олифер Н.А - Учебник для вузов. 3-е изд. СПб.: Питер, 2006, 958 с
- 5) Земский Невидимые связи. Золотые щупальца. Внезапная смерть игрока / Земский, Эдигей Крыстин - М.: Правда, 2016. - 480 с.
- 6) Гроднев, И.И. Инженерно-технический справочник по электросвязи: Кабельные и воздушные линии связи / И.И. Гроднев, А.Н. Гумеля, М.А. Климов, и др.. - М.: Связь; Издание 3-е, перераб. и доп., 2013. - 672 с.
- 7) Кловский, Д.Д. Модели непрерывных каналов связи на основе стохастических дифференциальных уравнений / Д.Д. Кловский, В.Я. Конторович, С.М. Широков. - М.: Радио и связь, 2014. - 248 с.
- 8) Ягьяева Л.Т., Перухин М.Ю., Обади Абдулфаттах. Высокоскоростные распределенные сети. «Вестник казанского технологического университета» №6, 2013. С.240-241.
- 9) Гроднев, И.И. Коаксиальные кабели связи / И.И. Гроднев, П.А. Фролов. - М.: Радио и связь; Издание 2-е, перераб. и доп., 2014. - 208 с.
- 10) Иванов, Ю.П. Исследование вопросов сопряжения цифровых систем передачи телефонных сигналов и сигналов звукового вещания на сети связи / Ю.П. Иванов. - Л.: ЛЭИС им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2011. - 312 с.

- 11) Гальярди, Р.М. Оптическая связь / Р.М. Гальярди, Ш. Карп. - М.: Связь, 2013. - 424 с.
- 12) Щерба В.К. Стандарты вычислительных сетей. / В.К.Щербо. – М.:Кудиц – Образ, 2000. – 272 с.
- 13) Козырев, Н.Д. Антенны космической связи / Н.Д. Козырев. - М.: Радио и связь, 2016. - 160 с.
- 14) Марков, В.В. Малоканальные радиорелейные линии связи / В.В. Марков. - М.: Советское радио, 2015. - 703 с.
- 15) Портнов, Э.Л. Оптические кабели связи: Конструкции и характеристики / Э.Л. Портнов. - М.: Горячая линия - Телеком, 2007. - 232 с.
- 16) Ягьяева Л.Т., Перухин М.Ю., Обади Абдулфаттах. Распределенная система управления. «Вестник казанского технологического университета» №9, 2013. С.291-293.
- 17) Сипсер, Р. Архитектура связи в распределенных системах / Р. Сипсер. - М.: Мир, 2014. - 744 с.
- 18) Соловьев, Н.Н. Измерительная техника в проводной связи / Н.Н. Соловьев. - М.: Связь; Издание 2-е, перераб. и доп., 2014. - 718 с.
- 19) Тюрин, В.Л. Дальняя связь / В.Л. Тюрин, В.Н. Листов, А.В. Высоцкий. - М.: Трансжелдориздат, 2010. - 411 с.
- 20) Тюрин, В.Л. Дальняя связь / В.Л. Тюрин, В.Н. Листов, А.В. Высоцкий. - М.: Трансжелдориздат, 2010. - 411 с.
- 21) Катанович, А. А. Корабельные оптические системы связи / А.А. Катанович, Ю.Л. Николашин. - М.: Судостроение, 2012. - 240 с.
- 22) Горлов, Н. И. Волоконно-оптические линии передачи. Методы и средства измерений параметров / Н.И. Горлов, И.В. Богачков. - М.: Радиотехника, 2009. - 192 с.
- 23) Семенов, А. Б. Волоконно-оптические подсистемы современных СКС / А.Б. Семенов. - М.: ДМК Пресс, Компания АйТи, 2014. - 632 с.
- 24) Фриман, Р. Волоконно-оптические системы связи / Р. Фриман. - М.: Техносфера, 2007. - 512 с.

- 25) Слепов, Н. Н. Волоконно-оптическая техника. Современное состояние и новые перспективы / Под редакцией С.А. Дмитриева, Н.Н. Слепов. - М.: Техносфера, 2010. - 608 с.
- 26) Мазель, С. И. Механизация строительства и ремонта кабельных линий связи / С.И. Мазель, Л.И. Устинов. - М.: Государственное издательство литературы по вопросам связи и радио, 1988. - 168 с.
- 27) Гиндилис, Л.М. Внеземные цивилизации. Проблемы межзвездной связи / Л.М. Гиндилис, С.А. Каплан, Н.С. Кардашев. - М.: Наука, 2008. - 439 с.
- 28) Солимено, С. Дифракция и волноводное распространение оптического излучения / С. Солимено, Б. Крозиньяни, Ди Порто П. – М.: Наука, 1989. - 261 с.
- 29) Родина, О. В. Волоконно-оптические линии связи. Практическое руководство / О.В. Родина. - М.: Горячая линия - Телеком, 2009. - 404 с.
- 30) Спицын В.С. Требования к содержанию, структуре и оформлению выпускной квалификационной работы магистра: методические указания / под ред. Ю.Т. Карманова. – Издательский центр ЮУрГУ, 2016. – 54 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Характеристики волоконно – оптических каналов связи

Характеристики волоконно – оптических каналов связи представлены в таблице А1.

Таблица А1

Название объекта	Адрес объекта	Среднее значение потерь, %	Среднее значение задержек, ms	Среднее значение входящего и исходящего трафика, кВ
Омск АЗС №078	г. Омск, ул. Черлакский тракт, д. 10	0,2	56,95	126,6 218,65
Челябинск АЗС №270	г. Челябинск, ул. Доватора, д. 1г/1	0	30,17	15,92 66,49
Челябинск АЗС №262	г. Челябинск, ул. Луценко, д. 1а	0	32,06	6,44 202,96
Челябинск АЗС №226	Челябинская обл., г. Челябинск, Троицкий тракт, 8 км (левая сторона)	0,01	30,01	47,01 114,98
Челябинск АЗС №260	Челябинская обл., г. Челябинск - ул. Курчатова, д. 2/1, пересечение с ул. Елькина	0,008	32,65	211,77 210,15
Челябинск АЗС №266	г. Челябинск, ул. Машиностроителей, д. 10/1	0,01	31,84	123,46 245,78
Челябинск АЗС №273	г. Челябинск, ул. Братьев Кашириных, д. 75/1	0,06	33,06	248,7 245,78
Челябинск АЗС №201	Челябинская обл., г. Челябинск, Курчатровский р-н, Свердловский тракт, 12В /Авторынок на ЧМЗ, поворот на ул.Радонежская/	0,06	35,77	95,76 135,15
Урал АЗС №042	Свердловская область, г. Артемовский, Разведчиков, 12	0,3	48,56	173,48 246,18
Урал АЗС №043	Свердловская обл., г.Реж, ул.Матросова, д.89	0,008	84,46	157,14 278,16
Урал АЗС №048	Свердловская обл., г. Асбест, ул.Труда, д.13	0,004	48,48	32,76 135,04
Урал АЗС №049	Свердловская обл, р.п. Белоярский, ул.Химиков, д.17	0,02	47,94	83,28 194,77
Новосибирск №208	Алтайский Край, г. Барнаул, ул.Попова, 206 а	0,08	48,71	27,99 2,18
Новосибирск №202	Алтайский Край, г. Барнаул, ул.Сельскохозяйственная, 1а	0,06	48,45	34,09 161,33
Новосибирск №204	НСО, г. Заринск, пр-т Строителей, 7	0,03	49,51	39,2 99,17
Новосибирск №017	г. Новосибирск, ул. Фрунзе, 122	0,05	69,02	35,7 157,74
Новосибирск №012	г. Новосибирск, ул.Станционная, 11	0	58,67	45,29 103,9
Северо-Запад АЗС №010	г.Спб, Московское ш., д.295, лит.А	0	14,29	56,17 285,09
Северо-Запад АЗС №012	г.Красное Село, Гатчинское ш., д.17	0,005	11,17	122,55 354,87
Северо-Запад АЗС №014	г.Парголово, ул.Ленинградская д.89, лит.А	0,003	15,41	126,01 424,14
Северо-Запад АЗС №015	г.Парголово, Осиновая Роща, Выборгское ш., д.503, корп./стр.5	0,05	13,4	30,29 166,14
Северо-Запад АЗС №021	г. Кронштадт, Кронштадтское ш., д.15, стр./корп.А	0	16,32	47,57 217,39
Северо-Запад АЗС №024	п. Усть-Славянка, Советский пр., д.55, корп./стр.1	0,005	58,64	67,01 258,51

Продолжение таблицы А1

Название объекта	Адрес объекта	Среднее значение потерь, %	Среднее значение задержек, ms	Среднее значение входящего и исходящего трафика, кВ
Северо-Запад АЗС №027	п.Тярлево, Фильтровское ш., д.1	0,047	27,11	179,92 277,13
Северо-Запад АЗС №028	г.Ломоносов, Краснофлотское ш., д.54	0,02	34,24	60,15 255,46
Северо-Запад АЗС №036	г. Пушкин, Красносельское шоссе, дом 64	0	12,58	49,48 10,82
Северо-Запад АЗС №043	г. Санкт-Петербург, проспект Энгельса, дом 173	0,01	13,11	74,87 372,87
Северо-Запад АЗС №048	Санкт-Петербург; Курортный р-н; п.Песочный; Белоостровское ш.; д.№13	0	14	65,35 457,98
Кузбасс АЗС №119	г. Томск, ул. Яковлева, д. 50	0,08	92,26	31,33 8,02
Кузбасс АЗС №110	г. Томск, пр-т Комсомольский, 18	0,07	88,46	100,47 28,84
Кузбасс АЗС №102	г. Томск, ул.79-й Гвардейской дивизии, 4	0	87,68	73,37 19,13
Кузбасс АЗС №095	г. Томск, ул.Куна (Иркутский тракт 167)	0,05	89,35	97,1 23,59
Ниж.Новгород АЗС №202	Нижегор. обл., г.Н.Новгород,пл.Комсомольская, 3а	0,11	27,12	23,16 75,05
Ниж.Новгород АЗС №204	Нижегор. обл., г.Н.Новгород,ул.Г.Попова,58в	0,08	17,94	28,19 84,06
Ниж.Новгород АЗС №207	Нижегор. обл., г.Н.Новгород,ул.Тимирязева,11а	0,06	10,28	47,42 292,75
Ниж.Новгород АЗС №209	г.Нижний Новгород, Московское шоссе, 248 а	0,01	29,55	163,64 122,28
Ниж.Новгород АЗС №214	Н. Новгород, ул.Ларина,2	0,008	12,9	22,61 69,06
Ниж.Новгород АЗС №217	Н. Новгород, ул. Светлоярская, д. 4а	0,03	15,59	25,81 53,07
Ниж.Новгород АЗС №220	Нижегородская область, г. Дзержинск, ул. Красноармейская, д. 5а	0,01	21,62	30,58 103,46
Ниж.Новгород АЗС №224	Н.Новгород, Московский район, Московское шоссе, д.235	0	13,18	36,58 274,05
Ниж.Новгород АЗС №234	Нижегородская область, г. Дзержинск, пр-т Ленина, д. 123а	0	16,17	28,4 79,13
Ниж.Новгород АЗС №236	г.Нижний Новгород, Сормовский район, улица Федосеенко	0,02	33,91	170,92 120,42
Ниж.Новгород АЗС №244	г. Н. Новгород, ул. Юбилейная, д. 3	0,13	16,64	18,39 44,19
Ниж.Новгород АЗС №245	Нижегородская обл., г. Бор, развязка Нижний Новгород - Бор - Киров	0,07	23,98	70,88 127,77
Омск АЗС №005	г.Омск, ул.Суворова, 109	0,09	61,86	97,24 208,86
Омск АЗС №054	г. Омск, пр. Космический, д. 109, корпус 2	0,02	40,94	87,84 358,78
Тюмень АЗС №304	г. Тюмень ул.Автомонтажная,15	0,004	50,8	23,63 82,63
Тюмень АЗС №333	Тюменская обл., г. Ялуторовск, ул. Кирова, д.7	0,04	50,43	63,38 75,51
Тюмень АЗС №334	Тюменская обл., г. Ялуторовск ул. Советская,1	0,03	83,28	543,9 83,03
Тюмень АЗС №310	г. Тюмень ул.Профсоюзная 1	0,02	51,55	104,5 174,11
Название объекта	Адрес объекта	Среднее значение потерь, %	Среднее значение задержек, ms	Среднее значение входящего и исходящего трафика, кВ
Омск АЗС №078	г. Омск, ул. Черлакский тракт, д. 10	0,2	56,95	126,6 218,65
Челябинск АЗС №270	г.Челябинск, ул. Доватора, д. 1г/1	0	30,17	15,92 66,49

Продолжение таблицы А1

Название объекта	Адрес объекта	Среднее значение потерь, %	Среднее значение задержек, ms	Среднее значение входящего и исходящего трафика, кВ
Челябинск АЗС №262	г.Челябинск, ул. Луценко, д. 1а	0	32,06	6,44 202,96
Челябинск АЗС №226	Челябинская обл., г. Челябинск, Троицкий тракт, 8 км (левая сторона)	0,01	30,01	47,01 114,98
Челябинск АЗС №260	Челябинская обл., г.Челябинск - ул. Курчатова, д. 2/1, пересечение с ул. Елькина	0,008	32,65	211,77 210,15
Челябинск АЗС №266	г. Челябинск, ул. Машиностроителей, д. 10/1	0,01	31,84	123,46 245,78
Челябинск АЗС №273	г.Челябинск, ул. Братьев Кашириных, д. 75/1	0,06	33,06	248,7 245,78
Челябинск АЗС №201	Челябинская обл., г. Челябинск, Курчатовский р-н, Свердловский тракт, 12В /Авторынок на ЧМЗ, поворот на ул.Радонежская/	0,06	35,77	95,76 135,15
Урал АЗС №042	Свердловская область, г. Артемовский, Разведчиков, 12	0,3	48,56	173,48 246,18
Урал АЗС №043	Свердловская обл., г.Реж, ул.Матросова, д.89	0,008	84,46	157,14 278,16
Урал АЗС №048	Свердловская обл., г. Асбест, ул.Труда, д.13	0,004	48,48	32,76 135,04
Урал АЗС №049	Свердловская обл, р.п. Белоярский, ул.Химиков, д.17	0,02	47,94	83,28 194,77
Новосибирск №208	Алтайский Край, г. Барнаул, ул.Попова, 206 а	0,08	48,71	27,99 2,18
Новосибирск №202	Алтайский Край, г. Барнаул, ул.Сельскохозяйственная, 1а	0,06	48,45	34,09 161,33
Новосибирск №204	НСО, г. Заринск, пр-т Строителей, 7	0,03	49,51	39,2 99,17
Новосибирск №017	г. Новосибирск, ул. Фрунзе,122	0,05	69,02	35,7 157,74
Новосибирск №012	г. Новосибирск, ул.Станционная,11	0	58,67	45,29 103,9
Северо-Запад АЗС №010	г.Спб, Московское ш., д.295, лит.А	0	14,29	56,17 285,09
Северо-Запад АЗС №012	г.Красное Село, Гатчинское ш., д.17	0,005	11,17	122,55 354,87
Северо-Запад АЗС №014	г.Парголово, ул.Ленинградская д.89, лит.А	0,003	15,41	126,01 424,14
Северо-Запад АЗС №015	г.Парголово, Осиновая Роща, Выборгское ш., д.503, корп./стр.5	0,05	13,4	30,29 166,14
Северо-Запад АЗС №021	г. Кронштадт, Кронштадтское ш., д.15, стр./корп.А	0	16,32	47,57 217,39
Северо-Запад АЗС №024	п. Усть-Славянка, Советский пр., д.55, корп./стр.1	0,005	58,64	67,01 258,51
Северо-Запад АЗС №027	п.Тярлево, Фильтровское ш., д.1	0,047	27,11	179,92 277,13
Северо-Запад АЗС №028	г.Ломоносов, Краснофлотское ш., д.54	0,02	34,24	60,15 255,46
Северо-Запад АЗС №036	г. Пушкин, Красносельское шоссе, дом 64	0	12,58	49,48 10,82
Северо-Запад АЗС №043	г. Санкт-Петербург, проспект Энгельса, дом 173	0,01	13,11	74,87 372,87
Северо-Запад АЗС №048	Санкт-Петербург; Курортный р-н; п.Песочный; Белоостровское ш.; д.№13	0	14	65,35 457,98
Кузбасс АЗС №119	г. Томск, ул. Яковлева, д. 50	0,08	92,26	31,33 8,02
Кузбасс АЗС №110	г. Томск, пр-т Комсомольский, 18	0,07	88,46	100,47 28,84
Кузбасс АЗС №102	г. Томск, ул.79-й Гвардейской дивизии, 4	0	87,68	73,37 19,13

Продолжение таблицы А1

Название объекта	Адрес объекта	Среднее значение потерь, %	Среднее значение задержек, ms	Среднее значение входящего и исходящего трафика, кВ
Кузбасс АЗС №095	г. Томск, ул.Куна (Иркутский тракт 167)	0,05	89,35	97,1 23,59
Ниж.Новгород АЗС №202	Нижегор. обл., г.Н.Новгород,пл.Комсомольская, 3а	0,11	27,12	23,16 75,05
Ниж.Новгород АЗС №204	Нижегор. обл., г.Н.Новгород,ул.Г.Попова,58в	0,08	17,94	28,19 84,06
Ниж.Новгород АЗС №207	Нижегор. обл., г.Н.Новгород,ул.Тимирязева,11а	0,06	10,28	47,42 292,75
Ниж.Новгород АЗС №209	г.Нижний Новгород, Московское шоссе, 248 а	0,01	29,55	163,64 122,28
Ниж.Новгород АЗС №214	Н. Новгород, ул.Ларина,2	0,008	12,9	22,61 69,06
Ниж.Новгород АЗС №217	Н. Новгород, ул. Светлоярская, д. 4а	0,03	15,59	25,81 53,07
Ниж.Новгород АЗС №220	Нижегородская область, г. Дзержинск, ул. Красноармейская, д. 5а	0,01	21,62	30,58 103,46
Ниж.Новгород АЗС №224	Н.Новгород, Московский район, Московское шоссе, д.235	0	13,18	36,58 274,05
Ниж.Новгород АЗС №234	Нижегородская область, г. Дзержинск, пр-т Ленина, д. 123а	0	16,17	28,4 79,13
Ниж.Новгород АЗС №236	г.Нижний Новгород, Сормовский район, улица Федосеенко	0,02	33,91	170,92 120,42
Ниж.Новгород АЗС №244	г. Н. Новгород, ул. Юбилейная, д. 3	0,13	16,64	18,39 44,19
Ниж.Новгород АЗС №245	Нижегородская обл., г. Бор, развязка Нижний Новгород - Бор - Киров	0,07	23,98	70,88 127,77
Омск АЗС №005	г.Омск, ул.Суворова, 109	0,09	61,86	97,24 208,86
Омск АЗС №054	г. Омск, пр. Космический, д. 109, корпус 2	0,02	40,94	87,84 358,78
Тюмень АЗС №304	г. Тюмень ул.Авторемонтная,15	0,004	50,8	23,63 82,63
Тюмень АЗС №333	Тюменская обл., г. Ялуторовск, ул. Кирова, д.7	0,04	50,43	63,38 75,51
Тюмень АЗС №334	Тюменская обл., г. Ялуторовск ул. Советская,1	0,03	83,28	543,9 83,03
Тюмень АЗС №310	г. Тюмень ул.Профсоюзная 1	0,02	51,55	104,5 174,11

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Характеристики каналов связи ситрим

Характеристики каналов связи ситрим представлены в таблице Б1.

Таблица Б1

Название объекта	Адрес объекта	Стандарт связи	Средний уровень сигнала	Среднее значение потерь, %	Среднее значение задержек, мс	Среднее значение входящего и исходящего трафика, кВ
Юг АЗС №014 (основной)	г.Краснодар, ул.Селезнева д.197/2	4G	58	0,32	58,62	2,03 202,19
Юг АЗС №048 (основной)	Республика Адыгея, Теучежский район, а/м «Дон» км. 1352+800 м (на выезде из г. Адыгейска).	4G	51	0,07	91,96	2,03 202,19
Юг АЗС №006 (СИТРИМ осн.)	Краснодарский край, г. Горячий ключ., трасса М4 (а/д Краснодар-Джубга, слева), 68 км	4G	87	3,45	108,15	294,35 366,78
Юг АЗС №007 (СИТРИМ осн.)	Краснодарский край, Красноармейский р-н, станция Ивановская ул. Рыночная д.1а	3G	89	0,06	64,86,7	272,21 9,66
Юг АЗС №008 (СИТРИМ осн.)	Краснодарский край, г. Горячий Ключ Кучерявого д.64	4G	82	0,03	92,58	189,93 285,69
Юг АЗС №054 (основной)	г.Сочи, Хостинский район, Курортный проспект, а/д М27, 101г	4G	78	0,04	57,15	2 202,17
Юг АЗС №017 (основной)	Краснодарский край, Приморско-Ахтарский район, станция Ольгинская, ул. Кирова	4G	98	2,42	132,29	198,36 268,51
Юг АЗС №040 (основной)	г.Краснодар, ул. Ялтинская д.30	4G	62	0,33	87,14	196,8 201,87
Юг АЗС №022 (основной)	Краснодарский край, Тихорецкий р-н, а/я Павловская-Махачкала, 26 км	4G	76	0,22	110,74	206,24 255,1
Юг АЗС №036 (основной)	Тахтамукайский район, Южный обход, а/д Краснодар-Новороссийск, км 12+900м слева	4G	57	0,54	187,73	6,44 202,96
Иваново АЗС №107 (основной)	Ивановская обл, Иваново г, Фрунзе ул	4G	51	0,005	63,55	170,36 280,69
Иваново АЗС №100 (основной)	Владимирская область, р-н Собинский, МО Колокшанское (сельское поселение), на 170км +200м слева а/д Москва-Нижний-Новгород, юго-западнее д.Рукав	3G	53	0,08	66,93	175,56 263,02
Иваново АЗС №112 (основной)	Ивановская обл, Лежневский р-н, Великодворское д, д.28	4G	87	1,42	65,76	114,14 308,14

Продолжение таблицы Б1

Название объекта	Адрес объекта	Стандарт связи	Средний уровень сигнала	Среднее значение потерь, %	Среднее значение задержек, мс	Среднее значение входящего и исходящего трафика, кВ
Иваново АЗС №102 (основной)	г.Иваново, проспект Текстильщиков, д. 127	4G	56	1,64	136,47	137,59 334,03
Иваново АЗС №104 (основной)	г.Иваново, ул. Павла Большевикова, д.27А	4G	71	0,09	139,32	189,06 696,09
Иваново АЗС №106 (основной)	Ивановская обл. д.Крутово, М-7	4G	64	0,009	63,61	146,64 283,28
Иваново АЗС №111 (основной)	Ивановская обл. Тейковский район, д. Большое Клочково	3G	52	0,15	443,66	133,49 292,29
Иваново АЗС №113 (основной)	Ивановская обл. с.Писцово, Р-79 "Иваново-Ярославль", 38 км (справа)	4G	79	0,13	137,2	79,74 287,07
Иваново АЗС №118 (основной)	Ивановская обл, Шуйский р-н, Шуя г, Железнодорожная пл, д.1	4G	61	0,14	140,96	53,09 218
Иваново АЗС №122 (основной)	Ивановская обл, Иваново г, Куконковухул	4G	86	0,21	137,84	93,06 336,04
Иваново АЗС №134 (основной)	Ивановская обл. с.Родники, а/д Иваново-Кинешма, 59 км, справа	4G	54	0,34	64,06	141,37 307,56
Иваново АЗС №143 (основной)	Ивановская обл, Фурмановский р-н, Фурманов г, Фурмановская Б. ул, д.152	4G	57	0,17	71,3	77,83 235,84
Челябинск АЗС №214 (основной)	Челябинская обл., Красноармейский р-н,Трасса, пересечение автодорог «Вахрушево-Долгодеревенское» / «Петровский-Сычево-Лазурный» (в 50 м от перекрестка)	3G	76	0,03	119,82	47,75 14,24
Челябинск АЗС №290 (основной)	Челябинская обл., Чебаркульский р-н, 1832 км + 500м а/д Москва-Челябинск, слева	3G	76	0	109,03	162,91 326,7
Челябинск АЗС №232 (основной)	Челябинская обл., Аргаяшский р-н, с.Аргаяш, 22 км а/д Долгодеревенское-Аргаяш	3G	54	0,5	147,47	44,48 215,15
Челябинск АЗС №234 (основной)	Трасса, автодорога «Челябинск-Екатеринбург», 41 км (правая сторона, дер. Султаево)	3G	89	0,45	159,84	135,13 97,97
Челябинск АЗС №277 (основной)	Челябинская обл., г.Усть-Катав, Трасса М5, (1621 км. Москва-Челябинск)	4G	72	0,13	119,94	107,3 290,77
Челябинск АЗС №236 (основной)	Трасса, автодорога «Челябинск-Екатеринбург», 15 км (пос. Ново-Казанцево)	4G	54	0,04	128,84	186,55 79,64

Продолжение таблицы Б1

Название объекта	Адрес объекта	Стандарт связи	Средний уровень сигнала	Среднее значение потерь, %	Среднее значение задержек, мс	Среднее значение входящего и исходящего трафика, кВ
Центр АЗС №004 (СИТРИМ осн.)	г.Москва, ул. Поляны, вл. 3-В	4G	79	0,23	58,81	162,72 326,83
Центр АЗС №005 (СИТРИМ осн.)	г.Москва, ул. Б.Юшуньская, вл.7	4G	69	0,72	125,09	153,09 218
Центр АЗС №143 (СИТРИМ осн.)	г.Москва, ул.Дорожная, вл.15А	4G	77	2,26	57,02	148,68 36,71
Центр АЗС №086 (СИТРИМ осн.)	МО,г.Щелково,Ногинский р-н, 47 км Горьковского шоссе	4G	79	0,74	91,16	80,6 23,71
Центр АЗС №186 (СИТРИМ осн.)	МО, г. Егорьевск, ул. Советская, д. 2-б	4G	51	1,24	61,06	77,83 235,84
Центр АЗС №187 (СИТРИМ осн.)	г. Чехов, поселок Уголек-Манушкино	4G	65	0,13	47,04	93,97 26,58
Центр АЗС №197 (СИТРИМ осн.)	МО, Чеховский р-н, 70 км МКАД-Серпухов	3G	91	1,2	89,91	223,78 59,39
Центр АЗС №198 (СИТРИМ осн.)	Россия, Московская область, Чехов, 70 км, М2 (70 км, справа)	4G	57	0,15	41,49	206,32 294,08
Центр АЗС №248 (СИТРИМ осн.)	Рязанская область, трасса М5, 212 км, справа Листвянка	3G	69	3,88	178,85	192,06 268,06
Центр АЗС №250 (СИТРИМ осн.)	МО, Волоколамский район, г/п Сычево, р-н деревни Шелудьково, 95 км. а/д М9 «Балтия» справа	3G	81	0,3	53,17	248,58 266,89
Центр АЗС №260 (СИТРИМ осн.)	Р.О., Шацкий район, п. Казачья слобода., а/д М-5 (левая сторона), 347	4G	67	0,28	76,81	158,05 249,666

Продолжение таблицы Б1

Название объекта	Адрес объекта	Стандарт связи	Средний уровень сигнала	Среднее значение потерь, %	Среднее значение задержек, мс	Среднее значение входящего и исходящего трафика, кВ
Центр АЗС №075 (СИТРИМ осн.)	Калуга, на автодороге «Объездная г.Калуги» район д.Лихун, д.б/н	4G	52	3,48	213,4	120,23 226,41
Тюмень АЗС №320 (СИТРИМ осн.)	Тюменская обл., Заводоуковский р-он 121 км а/д Тюмень-Ишим-Омск	3G	64	0,07	129,02	85,65 236,74
Тюмень АЗС №323 (СИТРИМ осн.)	Тюменская обл., Упоровский р-н, с. Упорово ул. Комсомольская,39	4G	69	0,03	107,35	223,78 259,39
Тюмень АЗС 328 (СИТРИМ осн.)	Тюменская обл., Абатский р-он, с.Абатское а/д Тюмень-Омск 354 км,540 м.,дом б/н,	3G	82	0,04	145,85	70,09 228,54
Тюмень АЗС 337 (СИТРИМ осн.)	Тюменская обл., Ялуторовский р-он по правой стороне на 57 км. а/д Тюмень-Ишим-Омск	3G	58	4,53	145,86	405,34 763,99
Тюмень АЗС 360 (СИТРИМ осн.)	Тюменская обл., Омутинский р-он, с. Омутинское 166,5 км. а/д Тюмень-Ишим-Омск (Омутинский с/с)	3G	74	0,18	130,56	83,9 224,81
Тюмень АЗС 379 (СИТРИМ осн.)	Тюменская обл., Гольшмановский р-он автодорога Тюмень - Омск 216 км.	3G	74	0,05	121,33	46,55 317,46
Тюмень АЗС 381 (СИТРИМ осн.)	Тюменская обл., Аромашевский р-он, с. Аромашево ул. Ленина №372 б, Аромашевская с/а	3G	59	0,04	119,48	71,3 228,05
Тюмень АЗС 390 (СИТРИМ осн.)	Тюменская обл., Ишимский р-он 1 км. Автодороги Ишим-аэропорт, строение 2	4G	76	0,92	153,96	83,46 27,88
Тюмень АЗС 417 (СИТРИМ осн.)	Тюменская обл., Абатский р-он, с. Абатское ул. Ленина 104	3G	51	0,05	157,89	129,27 251,23
Омск АЗС №076	Омская область, с. Ивановка, а/д М-51 "Байкал" Челябинск - Омск, 943 км (слева)	3G	53	0,09	104,24	140,98 255,67
Омск АЗС №003	г.Омск, ул.Бульварная, 4 кор. 2	4G	72	0,05	91,2	156,7 279,2

Продолжение таблицы Б1

Название объекта	Адрес объекта	Стандарт связи	Средний уровень сигнала	Среднее значение потерь, %	Среднее значение задержек, мс	Среднее значение входящего и исходящего трафика, кВ
Омск АЗС №019	г. Омск, ул. 1-я Красной звезды, д. 53	4G	82	0,13	115,43	194,12 285,48
Омск АЗС №021	Омская область, п.г.т. Большеречье, трасса Омск-Тара, 250 км (справа)	4G	72	0,11	160,59	176,99 257,15
Омск АЗС №024	Омская область, п.г.т. Русская поляна, ул. Ленина, 2б	3G	59	2,09	112,11	156,18 246,41
Омск АЗС №025	Омская обл., Калачинский р-н, г.Калачинск, подъезд к г. Калачинску	4G	61	0,06	83,3	115,65 246,19
Омск АЗС №027	Омская обл., Таврический р-н, р.п. Таврическое, ул. Магистральная, 1	4G	79	0,15	177,45	231,07 289,52
Омск АЗС №035	Омская область, п.г.т. Кормиловка, трасса Омск-Калачинск, 50 км	4G	54	0,04	87,52	57,73 266,11
Омск АЗС №056	Омская область, с. Малиновка, а/д IP-402 "Тюмень-Омск", 101 км (справа)	3G	51	0,004	107,22	122,69 270,27
Ярославль АЗС №006	Ярославская обл. д.Голузиново, М-8 "Холмогоры", 226 км (слева)	4G	69	0,008	53,12	292,55 303,85
Ярославль АЗС №008	Ярославская обл. г.Ростов, 3 МКР, д.5 (209 км трассы М-8)	4G	56	0,2	50,1	166,54 238,2
Ярославль АЗС №019	Владимировская область, Александровский район, МО Кранопламенское с/п, вблизи д. Мякишево (106 км Трассы М-8, слева)	3G	67	0,03	93,2	376,61 331,84
Ярославль АЗС №052	Ярославская обл., г. Тутаев, Промскладная зона, д. 8	4G	79	0,28	105,42	126,56 262,39

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Характеристики радиорелейны каналов связи

Характеристики радиорелейных каналов связи представлены в таблице

В1.

Таблица В1

Название объекта	Адрес объекта	Среднее значение потерь, %	Среднее значение задержек, мс	Среднее значение входящего и исходящего трафика, кВ
Урал АЗС №017	Свердловская обл., Челябинский тракт, пос. Кашино, Ленина, 2в	0	54,08	89,98 343,76
Урал АЗС №038	Свердловская обл., г. Алапаевск, ул. Токарей, 2а	0,0041	54,48	13,21 24,02
Урал АЗС №046	Свердловская обл., г. Реж, ул. П.Морозова, 59	0,03	94,51	123,57 211,46
Урал АЗС №080	Свердловская область, г. Невьянск, трасса Екатеринбург-Серов, 96 км левая сторона	0,04	49,26	74,13 294,69
Урал АЗС №090	Свердловская обл., г. Североуральск, ул. Рудничная, 6а	0,26	57,8	25,46 49,79
Урал АЗС №121	Свердловская область, г. Красноуфимск, Ачитская	0,37	62,82	60,63 228,81
Северо-Запад АЗС №046	г.Спб, ул.Карпатская дом 15	0	19,74	45,22 107,81
Тюмень АЗС №301	Тюменская область, Тюмень, 11 км. Ялугоровский тракт, 13	0,04	53,86	41,64 66,34
Тюмень АЗС №307	г. Тюмень 7 км. Салаирский тракт, 1	0,02	56,7	99,21 67,33
Тюмень АЗС №308	г. Тюмень 5 км. Червишевского тракта, 4	0,08	55,54	74,66 4,62
Тюмень АЗС №314	Тюменская обл., Тюменский р-он, а/д Тюмень-Ханты-Мансийск, 12 км, стр.20 прав	0,02	52,08	61,62 65,23
Тюмень АЗС №324	Тюменская обл., Тюменский р-он, а/д Тюмень-Ханты-Мансийск, 12 км, стр.10 прав	0	62,2	27,91 0
Тюмень АЗС №325	г. Тюмень ул. Щербакова, 221	0,1	52,15	42 53,75
Тюмень АЗС №356	г. Тюмень пр. Ленина, 48	0,17	49,83	38,21 47,45
Северо-Запад АЗС №069	Ленинградская область, г.п. им Свердлова - Всеволожск, 12км + 900 м	0	14,27	50,87 5,02
Северо-Запад АЗС №075	г. Санкт-Петербург, п. Шушары, Витебский проспект, дом 145, справа	0	15,26	47,49 254,33
Северо-Запад АЗС №076	г. Санкт-Петербург, п. Шушары, Витебский проспект, дом 138, слева	0,1	15,73	46,86 144,47
Северо-Запад АЗС №080	Ленинградская область/Гатчинский р-н, Новосветовское п., а/д М-20, 43 км., справа	0,04	24,49	93,13 176,65
Северо-Запад АЗС №101	Ленинградская область, Тосненский р-он, массив Ушаки, уч. Никитино 182/1-2	0,05	35,54	67,8 274,83
Новосибирск АЗС №002	г. Новосибирск, ул.Первомайская, 2/1	0	61,87	107,04 213,72
Новосибирск АЗС №090	Новосибирская обл., р.п. Керамкомбинат, а/д Новосибирск-Ташанта, 77 км	0,08	81,06	81,14 127,97

Продолжение таблицы В1

Название объекта	Адрес объекта	Среднее значение потерь, %	Среднее значение задержек, мс	Среднее значение входящего и исходящего трафика, кВ
Новосибирск АЗС №118	НСО, Искитимский район, р.п. Линево, 3-й микрорайон	0	69,74	46,51 86,4
Новосибирск АЗС №150	г. Новосибирск, Омский тракт, 8	0,19	67,23	39,26 105,22
Кузбасс АЗС №103	г. Томск, ул. Мостовая, 38-б	0	79,28	14,03 25,5
Омск АЗС №004	г. Омск, ул. 10 лет Октября, 223	0,15	59,55	51,66 61,7
Омск АЗС №009	г. Омск, ул. Ватутина, д. 20	0,17	50	33,7 64,02
Омск АЗС №014	г. Омск, ул. 22 Декабря, д. 90Б	0,03	56,06	47,2 29,6
Омск АЗС №017	г. Омск, ул. Химиков, д. 60, корпус 1	0,17	48,29	27,5 56,7
Омск АЗС №037	г. Омск, ул. 3-я Транспортная, 18	0,07	72,87	36,1 19,2
Омск АЗС №080	Омская обл., Омский р-н, 792 км автодороги М-51	0	63,88	78,5 48,97
Ниж.Новгород АЗС №208	г. Нижний Новгород, Приокский район, ул. Ларина, д. 32 (на въезде в город)	0,03	27,89	69,12 79,85
Ниж.Новгород АЗС №212	Нижегородская обл. г. Дзержинск, Московское шоссе, 384 км	0,01	51,52	37,86 79,24
Центр АЗС №038	г. Москва, МКАД, 19-й км, вл. 6	0	16,24	68,3 167,18
Центр АЗС №040	г. Москва, МКАД, 34-й км, Сев. Бутово, вл. 7, стр. 1	0,08	37,78	73,3 148,27
Центр АЗС №050	МО, 4 км а/д, Сев. Бутово вл 15	0	26,34	47,94 88,06
Центр АЗС №053	МО, г. Щелково, Фряновское ш., пос. РТС	0,09	49,21	41,37 107,24
Центр АЗС №061	МО, Клинский р-н, Лаврово, МБК Волоколамского-Ленинградского ш., 39,9 км	0	47,83	62,32 135,08
Центр АЗС №092	Моск. обл., Одинцовский р-н, МКАД, 64 км	0,05	58,15	40,31 158,69
Ярославль АЗС №012	Ярославская обл. Переславский район, М-8 ""Холмогоры"", 135 км	0,12	46,24	97,66 179,97
Ярославль АЗС №016	Ярославская обл. Окружная дорога г. Ярославль, Ивняковский с/о, трасса М-8, 266 км (слева)	0,09	57,37	106,12 223,09
Ярославль АЗС №023	Ярославская обл., г. Рыбинск Ярославский тракт, д.150	0,21	37,32	117,58 117,52
Ярославль АЗС №084	г. Ярославль ул. Добрынина	0,15	49,68	185,95 13,45
Иваново АЗС №101	г. Иваново, ул. 1-я Балинская, д. 48	0,05	42,21	45,49 101,44
Иваново АЗС №115	Ивановская обл, Иваново г, Минская ул	0,07	54,11	72,87 68,88
Иваново АЗС №133	Ивановская обл, Иваново г, Строителей пр-кт, д.23	0	48,64	47,31 158,87
Иваново АЗС №156	Ивановская обл, Шуйский р-н, Китово с, Западная ул, д.19	0,14	64,66	72,27 300,67
Юг АЗС №001	г. Краснодар, ул. Селезнева д.197/2	0,01	38,48	69,85 178,66
Юг АЗС №002	г. Краснодар, ул. Уральская д.194/1	0,48	86,29	91,25 70,53
Юг АЗС №004	г. Краснодар, ул. Им. Суворова, д.2/1	0,05	55,78	97,44 96,41
Юг АЗС №019	г. Краснодар, ул. Ялтинская д.30	0	63,69	67,74 91,68
Кузбасс АЗС №040	г. Тайга, ул. Кирова 85 (перед мостом через Ж/Д)	0,23	100,5	88 173,22
Кузбасс АЗС №215	г. Красноярск, ул. 2-ая Брянская 20	0,03	89,92	102,158 139,82
Кузбасс АЗС №025	Ижморский р-н, п. Ижморский, ул. Ленинская, 134	0,008	66,04	24,62 35,21

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Характеристики каналов связи, организованный посредством технологии WiMax

Характеристики каналов Wi-max представлены в таблице Г1.

Таблица Г1

Название объекта	Адрес объекта	Среднее значение потерь, %	Среднее значение задержек, ms	Среднее значение входящего и исходящего трафика, кВ
Юг АЗС №003	г. Краснодар, ул. 1-я Дорожная, д.33	0	43,53	115,55 192,19
Новосибирск АЗС №143	г. Новосибирск, ул. Жуковского, 95а	0,06	51,33	63,99 93,61
Новосибирск АЗС №091	г. Новосибирск, ул. Жуковского, 124	0,03	60,34	59,45 122,65
Новосибирск АЗС №020	г. Новосибирск, ул. Владимировская, 22а	0	79,48	65,78 153,47
Новосибирск АЗС №016	г. Новосибирск, ул. Немировича-Данченко, 118/2	0,07	85,65	87,81 97,28
Челябинск АЗС №239	Челябинская обл., Трасса, автодорога «ЧелябинскКременкуль», 2 км	0,05	34,75	50,27 80,2
Юг АЗС №046	Краснодар, Карасунский округ, х. Ленина	0	62,68	300,34 190,41
Юг АЗС №045	Республика Адыгея, Теучежский район, а/м «Дон» км. 134	0,1	58,73	536,58 934,58
Юг АЗС №010	г. Краснодар, Почтовое отделение	0,21	71,65	100,44 230,42
Юг АЗС №005	Краснодарский край, Динской район, ст. Новотитаровская	0	45,09	68,83 127,04
Тюмень АЗС №357	Тюменская обл., Тюменский р-он, Тобольского тракта, 14 км	0,004	57,41	54,18 97,56
Тюмень АЗС №355	г. Тюмень у. Барнаульская, 83	0,13	55,43	114,58 175,89
Тюмень АЗС №353	Тюменская обл., Тюменский р-он 26 км. Тобольского тракта	0	57,07	22,38 77,24
Тюмень АЗС №348	Тюменская обл., г. Тобольск 2 км.+530 м. Уватского тракта, правый поворот	0,14	72,35	17,9 59,35
Тюмень АЗС №335	Тюменская обл., г. Ялуторовск ул. Советская, 10	0,05	51,72	17,46 87,58
Урал АЗС №163	Свердловская область, п. Новоасбест, Тагильская, 1	0	55,09	29,58 148,62
Урал АЗС №134	Нижние Серьги, ул. Титова, 22	0,12	72,44	23,09 177,31
Урал АЗС №119	Свердловская обл., г. Новая Ляля, ул. Уральская, д.1	0,25	57,37	79,65 157,25
Урал АЗС №113	Свердловская обл., г. Туринск, ул. Некрасова, 1	0,19	53,53	53,95 158,16
Урал АЗС №107	Свердловская обл., г. Талица, ул. Луначарского, 6-а	0,29	156,2	145,44 157,18
Урал АЗС №104	Свердловская обл., р.п. Талица, п. Троицкий, Нефтебаза стр.1	0,4	89,7	57,84 125,72
Урал АЗС №084	Свердловская обл., г. Верхняя Салда, ул. Народная Стройка, 1	0,11	62,56	212,58 122,62
Урал АЗС №071	Свердловская обл., г. Красноуфимск, ул. Спартака, 11	0,47	59,92	36,37 199,8
Урал АЗС №064	Свердловская обл., г. Камышлов, ул. Энгельса, 29-а	0,33	55,15	10,62 47,44
Урал АЗС №061	Свердловская область, г. Красноуфимск, Интернациональная, 82	0,14	65,23	36,48 65,83