

# ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

Лозинская В.Н., к.т.н., доцент  
Молоковский И.А., к.т.н., доцент  
Воронцов В.Л., магистрант

*ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»*

## АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ И МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ СРЕД

### **Введение**

Развитие информационных технологий привело к появлению принципиально новых устройств, позволяющих получать разнообразный спектр инфокоммуникационных услуг независимо от среды передачи. Основной предпосылкой к этому послужило развитие мобильных технологий передачи данных: 4G (LTE, Long-Term Evolution) и 5G. Обе технологии направлены на передачу и голосового сигнала, и трафика данных в едином потоке, который в ранних технологиях мобильной связи разделен на два отдельных [1]. Это вызвало необходимость пересмотра существующих и формирования новых требований к параметрам качества обслуживания (QoS, Quality of Service). Поэтому задача анализа параметров качества обслуживания и методов их обеспечения для мобильных сред является актуальной.

### **Параметры качества обслуживания**

Параметры качества обслуживания характеризуют способность сети предоставлять необходимый уровень производительности, независимо от типа приложений. Обычно, оценка эффективности производительности сети производится по четырем основным показателям:

- доступной пропускной способности (B, bandwidth);
- уровню потерь пакетов (Pl, packet loss);
- задержки (D, delay);
- джиттеру задержки (J, jitter) [2].

Обеспечение требуемых значений основных показателей качества обслуживания путем увеличения используемых ресурсов сети приводит лишь к удорожанию стоимости предоставляемых инфокоммуникационных услуг. Это связано с особенностями формирования джиттера в сети.

Протокол транспортного уровня (TCP, Transmission Control Protocol) интерпретирует джиттер как перегрузку или как аппаратный отказ. При этом, встроенные функции управления на транспортном уровне модели взаимодействия открытых систем (OSI, Open System Interconnection) «замедляют» передачу трафика, хотя на самом деле пропускная способность и каналов связи и сетевого оборудования достаточная [3].

С другой стороны, характер современного трафика приложений остается непредсказуемым для сетевого оборудования, что вызывает его задержку уже на уровне пользовательского устройства. Например, может возникнуть конфликт нескольких виртуальных машин при доступе к одному и тому же физическому сетевому адаптеру. Стоит отметить, что наличие мобильной среды вносит свою долю в общую оценку джиттера.

### **Методы обеспечения качества обслуживания**

Таким образом, для уменьшения влияния джиттера на качество обслуживания пользовательского трафика, необходимо управлять им на различных этапах передачи. Методы управления трафиком являются составной частью мер по обеспечению качества обслуживания в любой сети передачи данных. К таким методам относятся:

- приоритизация;
- «сглаживание» трафика;
- управление очередями;
- маршрутизация.

Большинство перечисленных методов уже давно и успешно используются протоколом MPLS (Multiprotocol Label Switching).

Основной идеей является формирование потоков трафика со схожими показателями качества обслуживания, классов, и установление туннелей для передачи трафика одного класса. При этом происходит резервирование определенного объема сетевых ресурсов. Для проводных сетей данная задача выполнима, но для мобильных сред, где установление канала связи с определенными характеристиками является проблематичным, установление туннеля это становится весьма нетривиальной задачей.

Для решения задач подобного рода используются разработки в сфере программно-конфигурируемых сетей – программно-конфигурируемые мобильные сети (SD-WAN, Soft-Defined Wireless Area Network) [4]. Использование таких сетей позволяет отказаться от дорогостоящих MPLS-сетей при аналогичном уровне обслуживания пользователей. Это достигается путем развертывания SD-WAN в центрах обработки данных. При этом наложение туннелей создается поверх доступных транспортных связей. Таким образом, SD-WAN не зависит от технологии транспортной сети (MPLS, широкополосная или мобильная).

Основные методы обеспечения QoS для современных мобильных сред на основе SD-WAN следующие: приоритизация на основе приложений, динамический выбор маршрута, поддержание отказоустойчивости. Приоритизация на основе приложений позволяет потребителю самостоятельно определять значимость трафика того или иного приложения, что повышает

качество управления. Динамический выбор маршрута – возможность перенастраивать маршрут «из-конца-в-конец» в зависимости от измеряемых характеристик QoS. Поддерживание отказоустойчивости включает в себя возможность перенастраивания маршрутов, в случае отказа.

### **Выводы**

На основе изложенного, можно сделать следующие выводы.

Разнообразие мобильных устройств и приложений формирует трафик, параметры которого при передаче должны соответствовать требованиям к параметрам QoS соответствующих приложений.

Обеспечение требований к параметрам QoS для проводной среды упрощается, благодаря использованию MPLS, в которой есть «встроенные» методы управления трафиком.

Для мобильных сред целесообразно внедрять SD-WAN, позволяющую удешевить стоимость сетевых услуг, и использовать наиболее эффективный для конкретной сети метод управления трафиком.

### **Список используемых источников:**

1. Сукачев Э.А. Сотовые сети радиосвязи с подвижными объектами: учеб. пособ. /Сукачев Э.А. – [3-е изд., перераб. и дополн.]. – Одесса: ОНАС им. А.С. Попова, 2013. – 256 с.
2. Кучерявый Е.А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет / Е.А. Кучерявый. – СПб.: Наука и Техника, 2004. – 336 с.: ил.
3. Jacobson, V. Modified TCP Congestion Avoidance Algorithm [Электронный ресурс] / V. Jacobson // End 2 end-interest mailing list. – 1990. – Режим доступа: <ftp://ftp.ee.lbl.gov/email/vanj.90apr30.txt>. – Загл. с экрана.
4. Quality of Service (QoS). White Paper [Электронный ресурс] / Badu networks. – Электрон. дан. (1 файл: 2,3 Мб). – Систем. требования: Acrobat Reader.

**Лозинская В. Н., доцент, к.т.н.  
Голега Е. В., магистрант**

*ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»*

## **АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ РАДИОКАНАЛОВ LTE-СЕТЕЙ**

На сегодняшний день, в связи с постоянным развитием общества, необходимость в общении, передаче и хранении информации непрерывно возрастает. Клиентский спрос и технологические новинки – это основополагающие движущие силы развития телекоммуникаций. В свою очередь, развитие телекоммуникационных технологий тесно связано с возможностями каналов связи – от аналоговых к высокоскоростным цифровым волоконно-оптическим линиям связи – и компьютеризацией общества. Таким образом, можно выделить следующие этапы в развитии телекоммуникаций:

- телеграфные и телефонные сети (докомпьютерная эпоха);
- передача данных между отдельными абонентами по выделенным и коммутируемым каналам с использованием модемов;

- сети передачи данных с коммутацией пакетов: дейтаграммные или использующие виртуальные соединения (типа X.25);
- локальные вычислительные сети (Ethernet);
- цифровые сети интегрального обслуживания (ISDN) – узкополосные, а затем широкополосные;
- высокоскоростные локальные сети – Fast Ethernet;
- высокоскоростные распределенные сети – ATM;
- информационные супермагистраль.

В современном обществе прослеживается тенденция замены проводных элементов оборудования более новыми беспроводными. Это намного удобнее не только по причине мобильности аппаратов, но и с точки зрения удобства в использовании.

Беспроводные технологии – это подкласс информационных технологий, служащий для переноса информации от одного устройства к другому, которые находятся на определенном расстоянии, без участия проводного подключения. Для передачи информации может использоваться инфракрасное излучение, радиоволны, оптическое или лазерное излучение.

В зависимости от природы передающей среды различают четыре типа беспроводной передачи данных:

1) Радиоканалы сотовой связи. Передача данных осуществляется беспроводным путем от передатчика к приемнику. Передатчик формирует радиоимпульс определенной частоты и амплитуды, колебание излучается в пространство. Приемник фильтрует и обрабатывает сигнал, после этого происходит извлечение нужной информации. Радиоволны частично поглощаются атмосферой, поэтому такая связь может искажаться при повышенной влажности или дожде. Мобильная связь работает именно на основе радиоволновых стандартов, каналы беспроводной передачи данных отличаются скоростью передачи информации и диапазоном рабочих частот;

2) Спутниковые каналы. Этот способ передачи информации заключается в использовании спутника, на котором установлена антенна со специальным оборудованием. Сигнал поступает от абонента на ближайшую наземную станцию, затем осуществляется переадресация сигнала на спутник. Оттуда информация отправляется на приемник, другую наземную станцию. Спутниковая связь используется для обеспечения телевидения и радиовещания. Спутниковым телефоном можно воспользоваться в любой отдаленной от станций сотовой связи точке;

3) Инфракрасные каналы. Связь устанавливается между приемником и передатчиком, которые находятся на близком расстоянии друг от друга. Такой канал для беспроводной передачи данных работает посредством светодиодного излучения. Связь может быть двусторонней или широковещательной;

4) Лазерные каналы. Принцип действия такой же, как в предыдущем варианте, только вместо светодиодов используется лазерный луч. Объекты должны находиться в непосредственной близости друг от друга.

В настоящее время наиболее перспективным наряду с другими глобальными сетями является стандарт LTE (Long-Term Evolution). Широкополосный мобильный доступ дает наивысшую скорость беспроводной пакетной передачи данных. В отношении полосы рабочих частот все неоднозначно. Стандарт LTE очень гибкий, сети могут базироваться в частотном диапазоне от 1,4 до 20 МГц.

Дальность действия сетей зависит от высоты расположения базовой станции и может достигать 100 км. Возможность подключения к сетям предоставляется большому количеству гаджетов: смартфонам, планшетам, ноутбукам, игровым консолям и другим устройствам, которые поддерживают данный стандарт. В аппаратах должен быть встроен модуль LTE, который работает совместно с имеющимися стандартами GSM и 3G. В случае обрыва связи LTE девайс переключится на имеющийся доступ к сетям 3G или GSM без обрыва подключения. Технологии централизованного управления сетевыми подключениями, высокое качество мобильной связи и доступа в мобильный Интернет, широкое территориальное покрытие постепенно становятся привычными параметрами инфокоммуникационных услуг. Абоненты перестают относиться толерантно к необходимости ожидания: они требуют мгновенного доступа, который и удобен, и эффективен.

Вышеперечисленное является предпосылкой для развития поставщиков услуг связи. В настоящий момент активно ведутся работы по внедрению и запуску стандарта 5G – пятого поколения мобильной связи, действующего на основе стандартов телекоммуникаций, следующих за существующими стандартами 4G/IMT-Advanced. Данный стандарт имеет множество преимуществ, таких как высокая средняя скорость до 1 Гб/с, количество подключений – миллионы на квадратный километр, сокращение задержки до 1 мс, энергоэффективность в 100 раз выше, мобильность до 500 км/ч. Однако, наравне с этим, существует и ряд недостатков: рост цен на услуги связи и смартфоны, проблемы в сфере безопасности и конфиденциальности, увеличение количества сотовых антенн, неблагоприятные последствия для здоровья.

В связи с этим целесообразным является усовершенствование стандарта LTE, а именно обеспечиваемого им качества обслуживания (скорость передачи информации, полоса пропускания сигналов, вероятность ошибок и т. п.). Одним из методов для достижения данной цели является имитационное моделирование - метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью, описывающей реальную систему (построенная модель описывает процессы так, как они проходили бы в действительности), с которой проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе. Такую модель можно «проиграть» во времени, как для одного испытания, так и заданного их множества. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов. По этим данным можно получить достаточно устойчивую статистику.

Из всего вышеописанного можно сделать вывод, что для улучшения качества обслуживания LTE-сетей наиболее эффективным решением является анализ и исследование имитационных моделей радиоканалов.

#### **Список используемых источников:**

1. Тенденции и стратегии развития телекоммуникаций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.huawei.com/ru/industry-insights/outlook/perspectives/HW\\_147027](https://www.huawei.com/ru/industry-insights/outlook/perspectives/HW_147027) – Загл. с экрана.
2. История развития телекоммуникационных систем и компьютерных сетей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/2224640/> – Загл. с экрана.
3. Романчева, Н.И. Базовые Интернет-технологии [учебное пособие] / Н.И. Романчева. – М.: МГТУГА, 2008. – 96 с.
4. Tafazolli, R. Technologies for the Wireless Future. Vol.2. Wireless World Research Forum, 2006.
5. Имитационные модели [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://studme.org/190916/ekonomika/imitatsionnye\\_modeli](https://studme.org/190916/ekonomika/imitatsionnye_modeli) – Загл. с экрана.
6. Качество телекоммуникационных услуг. Состав и взаимосвязь показателей качества обслуживания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://siblec.ru/telekommunikatsii/osnovy-teorii-mobilnoj-i-besprovodnoj-svyazi/4-metodika-mnogokriterialnogo-proektirovaniya-besprovodnykh-setej-svyazi/4-3-kachestvo-telekommunikatsionnykh-uslug-sostav-i-vzaimosvyaz-pokazatelej-kachestva-obsluzhivaniya> – Загл. с экрана.
7. Diakoumis Gerakoulis, Evaggelos Geraniotis CDMA: Access and Switching: For Terrestrial and Satellite Networks (Hardcover) Diakoumis Gerakoulis, Evaggelos Geraniotis, 2001.

**Мальчева Р.В., к.т.н., доц., профессор  
Моногаров А.А., магистрант**

*ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»*

## **ТЕХНОЛОГИИ ПАССИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

В наше время набирает большие темпы роста технология пассивных оптических сетей (Passive Optical Network – PON) все более актуальны требования беспрепятственного получения максимальной пропускной способности при минимально возможных затратах.

Основная проблема, стоящая перед современными интернет операторами – так называемая проблема «последней мили», предоставление как можно большей полосы пропускания при минимальных затратах.

Надежность сети стала сегодня основным ориентиром для поставщиков услуг. Архитектура сетей оптического доступа имеет высокую надежность сети, что приводит к стабильной передаче данных в случае сбоев в оптических компонентах как в оборудовании, так и в среде передачи. Так как есть архитектуры, которые обеспечивают требуемую надежность, не жертвуя сетевой пропускной способностью. Это связано с тем, что коэффициент надежности напрямую зависит от масштаба развертываемой сети. Наиболее высокие

требования к отказоустойчивости сети предъявляют бизнес- пользователи, для которых потеря трафика даже на короткое время может повлечь значительный финансовый ущерб и повлиять на репутацию [1, 2].

На данный момент можно выделить следующие варианты реализации сетей доступа (рис. 1): беспроводные сети доступа; проводные сети доступа на основе низкочастотных кабелей с металлическими жилами или металлических проводов (xDSL); проводная сеть доступа на основе волоконно-оптических кабелей (ВОЛС); комбинированные (гибридные) варианты сетей.



Рисунок 1 – Варианты реализации сетей с точки зрения доступа

Недостатки xDSL технологии:

- низкая скорость передачи данных;
- малый диапазон покрытия сети;
- высокие требования к параметрам линии.

Отличительной особенностью технологии Passive optical network является то, что между центральным оборудованием на стороне оператора Optical line terminal (OLT) и устройством, устанавливаемым на стороне клиента Optical network terminal (ONT), полностью отсутствует активное оборудование. При необходимости ответвления или деления оптического канала, в ключевом узле устанавливается пассивный делитель (сплиттер), в результате чего построенная сеть не нуждается в электропитании и обслуживании.

PON строится по принципу «дерева», когда центральный оптический канал при помощи пассивного делителя разделяется на несколько (рис.2).

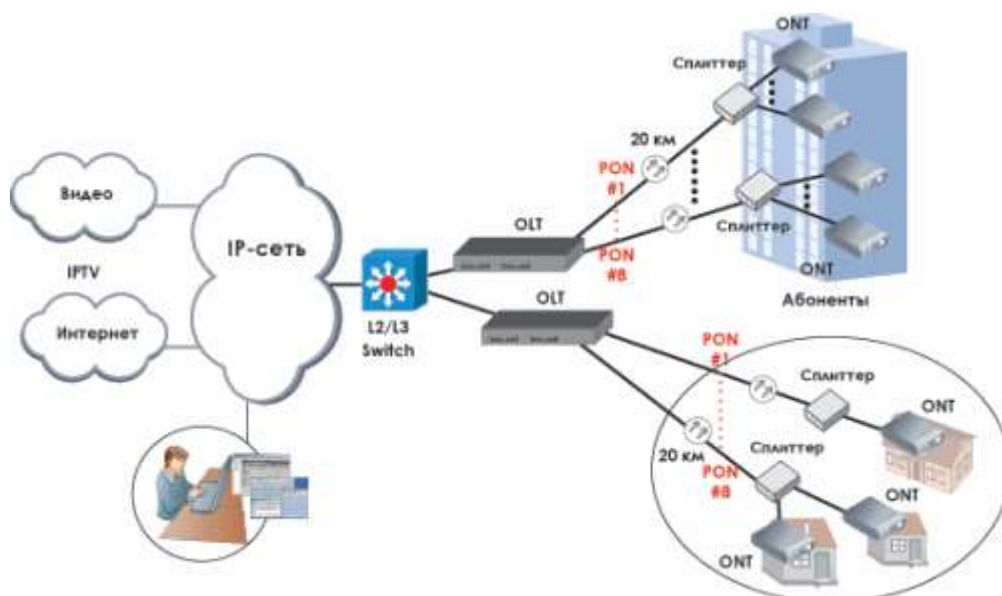


Рисунок 2 - Виртуальная закрытая сеть на основе ONT

В зависимости от выбранного делителя и нужд оператора, канал может делиться равномерно и не равномерно [3]. Очень важным моментом является выбор технологии PON, так как это влияет на выбор оборудования, количество подключаемых абонентов и протяженность сети может быть разной. Так при использовании технологии GPON на одно оптическое волокно можно подключить до 128 абонентский устройств со скоростью магистрального канала до 2,488 Гбит/с нисходящего потока, а протяжённость сети может составлять до 60 км. При использовании BPON или EPON протяженности сети составит лишь до 20 км, а количество абонентов не может превышать 32 при скорости нисходящего потока до 1,244 Гбит/с.

Это позволяет оператору более гибко подходить к выбору технологии и оборудования, в зависимости от требований и задач стоящим перед ним. Но учитывая темпы развития данной технологии, предпочитаем у операторов связи технология GPON. На рис. 3 представлены основные разновидности технологии PON [3, 4].



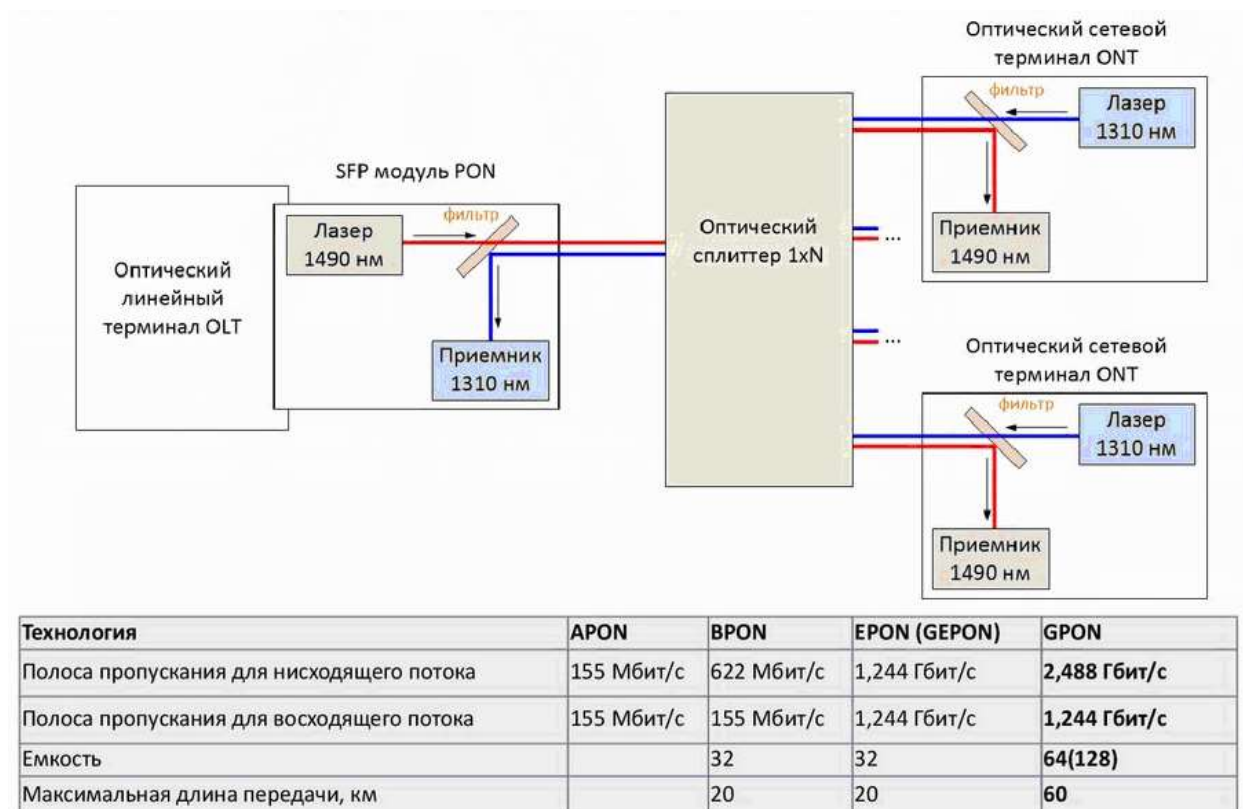


Рисунок 2 – Основные разновидности технологии PON

В связи с бурным развитием технологий, сейчас набирает стремительные темпы технология 10G-EPON (10 Gigabit Ethernet PON) — технология пассивных оптических сетей доступа (PON), является развитием GEAPON и полностью совместима с ним. Эта технология была стандартизирована как часть группы стандартов 10-гигабитного Ethernet [4].

В данной статье представлен сравнительный анализ технологии сетевого доступа и разновидностей технологии PON. Технология пассивных оптических сетей доступа позволяет вносить изменения в структуру работы сети без дополнительных затрат. Это позволяет сделать вывод, что данная технология имеет существенные перспективы дальнейшего развития.

#### Список используемых источников:

1. Олифер В. Компьютерные сети: принципы, технологии, протоколы / В. Олифер, Н. Олифер // Питер СПб, 2019. – 992 с.
2. Петренко И. И. Пассивна оптическая сеть PON. Часть 2. / И.И. Петренко, Р.Р. Убайдуллаев - Lightware Russian Edition, 2004. – 12 с.
3. Скларов О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи: учебное пособие / О.К. Скларов - СПб.: Лань, 2010. — 268 с.
4. Будущее за пассивными сетями [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://ic-line.ua/ua-pon/glavnaya-ua-pon>

## **ДОВЕДЕНИЕ ДО САМОУБИЙСТВА НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ ПОСРЕДСТВОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ «ГРУПП СМЕРТИ» В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ**

В последнее время, представители правоохранительных органов и детских правозащитных организаций отмечают, что одной из причин резкого увеличения случаев суицидального поведения несовершеннолетних наряду с психическими отклонениями и неблагоприятными социальными факторами являются злонамеренные действия третьих лиц. На этом фоне особую актуальность приобретает именно проблема доведения до самоубийства подростков посредством использования социальных сетей, а точнее с помощью создания в них так называемых «групп смерти», ставших печально известными за последние 4 года. [1, с 82]

Самые известные из них это «Синий кит», «Я в игре», «Разбуди меня в 4:20», «Фея огня», «Беги или умри», «Тихий дом». Такие группы строятся по типу пирамиды: есть администратор группы, который управляет множеством кураторов, непосредственно воздействующих на участников-подростков сообщества. [2, с 31]

Данные группы предлагают пользователям, разместившим на своей персональной странице в социальной сети «хештег» (своеобразную ссылку) определенного содержания, сыграть в игру. Согласившись, сообщество присылает вам посредством личной переписки так называемый «квест» (задание), который требует выполнить, после его выполнения присылается еще одно задание. Такие «квесты» присылают до тех пор, пока пользователю не придет последний из них с требованием о самоубийстве. Необходимо сказать, что сами задания являются заведомо опасными для их исполнителя, а иногда и для общества в целом, так как в них требуют, например, неожиданно перебежать дорогу перед автомобилем, и тому подобное.

Эти задания условно можно разделить на пять групп. Первая группа — самоповреждения (selfharm): «На руке лезвием вырезать f57», «Порезать вдоль вен руку (не глубоко). Вторая группа — продвижение символики игры: «Нарисовать кита на листочке», «Выцарапать f40», «Написать в статусе #я кит». Третья группа — нахождение на опасных объектах: «Встать в 4:20 и пойти на крышу», «Пойти на самую большую крышу и стоять на краю», «Залезть на мост», «Залезть на кран», «В 4:20 пойти на рельсы», «Сидеть вниз ногами на краю крыши». Четвертая группа — решение заданий с шифрами: «Задание с шифром, как квест», «Снова задания с шифром». Пятая группа — задания, целью которых является подтверждение личной преданности куратору и решимости совершить суицид: «Проверка на доверие» (сюда же, скорее всего, относится некое «Секретное задание»), «Тебе говорят дату смерти, и ты должен смириться»,

| «Дать клятву, что ты кит» [4, с. 108-109]. Группы заданий расположены в порядке возрастания психологического давления на несовершеннолетнего, чтобы в конечном итоге, куратору «группы смерти» было легче склонить его к совершению акта самоубийства.

Особое распространение получила игровая акция «Синий кит», содержащая 50 «игровых» заданий, через которые организаторы подавляли волю подростков и внушали им мысль о необходимости совершения самоубийства. Задания представляли опасность для жизни и здоровья: на руке лезвием вырезать «f57», проснуться в 4:20 и посмотреть «страшные видео» или залезть на крышу дома, порезать вдоль вен руку (неглубоко), порезать губу, проткнуть руку иголкой, сделать себе больно и т.п. Согласно заданиям, несовершеннолетний обязан был выходить в сеть не реже одного раза в 48 ч, чем достигался эффект систематического психологического воздействия на участника закрытых групп в социальных сетях. На заключительном этапе несовершеннолетние должны были выходить в скайп и получать дополнительные задания, требующие от них умственных перегрузок (именно ночью). Таким образом, несовершеннолетний сознательно ставился в стрессовую для него ситуацию [1, с 82].

Описанный принцип действия таких групп свидетельствует об умышленном преступном деянии их организаторов и всех, кто непосредственно принимал участие в доведении до самоубийства. Он выявил пробелы в уголовном законодательстве некоторых стран. В частности, прежняя редакция Уголовного кодекса Донецкой Народной Республики не предусматривала ответственности за новые формы вовлечения несовершеннолетних лиц, в поведение, опасное для их жизни и здоровья. Однако поправки, внесенные законом, принятым Постановлением Народного Совета Донецкой Народной Республики от 27 сентября 2019 года, устранил данные недостатки путем дополнения статьи 111 настоящего кодекса и дополнением самого Уголовного кодекса статьями 111<sup>1</sup>, статьями 111<sup>2</sup> и статьями 157<sup>1</sup> [2, с 1 - 6].

Такие действия законодателя могут свидетельствовать о нежелании государства мириться с таким сетевым явлением как «группы смерти». Однако активные действия по устранению данной проблемы в странах СНГ должны предпринимать также и руководство крупнейших сетевых ресурсов. В этом смысле, интересен опыт некоторых зарубежных стран.

Так, в августе 2017 г. Правительство Индии попросило технологические компании, в том числе Google, Facebook, Microsoft, Yahoo, удалять любые ссылки на игру «Синий кит», пропагандирующую суицид среди подростков, так как в этой стране появились сообщения о случаях самоубийств детей во время игры в «Синего кита», а уже в сентябре по этой причине некоторые индийские провайдеры заблокировали социальную сеть «ВКонтакте» [3, с. 119-120].

Однако блокировка социальных сетей является наименее эффективной мерой по противодействию таким группам, так как данная блокировка может быть отменена при помощи различных VPN сервисов. Данная мера может быть использована лишь в качестве предупредительного действия со стороны государства в адрес информационного ресурса. Также, необходимо отметить,

что помочь избежать пагубного влияния «группы смерти» на подростка могут в первую очередь его родные и близкие путем своего участия в жизни этого человека. Ведь именно им он более всего доверяет свою судьбу.

В заключении, необходимо сказать, что такое сетевое явление как «группы смерти» продемонстрировало нам, что социальные сети могут оказывать на общество как положительное, так и отрицательное влияние. Только четкое разграничение и уяснение данных сфер влияния может помочь избежать негативных последствий использования социальных сетей в совокупности с теми методами, которые были приведены в данной работе.

#### **Список используемых источников:**

1. Шарапов Р. Д., Дитрих М. П. Вопросы квалификации преступлений против жизни несовершеннолетних, совершаемых с использованием сети Интернет // Электронное приложение к «Российскому юридическому журналу», 2017. - № 6 (10). - С. 81–90 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/voprosy-kvalifikatsii-prestupleniy-protiv-zhizni-nesovershennoletnih-sovershennyh-s-ispolzovaniem-seti-internet> . (дата обращения 20.10.2019)
2. Галицына А. М., Рогов И. И. «Группы смерти» как средство манипулирования сознанием // Развитие общественных наук российскими студентами, 2017. - Т. 1, № 1. - С. 30 – 34 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/gruppy-smerti-kak-sredstvo-manipulirovaniya-soznaniem> (дата обращения 20.10.2019)
3. К вопросу о роли средств массовой информации в противодействии пропаганде суицида в социальных сетях / А.П. Суходолов, Т.Л. Музычук, Т.Г. Озерникова и др. // Евроазиатское сотрудничество: гуманитарные аспекты, г. Иркутск, 14 – 15 сент. 2017. - Москва, 2017. – С. 111 – 127.
4. Бычкова А. М., Раднаева Э. Л. Доведение до самоубийства посредством использования интернет-технологий: социально-психологические, криминологические и уголовно-правовые аспекты // Всероссийский криминологический журнал, 2018. - Т. 12. - № 1. - С. 101–115 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/dovedenie-do-samoubiystva-posredstvom-ispolzovaniya-internet-tehnologiy-sotsialno-psihologicheskie-kriminologicheskie-i-ugolovno> (дата обращения 20.10.2019)
5. Закон Донецкой Народной Республики «О внесении изменений в уголовный кодекс Донецкой Народной Республики и в статью 124 уголовно-процессуального кодекса Донецкой Народной Республики», принят Постановлением Народного Совета Донецкой Народной Республики от 27 сентября 2019 года // Сборник законодательных актов Донецкой Народной Республики, 2014. - № 2 (ч. 1 - 4). Ст. 1. - С. 1 – 6.

**Павловская К.А., ассистент**

*ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»*

#### **ТРЕБОВАНИЯ К СЕТЯМ 5G, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ.**

В связи с ростом требований потребителей к качеству мобильной связи, а также использование этих систем связи для решения более широких задач, таких как: интернет вещей (IoT), приложения машина-машина M2M, беспроводные широкополосные услуги, существующие стандарты мобильной связи не в

состоянии обеспечить необходимое качество и скорость передачи данных. Для решения этих задач консорциум 3GPP разрабатывает стандарты сети 5G, одновременно с этим различные производители занимаются разработкой аппаратной базы для этих сетей.

Технологии мобильной связи 5G должны значительно улучшить качество обслуживания (QoS) пользователей в условиях лавинообразно растущего объема передаваемых данных в мобильных сетях, а также увеличения количества беспроводных устройств и расширения спектра предоставляемых услуг. Это будет способствовать экономическому развитию за счет увеличения производительности, автоматизации и внедрения новых технологий в различных сферах экономики и деятельности человека [1].

Необходимо выделить следующие требования к 5G:

- максимальная скорость передачи данных — до 20 Гбит/с;
- сверхнизкая задержка передачи данных (latency) — менее 1 мс;
- мобильность абонента – до 500км/ч;
- поддержка большого количества абонентских устройств — до 1 млн. на 1 кв. км;
- распределение между разными услугами необходимого частотного ресурса;
- обеспечение надежной защиты передаваемых данных;
- низкое энергопотребление;
- бесперебойная работа.

На рис. 1 приведена дорожная карта стандартизации 5G.

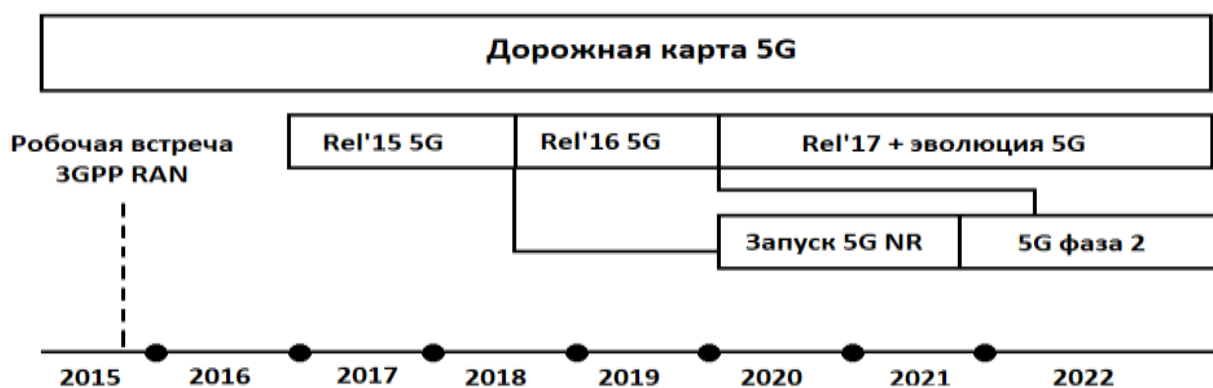


Рисунок 1 – Дорожная карта стандартизации 5G

14 июня 2018 г. на пленарной сессии консорциума 3GPP были утверждены спецификации 5G автономного выпуска (SA) версии 15. После выпуска спецификаций 5G NR для автономной работы (NSA) в декабре 2017 г. был успешно окончен еще один важный этап стандартизации 5G. Теперь вся отрасль делает последний шаг к коммерциализации 5G. Завершение спецификаций SA, которые дополняют спецификации NSA, не только дает 5G NR возможность независимого развертывания, но также обеспечивает совершенно новую сквозную сетевую архитектуру, делая 5G посредником в интеллектуальных информационных и коммуникационных технологиях. В ближайшем будущем будут задействованы новые бизнес-модели, и откроется новая эра, в которой все

взаимосвязано, как для мобильных операторов, так и для промышленных партнеров [1, 2].

Проанализировав принятые спецификации стандарта 5G можно выделить основные направления, которые будут формировать стратегию внедрения сетей пятого поколения мобильными операторами, и предоставлять ответы на вызовы, связанные с ростом трафика:

- использование широкого диапазона радиочастот: низкий (28, 37, 39 ГГц);
- новые технологии передачи радиосигналов на основе Massive MIMO, которые значительно повышают эффективность использования радиочастотного спектра, пропускную способность сети и скорость передачи данных, а также радиус эффективной передачи сигналов;

- разработка мобильных сетевых технологий, которые могут значительно оптимизировать капитальные инвестиции и стоимость владения сетью: многопрофильное телекоммуникационное оборудование, централизация сети радиодоступа, новое сетевое программное обеспечение, высокопроизводительные технологии радиопередачи для организации транспортной сети;

- эволюционное развитие 5G на основе стандартных сетей 4G / 5G.

Одной из ключевых проблем 5G является недостаток частотного спектра. Предполагается, что в будущих сетях ресурс расширится, будет задействован новый радиочастотный спектр, включая миллиметровые волны. Проблему покрытия и доступности сети предполагается решить путем ориентирования на абонентов, то есть радиопокрытия сети будет подстраиваться под потребности абонентов в отличие от предыдущих стандартов [2].

Использование низких и средних диапазонов радиочастот в частности (<1 ГГц и 1-3,6 ГГц) позволит телекоммуникационным операторам разрабатывать сети с необходимым охватом на основе уже построенной инфраструктуры существующих мобильных сетей (работать в частотном диапазоне <1 ГГц и 1 – 2,6 ГГц).

Проектирование сетей 5G будут логическим продолжением существующих технологий. Высокочастотные диапазоны (> 20 ГГц), скорее всего, будут использоваться специально для предоставления услуг ИКТ (информационно-коммуникационные технологии) для обеспечения очень высокой пропускной способности на ограниченных участках территории с высоким потреблением трафика, внутри зданий и на территории производственных объектов.

Технологии пятого поколения формируют основу более эффективного разворачивания сетей. Используя технологию Massive MIMO (активные антенны с формированием диаграммы направленности сигнала), имеет значительно больший радиус передачи сигнала. Благодаря более усовершенствованным методам модуляции сигнала, Massive MIMO, рефармингу частот 2G и использованию радиочастотных ресурсов, приобретенных операторами, пропускная способность сетей 4G может увеличиваться в 9-18 раз по сравнению с первоначально предусмотренной (2 600 МГц FDD, 2x10 QAM64 MIMO 2x2). Дополнительная реализация 5G с использованием радиочастотного диапазона

700 МГц (полоса 20 МГц) и 3,5 ГГц (полоса 60 МГц) позволяет увеличить емкость существующих сот оператора в 50-60 раз. Значительная часть технологий, в том числе активные антенны Massive MIMO, разделение uplink и downlink каналов (DUD14), новые радиорелейные технологии, отличается максимальным эффектом при их внедрении существующими операторами мобильной связи и повторном использовании уже созданной инфраструктуры сетей предыдущих поколений.

Следует заметить, что технологии стандарта четвертого поколения (eLTE15) существенно приближены к видению 5G, и часть функций и услуг пятого поколения реализуются в той или иной степени как часть развития стандарта 4G. Это дает основание сказать, что сети 4G будут сосуществовать с сетями пятого поколения в течение длительного времени и послужат основой для реализации 5G. Учитывая вышесказанное, есть основания полагать, что технологические инновации пятого поколения не только обеспечат базу для развития целого спектра цифровых информационно-коммуникационных услуг, но и создадут основу для эффективного развития сетей 5G при сопоставимых с предыдущими поколениями сроках и бюджетах, без существенных изменений модели владения инфраструктурой мобильной сети.

#### **Список используемых источников:**

1. Подготовка к внедрению 5G: возможности и проблемы [Электронный ресурс] — Режим доступа: [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-BB.5G\\_01-2018-PDF-R.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-BB.5G_01-2018-PDF-R.pdf)
2. Edward J. Oughton, Zoraida Frias. Exploring the cost, coverage and rollout implications of 5G in Britain [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.itrc.org.uk/wp-content/PDFs/Exploring-costs-of-5G.pdf>

**Косенко А.П., магистрант**

*ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»*

### **ПРИБЛИЖЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРНОЙ НАДЕЖНОСТИ В ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ**

Надежность – комплексное свойство объекта сохранять выполнение требуемых функций, которое включает в себя безотказность, ремонтоспособность и долговечность. Надежность в телекоммуникационных сетях означает бесперебойную работу систем связи, а так же их компонентов.

Существует функциональная (ФН) и структурная (СН) надежности мультисервисных сетей связи. Рассмотрим методы определения структурной надежности. Существует множество методов для ее определения. В данной работе рассматривается приближенный метод определения.

Для определения структурной надежности используются так называемые прогнозирующие подходы, т.е. берется определенное отношение количества команд одного типа  $i$  к усредненному числу команд типа  $M$ . Формула для вычисления безотказной работы сети выглядит следующим образом:

$$P_3 = P_K^{[t_3/t_K]}, \quad (1)$$

где  $P_K = \sum_{i=1}^M V_i P_i$  – вероятность выполнения средней команды;

$P_i$  – вероятность выполнения  $i$ -й команды;

$V_i$  – отношение количества команд одного типа  $i$  к усредненному числу команд типа  $M$ .

Вероятность поступления заявок в течение определенного времени рассчитывается по формуле:

$$P_{(i,t)} = \frac{(\mu t)^i}{i!} t^{-\mu t}.$$

Отсюда:

$$P_{BП} = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(\mu t)^i}{i} e^{-\mu t} * P_3^i = e^{-\mu t} * e^z,$$

где  $z = \mu t P_3$ .

В результате получаем:

$$P_{BП} = e - \mu t e^z = e - \mu(1 - P_3)t = \exp[-\mu(1 - P_3)t]. \quad (2)$$

Средняя работа до отказа зависит от вычислительного процесса и определяется выражением:

$$T_{BП} = \int_{t=0}^{\infty} P_{BП}(t) dt = \int_{t=0}^{\infty} \exp[-\mu t(1 - P_3)] dt = \frac{1}{\mu(1 - P_3)}. \quad (3)$$

Т.е. средняя наработка до функционального отказа обратно пропорциональна вероятности потоку заявок.

Вероятность безотказного выполнения задачи рассчитывается так же по формуле (2), но вместо интенсивности  $\mu$  подставляется интенсивность приема запросов  $\gamma$ , а вместо вероятности надежного выполнения задачи  $P_3$  подставляется вероятность  $P_c$  ошибки.

Аналогично производится замена в формуле (3) при вычислении среднего времени до функционального отказа.

Вышеописанный метод определяет структурную надежность мультисервисной сети связи. При функциональной надежности эффективность структурной избыточности проблематична. Это происходит из-за того, что ошибки, которые возникают в вычислительном процессе нельзя устранить переключением на резерв. В данном процессе ошибки устраняются с помощью избыточности. Временное резервирование может иметь ощутимый эффект в



повышении функциональной надежности, однако применение традиционных методов двойного-тройного подсчета применимо там, где нет слишком жестких временных ограничений для выполнения задач.

Этот метод применяется к крупным, разветвленным сетям, которые требуют высокой надежности и бесперебойной работы.

В данной статье представлен приближенный метод оценки надежности телекоммуникационной сети. Показаны математические модели, применяемые в нем, основанные на преобразовании Лапласа. Приведены формулы для расчета вероятности безотказной работы системы связи.

#### **Список используемых источников:**

1. Шувалов В. П., Егунов М. М., Минина Е. А. Обеспечение показателей надежности телекоммуникационных систем и сетей. – 2015. – 168 с.
2. Букринский С. А. Проблема обеспечения устойчивости, живучести и безопасности сетей связи. – 2006.
3. Киселев Л. К., Маркелов А. П., Воробьев Б. В. Концептуальные основы обеспечения устойчивости сетей связи. – 1994.

**Максимов М.А., магистрант**

*ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»*

## **ПРИМЕНЕНИЕ СИНГУЛЯРНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ КАНАЛЬНОЙ МАТРИЦЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЮ МІМО**

### **Введение**

В виду быстрого темпа роста беспроводных сетей радиосвязи все большей интерес представляет собой развитие системы МІМО (Multiple Input Multiple Output – Множественные входы, множественные выходы).

Целью данной работы является анализ методики оценки помехоустойчивости каналов в технологии МІМО за счет сингулярного разложения корреляционной матрицы. Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ данной методики;
- разработать математическую модель алгоритма определения помехоустойчивости;
- оценить полученные результаты.

Особенностью данного метода является выделение и расчет собственных значений подканала за счет сингулярного разложения матрицы.

### **Алгоритм оценки помехоустойчивости**

Для оценки помехоустойчивости, основанной на данном методе, необходимо выполнить следующий алгоритм:

1. Необходимо ввести входные данные, которыми являются количество приемо-передающих антенн ( $M$ -передающих  $N$ -приемных) для системы МІМО,

помимо данных величин также необходимо задать величину коэффициента корреляции  $r$ .

2. Выбор вида корреляционной матрицы.

3. Вычисление обобщенной корреляционной матрицы  $R_{MIMO}$ .

4. На данном шаге требуется создать произвольную матрицу коэффициентов передачи  $H$ , используя следующую формулу:

$$H = \sqrt{0,5} * rand(N, M) + j * rand(N, M), \quad (1)$$

где  $N$  и  $M$  – количество приемо-передающих антенн.

5. Расширяем корреляционную канальную матрицу.

6. Подвергаем сингулярному разложению канальную матрицу.

7. Строится матрица  $KQ$  на основе корреляционной матрицы  $R_{MIMO}$ .

8. Исходя из формул (1) и (2) определяются, необходимы значения собственных чисел матрицы  $KQR_{MIMO}$  и  $H$ .

$$KQR_{MIMO} = \begin{bmatrix} \frac{\eta_1 \rho_1 E_b}{2MN_0} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{\eta_2 \rho_2 E_b}{2MN_0} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \frac{\eta_k \rho_k E_b}{2MN_0} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

9. Вычисление помехоустойчивости по формуле:

$$\rho_{out} = M \left\{ \frac{1}{2} \left[ 1 - \sum_{i=1}^F \frac{\lambda_i^{F-1}}{\prod_{s=1, s \neq i}^n (\lambda_i - \lambda_s)} \sqrt{\frac{\lambda_i}{1 + \lambda_i}} \right] \right\}, \quad (3)$$

где  $K$  – количество подканалов,  $F=K^2$ .

Результат определения помехоустойчивости при идеальном распространении сигнала представлен на рис.1.

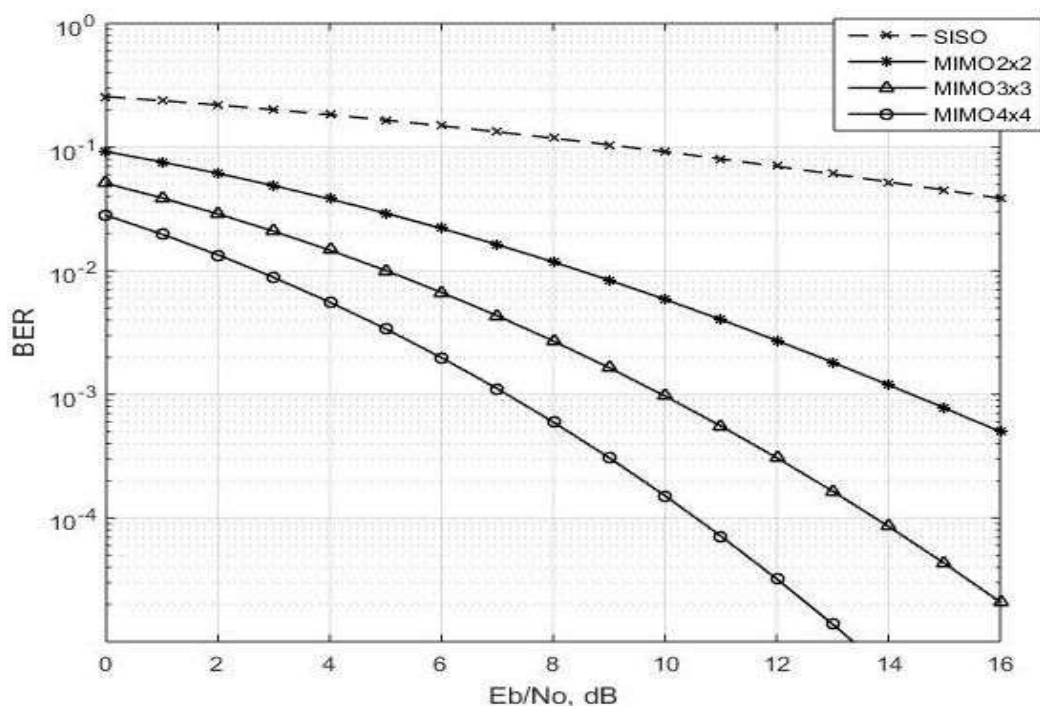


Рисунок 1 – Зависимость вероятности ошибки для неоднородных каналов от  $E_b/N_0$ , дБ, системы ММО различного порядка и коэффициента корреляции  $r = 0,8$ , при двоично фазовой модуляции (BPSK)

Также на данном рисунке в графическом виде показано сравнение помехоустойчивости сигнала для систем с различным количеством приемо-передающих антенн при величине корреляции 0.8.

Анализируя данные, полученные из рис.1, видно, что при вероятности ошибки  $10^{-3}$  система ММО с 3 приемо-передающими антеннами имеет энергетическое преимущество в 4 дБ по отношению к системе ММО с 2 приемо-передающими антеннами. Задавая тоже значение вероятности ошибки, получим, что со стороны ММО с 4 приемо-передающими антеннами энергетическое преимущество по сравнению с системой ММО с 2 приемо-передающими антеннами растет на 7 дБ.

#### Список используемых источников:

1. Янцен А.С. Анализ помехоустойчивости систем радиосвязи, использующих технологию ММО: диссертация кандидата технических наук – Новосибирск, 2017. – 157 с.
2. Лысяков Д.Н. Анализ и синтез адаптивной обработки сигналов в системах радиосвязи с параллельной передачей информации по пространственным подканалам: дис. канд. физ. мат. наук. - Нижний Новгород, 2010. – 123 с.
3. Ezio Biglieri, Robert Calderbank, Anthony Constantinides, Andrea Goldsmith, Arogyaswami Paulraj, H. Vincent Poor "MIMO Wireless Communications" Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York, 2007. – 343 p.
4. Hanzo, Lajos, "MIMO-OFDM for LTE, WiFi, and WiMAX": coherent versus non-coherent and cooperative turbo-transceivers / by L. Hanzo, J. Akhtman, L. Wang, M. Jiang. 2011. – 694 p.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ УСТРОЙСТВ МАЛОГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ

В последнее время в развитых государствах мира проводится напряженная работа по созданию свежих сверхтехнологичных радиоустройств малого радиуса действия SRD (Short Range Devices), применяющихся во всевозможных устройствах передачи данных, в системах обнаружения, охраны и защищенности, системах сбора телеметрической информации, а еще большом количестве приборов разного предназначения.

Беспроводные SRD используют нелицензируемый спектр частот 2,4 ГГц, в котором уже работают всевозможные радиотехнические приборы в промышленности, науке и медицине. Систематическое наращивание плотности размещения радиоэлектронных средств (РЭС) в ограниченном частотном спектре приводит к резкому наращиванию значения вызываемых ими помех. Довольно остро вопрос помех стоит там, где РЭС обязаны располагаться в ограниченном пространстве. Как правило, их количество может измеряться десятками, а расстояние меж ними варьироваться от метров до сантиметров.

Все стандарты и технологии беспроводной передачи информации могут классифицироваться по ряду различных параметров (табл. 1).

Таблица 1 - Классификация стандартов беспроводной передачи информации

Параметры классификации	ZigBee	Bluetooth	Wi-Fi
Скорость передачи данных, кбит/с	250	721	11000/54000
Дальность связи, м	200	класс 1 — 100 класс 2 — 10 класс 3 — 1	100
Потребление тока, active, мА / sleep, мкА	30/1	70/20	450
Модуляция	DSSS	FHSS	DSSS
Топология	«точка–точка», «звезда», «дерево»	«точка–точка», «звезда», «дерево»	«точка–точка», «звезда»
Частоты, МГц	2400–2483	2400–2483	2412–2484

Есть три параметра, которые чаще всего определяют область применения того или же иного стандарта в конкретном приложении пользователя: энергопотребление, дальность связи и скорость передачи данных.

По показателям данных параметров можно условно выделить таких лидеров:

- Wi-Fi обладает максимальной скоростью передачи информации;
- ZigBee обладает минимальным энергопотреблением.

Для получения высокой помехоустойчивости в подобной обстановке в технологиях SRD предприняты всевозможные меры, к примеру используются сигналы с расширением диапазона методом скачкообразной перестройки частоты FHSS (Frequency Hop Spread Spectrum) по псевдослучайному закону. Не считая того, что передаваемые пакеты имеют все шансы быть защищены с поддержкой помехоустойчивого кодирования, а еще способами, при применении которых пересылка утерянных пакетов повторяется автоматически.

Рассмотрим модель распространения радиоволн Хата.

Модель Хата появилась вследствие адаптации эмпирических формул к графикам, составленным Окамура с соавторами на базе итогов полевых испытаний. Модель Хата обширно применяется в различных странах. Модель в качестве основы рассматривает городской район, а для другого варианта (пригородных или же сельских районов и открытых территорий) вводятся корректировки. Эта модель имеет четыре входные параметры:

- передающая частота -  $f_c$ , значения которой обязаны быть в промежутке между 150 МГц и 1500 МГц;
- высота антенны передатчика,  $h_{BTS}$ , значение должно находиться в границах между 30 м и 200 м;
- высота антенны приемника -  $h_{MS}$  – от 1 до 10 м;
- расстояние между БС и МС –  $R$ , рекомендуемый диапазон значений между 1 км и 10 км.

Для расчета этих параметров были предложены следующие формулы.

Для городской застройки:

- застроенный город или большой город с большими зданиями с двух или более этажами, большие села с близко расположенными постройками и высотными зданиями с густым насаждением деревьев:

$$\begin{aligned} L_{dB} &= A + B \lg R - E \\ C &= 4,78(\lg f_c)^2 - 18,33 \lg f_c + 40,94; \\ D &= 2 \left( \lg \left( \frac{f_c}{28} \right) \right)^2 + 5,4; \end{aligned} \tag{1}$$

- для больших городов при  $f_c \geq 400$  МГц

$$E = 3,28(\lg(11,7554 h_{MC}))^2 - 4,97;$$

- для больших городов при  $f_c \leq 400$  МГц

$$E = 8,29(\lg(1,54 h_{MC}))^2 - 1,1;$$

- для средних и малых городов

$$E = (1,1 \lg f_c - 0,7) h_{MC} - (1,56 \lg f_c - 0,8).$$

Открытая территория: нет высоких деревьев или построек на пути, земельный участок освобожден на 300 - 400 м вперед, например, поля.

$$L_{dB} = A + B \lg R - E - C. \quad (2)$$

Пригородный район: деревня или шоссе с рассредоточенными деревьями и постройками, некоторые препятствия вблизи мобильного приемника.

$$L_{dB} = A + B \lg R - E - D. \quad (3)$$

Модель Хата предоставляет хорошие показатели для систем сотовой связи первого поколения, но не для сотовых систем, с меньшими габаритами. Эта модель не позволяет учитывать различные факторы с коррекцией параметров, как в модели Окамура.

Таким образом, рассмотрены основные положения по беспроводным устройствам малого радиуса действия. Также была рассмотрена модель Хата как пример модели распространения радиоволн, которую эффективнее всего применять в густо застроенных участках. Из приведенного выше можно поставить задачу об электромагнитной совместимости беспроводных устройств малого радиуса действия.

#### **Список используемых источников:**

1. Вишневский В. М. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В. М. Вишневский, А. И. Ляхов, С. Л. Портной, И. В. Шахнович. - М.: Техносфера, 2005.
2. Баскаков С., Оганов В. Беспроводные сенсорные сети на базе платформы Meshlogic TM // Электронные компоненты. 2006. № 8. С.65 – 69.
3. Майская В. Беспроводные сенсорные сети // Электроника: НТБ. 2005. № 2. С. 18 – 22.
4. Корчагин В. А. Электромагнитная совместимость беспроводных устройств малого радиуса действия // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2010. Т 6. № 1. С. 12 – 18.

**Новиков А.А., магистрант**

*ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»*

## **МЕТОДЫ ДОСТУПА В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ**

### **Введение**

Множественный доступ в сетях передачи данных - это способ взаимодействия нескольких пользователей с одним общим ресурсом. Для обеспечения множественного доступа производят разделение параметров между

абонентскими станциями, такие как: время, частота, пространство или код. При этом необходимо обеспечить минимальные помехи и максимальные возможные характеристики среды передачи.

### **Частотное разделение FDMA**

В этом методе для каждой абонентской станции выделена своя строго определенная полоса  $\Delta f$  (частотный канал) на все время сеанса связи (рис. 1).

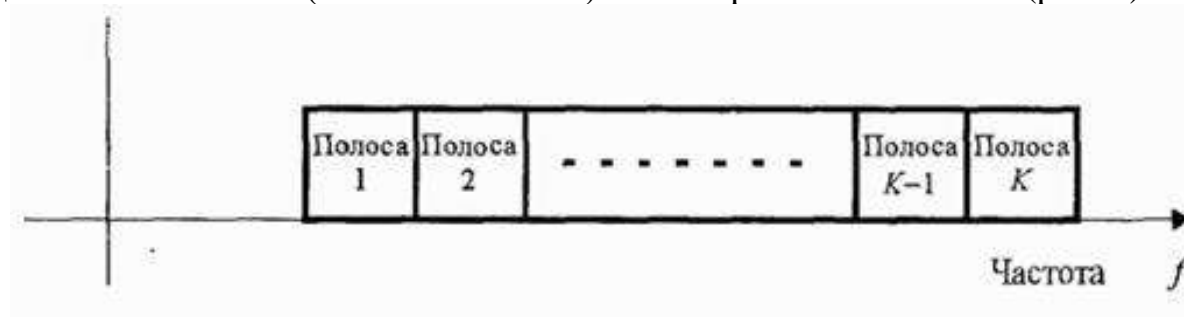


Рисунок 1 - Разделение канала на полосы частот

Для метода FDMA используемый частотный спектр разбивается на равные частотные полосы между всеми пользователями. Устройства используют частотный ресурс неограниченное время, но при этом они не должны создавать помех для соседних каналов.

Среди преимуществ метода FDMA можно выделить относительную простоту реализации и как следствие дешевизну в построении, а также высокую устойчивость к помехам.

Недостатками метода FDMA является неэффективное использование полосы частот при ограниченных частотных ресурсах и крайне низкую гибкость.

### **Временное разделение TDMA**

При использовании метода доступа TDMA все абоненты используют для отправки информации одну общую несущую частоту, но с разными интервалами времени (рис. 2). Таким образом, абонентская станция получает всю пропускную способность канала на фиксированный интервал времени.

Для системы с временным уплотнением критически важным условием является синхронизация канала, так как при ее нарушении мгновенно происходит искажение информации. Временное мультиплексирование используется только для передачи цифрового сигнала.

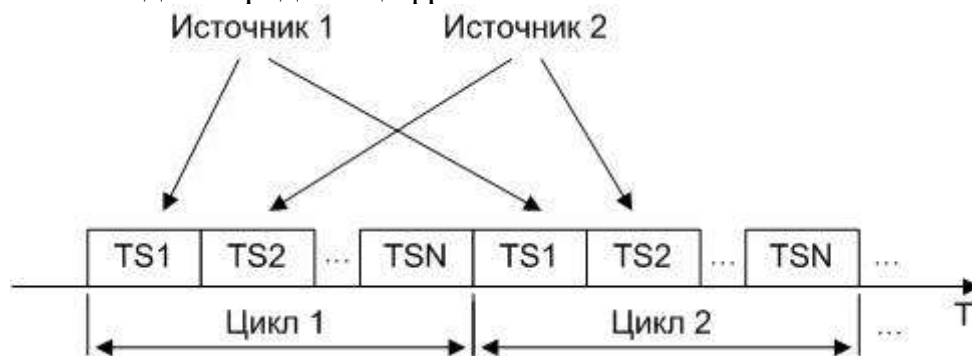


Рисунок 2 – Разделение канала на временные циклы

Метод доступа TDMA имеет высокую гибкость и как следствие простоту масштабирования и перераспределения трафика между абонентами. Недостатком можно выделить то, что для достижения высоких скоростей передачи требуется дорогостоящее высокопроизводительное оборудование.

### **Пространственное разделение SDMA**

Для пространственного разделения канала предполагается, что вся область обслуживания разделена на множество узких областей, и покрывается отдельными лучами диаграмм направленности антенны (рис. 3). Связь абонентов, находящихся в разных зонах происходит за счет межлучевой коммутации. В то же время любая из оконечных станций может осуществлять передачу только в пределах своей конкретной области, на которой всем остальным устройствам передавать сообщения запрещается. До недавнего времени этот метод считался неэффективным, пока не были разработаны системы, обеспечивающие точную локализацию зон отдельных передатчиков. С появлением оборудования и соответствующих стандартов, которые обеспечивают адаптивную настройку мощности передатчиков и приемников на базовых и абонентских станциях, а также систем, использующих секторные антенны (или антенн с перестраиваемой диаграммой направленности), этот метод получил широкое распространение.

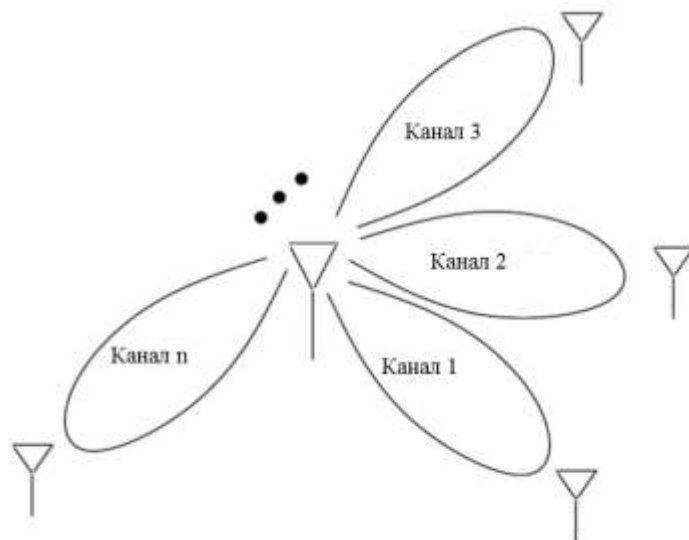


Рисунок 3 – Разделение пространства на зоны покрытия

### **Кодовое разделение CDMA**

Этот метод основан на использовании сигналов с расширенным спектром и одновременной передаче большого количества сигналов в общей полосе частот. Для их разделения используются специальные кодовые последовательности, уникальные для каждого абонента. При этом все передатчики используют одну и ту же частоту для передачи сигналов.

Используя этот метод, каждый бит исходного потока данных заменяется символом CDMA или кодовой последовательностью длиной 11, 16, 32 или 64 элемента («чипов»). У каждого передатчика имеется своя уникальная кодовая последовательность, и она выбрана таким образом, чтобы минимизировать взаимную корреляцию двух любых кодов CDMA. Приемник получает и



оцифровывает все получаемые сигналы, имея в своей памяти код CDMA передатчика, чьи сигналы он должен принимать. Коррелятор выполняет операцию свертки (умножения с накоплением) входного цифрового сигнала с известным кодом CDMA. Сигнал считается полезным и принимается, если на выходе коррелятора он превышает некоторый пороговый уровень. Все остальные сигналы других передатчиков с другими CDMA – кодами воспринимаются приемниками как шум и отбрасываются.

Проблемой метода CDMA является техническая сложность реализации приемников и обеспечение точности синхронизации передающей и приемной станции.

Преимуществами данного метода является простота масштабируемости вследствие отсутствия строгого ограничения числа абонентов, высокая защищенность каналов (для прослушивания станции нужно знать ее уникальный CDMA – код) и низкая мощность излучения передатчиков.

### **Выводы**

В ходе проведенного исследования рассмотрены основные методы доступа в сетях беспроводной связи, определены их преимущества и недостатки. В результате можно обозначить, что освещенные методы принципиально различные по своему принципу действия, и каждый из них находит свое применение для определенных условий и требований к качеству обслуживания. Следует добавить, что в современных высокоскоростных сетях, как правило, применяются различные комбинации рассмотренных методов.

### **Список используемых источников:**

1. Бабков В. Ю. Сотовые системы мобильной радиосвязи: учеб. пособие / В. Ю. Бабков, И. А. Цикин. — 2-е изд. — СПб.: БХВ-Петербург, 2013. — 432 с.
2. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 5-е изд./ В.Г. Олифер , Н.А. Олифер СПб.: Питер, 2016. – 992 с.
3. Капустин Д.А. Информационно-вычислительные сети : учебное пособие / Д. А. Капустин, В. Е. Дементьев. – Ульяновск : УлГТУ, 2011. – 141с.
4. Ротков Л.Ю. Современные сетевые технологии, технологии Интернет. / Л. Ю. Ротков, А. Ю. Виценко, А. А. Рябов, А.А. Борисов. - Нижний Новгород, 2001. - С. 60-72.