

Телекоммуникационные системы и компьютерные сети



Бобух Д.А., студент
Молоковский И.А., к.т.н., доцент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ

В современном мире кабельные линии связи стремительно расширяются, следовательно, количество низкокачественных кабельных коммуникаций становится все больше. Это происходит из-за того, что при проектировании не уделяют должного внимания расчетам показателей надежности. Цель работы – показать, как довольно простые расчеты на стадии проектирования могут сэкономить финансовые затраты на ремонт и потраченное на него время.

В процессе установления соединения источник отправляет вызов, проходящий к адресату по одному из множества построенных альтернативных маршрутов – виртуальных каналов (ВК). Применительно к прохождению вызова от станции к станции состояние пути бинарно: либо он занят, и вызов по нему не проходит (состояние пути «1»), либо путь свободен, и вызов через него пройдет (состояние «0»). Возможны следующие ситуации:

1. Будет установлено соединение за время, не превышающее допустимое.
2. Будет установлено соединение, но за время, превышающее допустимое
3. Не будет доставлено, поскольку все пути загружены или неработоспособны.

Для достижения положительного эффекта необходимо выполнить пункт 1 как можно стабильнее. Для этого рассчитаем основной показатель надежности – коэффициент готовности кабельной линии.

Рассмотрим кабельные линии, так как это надежная среда передачи информации. Однако, при неправильной эксплуатации и прокладке таких сетей возникает проблема – данные не доставляются до пункта назначения. Для минимизации таких ситуаций и рассчитывается коэффициент готовности кабельной линии. Рассмотрим оптический кабель (ОК), так как этот тип кабеля сейчас наиболее распространенный, дешевый и надежный. Однако, его очень просто повредить и чаще всего это случается по следующим причинам: механические повреждения ОК при проведении строительно-монтажных работ сторонними организациями в пределах охранных зон кабельной линии; механические повреждения ОК от перемещения грунтов (обвалы, пучения,

оползни, селевые потоки и т.д.); повреждения ОК за счет старения или попадания в сердечник кабеля влаги.

По стандарту данный коэффициент не должен быть меньше $0,9997 \pm 0,00015$.

Расчет будет вестись для магистрального участка (от 5 км) и для местной сети (от 100м до 5 км). Определим плотность повреждения m по следующей формуле:

$$m = \frac{N}{K * L} * 100, \quad (1)$$

где N – количество отказов на линии связи в течение заданного промежутка времени;

K – количество лет, за которое произошло N отказов;

L – длина проектируемой линии связи.

Среднее время между отказами T_o можно определить из выражения:

$$T_o = \frac{8760 * 100 - m * L * t_g}{m * L}, \quad (2)$$

где t_g – среднее время восстановления связи.

Коэффициент готовности рассчитывается по формуле:

$$K_g = \frac{T_o}{T_o * t_g}. \quad (3)$$

На рис. 1 и рис. 2 изображены зависимости коэффициента готовности кабельной линии для местного участка и магистрального. При расчетах использовались следующие исходные данные:

$K = 7$ лет; $N = 5$ отказов; $t_b = 2,3$ ч; $0,1 \leq L \leq 805,1$ км.

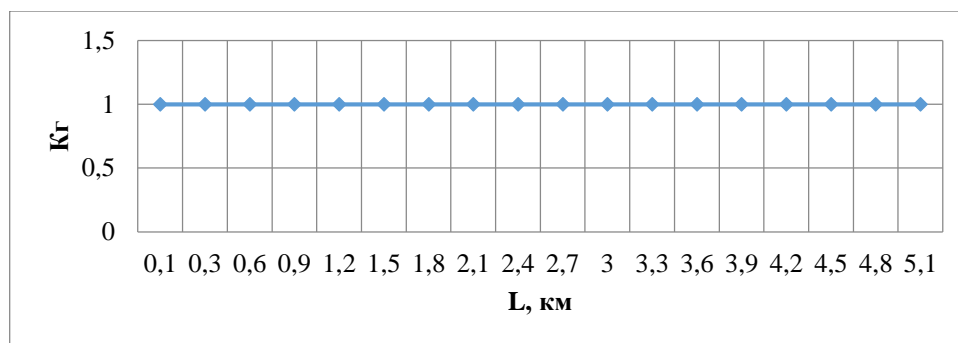


Рисунок 1 – Коэффициент готовности кабельной линии для местного участка

На рис. 3 и рис. 4 показано, как изменяется при этом плотность повреждения на выбранных участках.

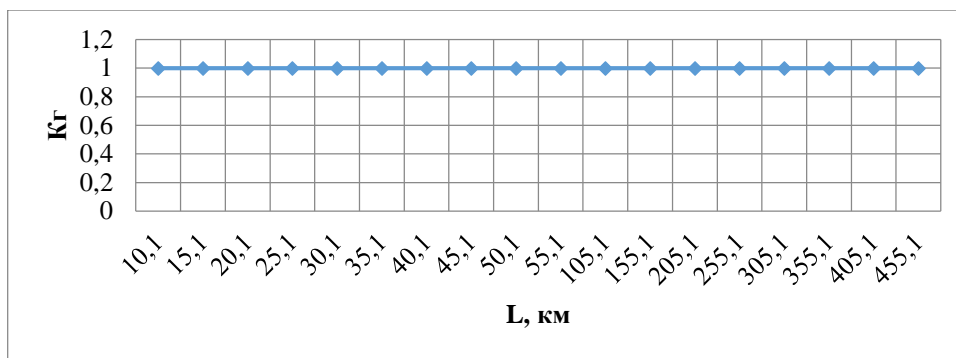


Рисунок 2 – Коэффициент готовности кабельной линии для магистрального участка

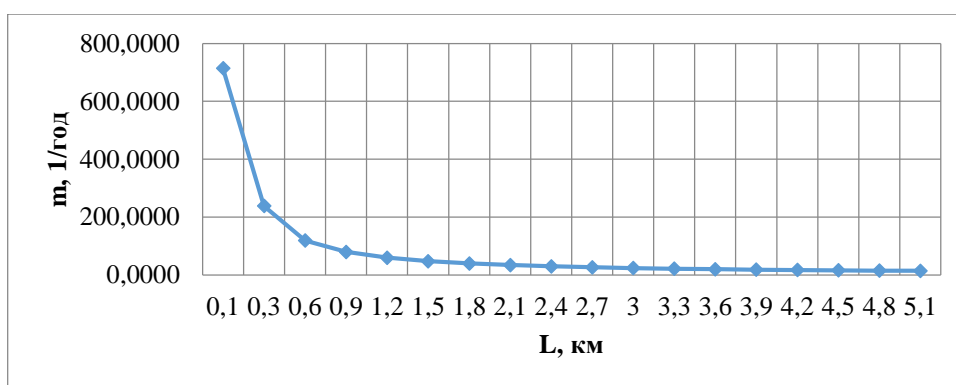


Рисунок 3 – Плотность повреждения на местном участке

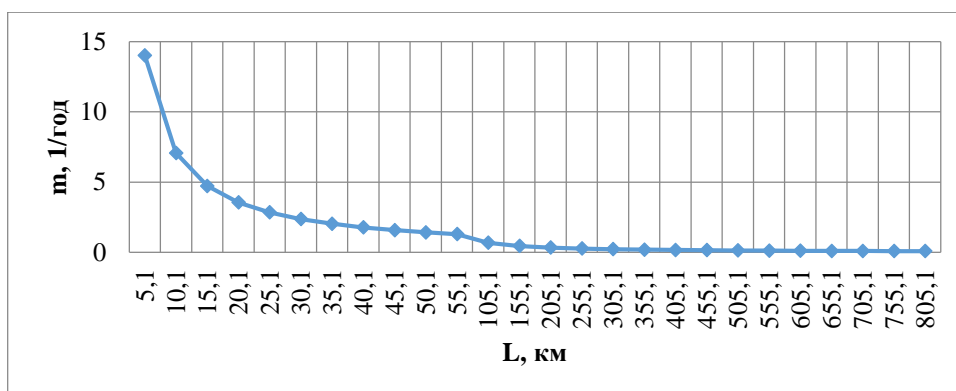


Рисунок 4 – Плотность повреждения на магистральном участке

Из полученных данных видно, что коэффициент готовности кабельной линии в нашем случае составляет 0,9998. Полученное значение соответствует норме, и линия считается достаточно надежной. Рассчитанный коэффициент постоянен на длине участка от 100 м и до 800 км, что указывает на то, что он регулируется показателями K , N и t_6 , в то время как плотность повреждений сильно зависит от длины участка.

Список использованных источников:

1. Зацаринный, А.А. Некоторые методические подходы к оценке надежности элементов информационно - телекоммуникационных сетей / А.А. Зацаринный, А.И. Гаранин, С. В. Козлов // Системы и средства информатики, 2011.
2. Спиридонов, В.Н. Оптические волокна и кабели для протяженных линий связи // Lightwave Russian Edition, 2003. - № 1. - С. 31-35.

Голега Е.В., магистрант

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»

АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ РАДИОКАНАЛОВ LTE-СЕТЕЙ

Организация системы сотовой связи является трудоемким процессом, включающим в себя ряд этапов, из которых одним из наиболее сложных и ответственных является проектирование. Данный этап является таковым по причине необходимости обеспечения наиболее близкого к оптимальному построения сети по критерию эффективность-стоимость. В процессе проектирования выполняются такие виды работы, как определение мест для размещения базовых станций и последующего распределения имеющихся частотных каналов между ячейками по такому принципу, чтобы обслуживаемая территория имела доступ к сотовой связи с требуемым качеством при минимальном числе базовых станций. Дополнительное осложнение вносит трудность аналитической оценки характеристики расположения сигналов и расчета напряженности поля, а также необходимость учета неравномерности трафика в пределах обслуживаемой территории.

На протяжении всего процесса организации мобильная сеть постоянно подвергается корректировке – в уже разработанную схему сети вносятся правки на основе обязательных экспериментов по измерению характеристик электромагнитного поля [1], после чего на этапе эксплуатации сети, учитывая произведенную на данном этапе окончательную оценку проекта, сеть снова подвергается доработке. В дальнейшем, по мере эксплуатации и развития сеть также не редко подвергается различным доработкам, направленных на повышение качества работы сети.

На качество услуг, предоставляемых пользователю, напрямую влияют характеристики подсистемы базовой станции. К базовой станции ставятся следующие требования:

- обеспечение радиопокрытия территории, на которой должны предоставляться услуги связи;
- обеспечение достаточной для создаваемого абонентами трафика с учетом уровня перегрузок емкости;

– оптимизация выбранных ранее решений с использованием минимального числа сетевых подсистем и элементов на протяжении всего цикла сотовой сети.

Без обеспечения перечисленных требований предоставление услуг высокого качества не является возможным.

Под качеством обслуживания следует понимать совокупное влияние предоставленных услуг на пользователей, на основе которого определяется степень удовлетворения ими абонентов. В данное определение стоит включать как технические стороны, ответственную за качество работы сети, так и аспекты, связанные непосредственно с дополнительными услугами, стоимостью обслуживания, ценой и качеством работы мобильных терминалов и т.д.

Число абонентов мобильной сети, объем трафика и его распределение по обслуживаемой сетью территорией – данные факторы не являются статичными и постоянно изменяются на протяжении всего жизненного цикла сотовой сети. По этой причине конфигурация сети базовой станции должна адаптироваться к происходящим изменениям, вследствие чего ее планирование является непрерывный процесс, в котором можно выделить несколько этапов:

- планирования радиопокрытия;
- планирование емкости;
- частотное планирование;
- анализ работы и оптимизация сети.

Помимо вышеописанных трудностей, значительной проблемой для передачи сигнала являются помехи искусственного и естественного происхождения [2].

Под помехой в общем случае стоит понимать случайное воздействие на сигнал в канале связи, которое затрудняет или полностью препятствует правильному приему [3]. Стоит выделить, что наибольшие затруднения вызывают воздействия именно случайного характера, так как теоретически борьба с регулярными помехами не представляет затруднений.

Среди помех естественного происхождения наиболее часто возникают шумы приемника и атмосферные шумы, которые образуют электрические разряды во время гроз. Кроме того, помехи могут вносить такие явления как статическое электричество, космические и солнечные шумы. В общем случае, такие помехи классифицируют как аддитивный шум.

Не менее важным является тот факт, что радиолинии в мобильной связи часто проходят по неровным местностям. В таких случаях необходимо учитывать реальный профиль трассы, который может претерпевать сильные изменения на протяжении всей своей протяженности: от гладкой до сильно пересеченной местности. Также следует учесть наличие зданий, деревьев и других препятствий в условиях города [4].

Для создания работоспособной сети сотовой связи, обеспечивающей и поддерживающей высокое качества работы, на этапе проектирования необходимо учитывать все выше перечисленные факторы.

Список используемых источников:

1. Васильев, К. К. Математическое моделирование систем: учебное пособие / К. К. Васильев, М. Н. Служивый. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 170 с.
2. Jeruchim, Michel C. Simulation of Communication Systems Modeling, Methodology and Techniques / Michel C. Jeruchim, Philip Balaban, K. Sam Shanmugan. – 2-nd ed. – N. Y.: Kluwer Academic Publishers, 2002. – 937 p.
3. Сиверс А.П. Проектирование радиоприемных устройств, М., Радио и связь, 2006.
4. Галкин, А. П. Моделирование каналов систем связи / А. П. Галкин, А. Н. Лапин, А. Г. Самойлов. – М.: Связь, 1979. – 100 с.

Ищенко Н.С., магистрант

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ PON-СЕТЕЙ

Потребности абонентов растут с каждым годом, а с ними и необходимость улучшения показателей инфокоммуникационных сетей, что предполагает эволюцию в данной сфере. Для достижения вышеперечисленного, в качестве базовых технологий телекоммуникационных сетей стали использоваться оптические пассивные сети (Passive optical network, PON) и их аналоги GEPON (Gigabit Ethernet Passive optical network) и GPON (Gigabit Passive optical network). Известно, что особенностью архитектуры PON является использование следующего оборудования: терминал оптической линии (Optical Line Terminal, OLT), оптические сетевые блоки/терминалы (ONU/ ONT). Оптическая связь между OLT и ONU (Optical Network Unit) осуществляются через специализированные оптические разветвители. Основной задачей проектирования PON является такое размещение сплиттеров, чтобы общая стоимость прокладки и количества оборудования была минимальной при обеспечении заданного качества обслуживания (необходимого уровня мощности на входе ONU). В расчет берется не только количество сплиттеров с длиной оптоволоконного кабеля, но и как они будут расположены и что необходимо для самого построения сети.

Методы оптимизации помогают определить оптимальное решение планирование PON сети. Они требуют расчета местоположения сплиттеров и распределение ONU по ним. Алгоритмы оптимизации используются для распределения ONU по этим оптическим разветвителям. Расчеты прокладки оптоволокна и сплиттеров очень важны как для конечного пользователя из-за пропускной способности, так и для владельца сети из-за экономических потребностей. Таким образом, целью исследования является анализ

существующих алгоритмов оптимизации для повышения эффективности работы пассивных сетей.

Поскольку PON будет базовой сетью для широкополосной связи в ближайшем будущем важно, чтобы его развертывание было рентабельным с минимальной мощностью. Для этого можно прибегнуть к кластеризации.

Кластеризация - это метод объединения набора данных в кластеры, чтобы элементы в одном кластере были похожи по некоторым характеристикам. На основе процедуры обучения, алгоритмы кластеризации можно разделить на контролируемые и неконтролируемые кластеризационные процедуры. Алгоритмы неконтролируемой кластеризации используются при планировании PON для определения местоположения сплиттеров.

Субтрактивная кластеризация - это однопроходный алгоритм определения количества кластеров и их центров в наборе разделителя.

Нечеткая кластеризация C-средних - это метод мягких вычислений, в котором точки данных принадлежат более чем одному кластеру с уровнем членства, связанным с каждым разделителем, который указывает степень, в которой эти ONU принадлежат к разной группе.

Методы оптимизации полезны при нахождении почти идеального решения, т.е. либо максимумы, либо минимумы для непрерывных дифференциальных функций. Это методы, которые используют аналитические стратегии для определения оптимального решения. Методы NCA полезны при поиске оптимального решения для целевых функций. Это стратегии, которые используют дифференциальное исчисление для принятия решения. Минимизация с ограничениями - это процедура определения вектора x , который минимизирует целевую функцию $f(x)$ в зависимости от определенных ограничений на допустимые значения x . Поскольку планирование PON требует минимизации потерь энергии с ограничением распределение каждого ONU точно одному разделителю, нелинейная оптимизация с ограничениями становится нелинейной минимизацией с ограничениями.

Расстояние между оптическими разветвителями и ONU и расстояние между OLT и оптическими разветвителями определяет затухание в волокне, которое, в свою очередь, определяет потери мощности в сети. Если эти расстояния минимизировать, то затухание в оптоволокне будет минимальным. Следовательно, расположение разветвителя также важно, учитывая уменьшение расстояния, когда он приближается ко многим ONU.

В некоторых случаях необходимо прибегнуть к алгоритмам нелинейной оптимизации с ограничениями. Оптимизация с ограничениями - это процесс оптимизации целевой функции по некоторым переменным с определенными ограничениями, применяемыми к этим переменным. Целевая функция - это функция стоимости или функция энергии, которую необходимо минимизировать. Ограниченная минимизация - это проблема нахождения вектора x , который является локальным минимумом для скалярной функции $f(x)$ с учетом ограничений на допустимый x : это процесс, который выполняется итеративно путем сравнения измененных решений, пока не будет получено лучшее решение.

Следовательно, есть несколько алгоритмов для достижения данной оптимизации.

Отражательный алгоритм trust region позволяет находить решения проблем, связанных с ограничениями ограниченной области или линейным неравенством, но не для обоих. Следовательно, алгоритм отражения доверительной области неприменим для минимизации мощности при планировании PON.

Алгоритм внутренней точки подходит для решения последовательности довольно точных задач минимизации.

Алгоритм активного набора основан на результате уравнений Каруша-Куна-Такера (ККТ). Уравнения ККТ являются необходимыми условиями для решения задачи оптимизации NCA.

Алгоритм последовательного квадратического программирования (Sequential Quadratic Programming, SQP). SQP похож на алгоритм активного набора. Он линеаризует нелинейные ограничения и получена подзадача квадратичного программирования (QP). Подзадача QP формируется на основе квадратичной аппроксимации функции Лагранжа.

Эволюционные алгоритмы - это семейство основанных на популяционных методах решения проблем методом проб и ошибок с метаэвристическим или стохастическим характером оптимизации. При эволюционных вычислениях создается и итеративно обновляется начальный набор возможных решений. Каждое новое поколение создается путем стохастического удаления менее желаемых решений и внесения небольших случайных изменений.

GSA имеет недостаток, заключающийся в низкой скорости поиска. Исходный алгоритм гравитационного поиска был изменен для повышения скорости. Был разработан новый алгоритм быстрого гравитационного поиска (gravity search algorithm, RGSA). Уравнение массы исходного GSA модифицируется путем возведения в квадрат числителя исходного уравнения. Уравнения положения и скорости исходного GSA изменены за счет включения параметра ускорения. Эти модификации помогли сократить время схождения и привели к лучшему бюджету мощности.

Эффективность различных методов оптимизации сравнивается с использованием трех показателей качества. RGSA приводит к оптимальной минимизации мощности и лучшему коэффициенту занятости с наименьшим временем конвергенции. Следовательно, RGSA лучше всего подходит для оптимизации энергопотребления при планировании PON среди исследуемых алгоритмов.

Список используемых источников:

1. Беловолок, М.И. Макет волоконно-оптической линии связи со спектральным уплотнением в области 1,3 мкм / М.И. Беловолок, А.Т. Гореленок, Е.М. Дианов, и др. // Квантовая электроника, 1979. - №6.

2. Установлен новый рекорд скорости передачи данных в оптических сетях // C-news. 23.10.2006

3. Наний, О.Е. Оптические передатчики с перестраиваемой длиной волны излучения для DWDM-сетей связи, ч.1 // Lightwave Russian Edition, 2006, №1
4. Романчева, Н. И. Базовые Интернет-технологии [учебное пособие] / Н.И. Романчева. – М.: МГТУГА, 2008. – 96 с.
5. Changbin Liu. Utility-Based Bandwidth Allocation for Triple-Play Services. / Changbin Liu, Lei Shi, Bin Liu. // Fourth European Conference on Universal Multiservice Networks (ECUMN'07). – 2007.
6. ITU-T: One-way transmission time. REC-G.114. [Электронный ресурс] / ITU-T. Режим доступа: http://shodhganga.inflibnet.ac.in:8080/jspui/bitstream/10603/253249/9/09_chapter1.pdf – Загл. с экрана

Конёк А.Ю., студент
Молоковский И.А., к.т.н., доцент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДИНАМИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ МОБИЛЬНЫХ СЕТЕЙ

В настоящее время в мире наблюдается огромный рост мобильного трафика, который вызван эволюцией мобильных устройств и увеличением числа широкополосных услуг. Для обслуживания такого большого объема трафика, необходимо увеличить пропускную способность базовых станций. В связи с растущим спросом на высокое качество обслуживания абонентов, использующих мобильные сети, возникает 2 основных вопроса: распределение нагрузки на сеть, в зависимости от количества абонентов и стоимость необходимой сетевой инфраструктуры. Обе проблемы могут быть решены путем проектирования энергоэффективной мобильной сети: снижение энергопотребления сети приведет к снижению эксплуатационных затрат на инфраструктуру, а также приведет к улучшению качества связи во время разговора.

В случае сотовых сетей самым энергопотребляемым оборудованием является базовая станция, потребление которой колеблется от 0,5 кВт до 2 кВт мощности [1, 2], включая усилители мощности, цифровые сигнальные процессоры и т.п. Все вместе базовые станции составляют около 80% от общего энергопотребления сотовой сети [3].

Сотовые базовые станции (БС) имеют определенные размеры. К ним относятся фемтосоты, пикосоты, микросоты и макросоты. Фемто- и пикосоты используются в бытовых и корпоративных целях. К обслуживанию абонентов в условиях города они не предназначены.

Следующие по величине: микро- и макросоты. Микросота – функциональная станция сотовой связи, радиус действия которой составляет до 5 км. Используются такие БС в основном в селах или пригородах, где нет необходимости в большой мощности. Макросота – это большая базовая станция

для обслуживания плотно населенной местности. Макросоты очень сложны и дороги в развертывании и эксплуатации, особенно в городских условиях. Следовательно, можно воспользоваться наиболее распространенным вариантом развертывания сети – гетерогенной сетью. Это сеть, в которой микро- и пикосоты (также называемые малыми сотами) накладываются на макро-соты. Такая сеть показана на рис.1.

Сетевые развертывания рассчитаны таким образом, чтобы обеспечить емкость, достаточную для обработки поступающего трафика, и было замечено, что из-за этой размерности сетевое оборудование тратит большую часть своего времени (и, следовательно, большую часть своей энергии) на включение с очень низкой или даже нулевой нагрузкой трафика [4].

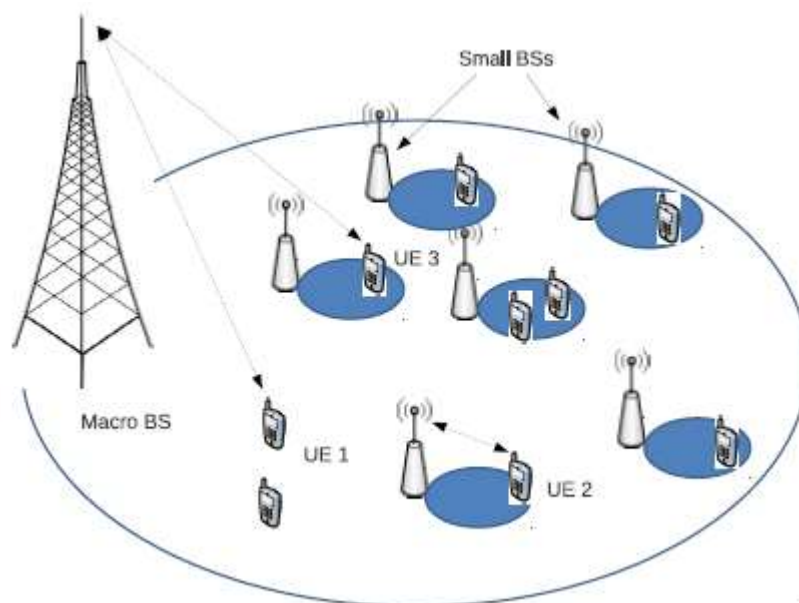


Рисунок 1 – Гетерогенная сеть с макросотой в качестве основной и малыми сотами в качестве сот емкости и покрытия

Следовательно, перспективным решением является динамический перевод некоторых элементов сети в спящий режим в периоды низкой нагрузки.

Таким образом, сеть будет работать с минимальным подмножеством сетевых элементов, достаточным для качественного обслуживания абонентов в данный момент времени, в то время как остальная часть сетевого оборудования находится в состоянии низкого энергопотребления (называемом спящим режимом) или даже выключена.

Для того, чтобы осуществить переход в спящий режим рассмотрим модель энергопотребления.

Предположим, что в рассматриваемой области все базовые станции имеют одинаковое энергопотребление.

Пусть W_S - энергопотребление в спящем режиме для каждой БС. В том случае, когда на базовую станцию поступает нагрузка $f(t)$, потребляемая мощность станции может быть выражена как:

$$P(t) = W_S + W_0 + W_T * f(t), \quad (1)$$

где, W_0 - мощность, необходимая для «активации» БС;

W_T - мощность, необходимая для обработки одной единицы трафика;

$t \in [0, T]$, $T = 24h$, $t = 0$ - час наибольшей нагрузки;

$f(t)$ - функция, описывающая нагрузку в час наибольшей нагрузки, следовательно $f(0) = 1$.

В выражении (1) должно выполняться условие, при котором сумма всех трех компонентов мощности равна 1.

Очевидно, что значения W_S , W_0 и W_T зависят от технологии и модели БС, но обычно доминирует компонент W_0 [2]. Как правило, чем выше потребляемая мощность в состоянии S , тем короче время активации БС. Таким образом, значения будут зависеть от политики, которую оператор захочет принять, основываясь на времени активации или деактивации станций.

В данной статье в расчетах будут использоваться низкие значения W_S , из-за перехода станции в состояние S всего несколько раз в день.

Следовательно, время активации или деактивации, даже если оно велико в абсолютном выражении (например, десятки секунд или даже несколько минут), может считаться незначительным по отношению к длительным интервалам времени сна.

Энергию, потребляемую в сутки БС в сотовой сети, в которой все БС остаются всегда включенными, можно определить из выражения:

$$E_{ALLON} = \int_0^T (W_S + W_0 + W_T * f(t)) dt = T * (W_S + W_0) + W_T * \int_0^T f(t) dt. \quad (2)$$

Рассмотрим сеть, в которой в момент времени τ применяется маломощная конфигурация ϕ . В этом случае БС имеют различное ежедневное потребление, в зависимости от того, всегда ли они включены или переходят в спящий режим при низкой нагрузке. Энергия, потребляемая в течение дня базовой станцией, которая переходит в спящий режим в соответствии с конфигурацией ϕ , составляет:

$$E_{SLEEP} = T * W_S + 2 * \tau * W_0 + 2 * W_T * \int_0^T f(t) dt, \quad (3)$$

т.к., от 0 до τ и от $T - \tau$ до T - БС включена, в то время как в остальной части дня БС находится в состоянии сна.

В данной статье рассмотрены такие базовые станции, как микросоты, макросоты, пико- и фемтосоты. Также рассмотрена модель энергопотребления базовых станций. Определены выражения для расчета энергопотребления в активном и спящем режиме. Однако, данная модель не в полной мере отражает реальную работу БС. В дальнейшем планируется провести моделирование и получить результаты, которые будут проверены на адекватность с ранее разработанными моделями.

Список используемых источников:

1. O. Arnold, F. Richter, G. Fettweis, and O. Blume, Power consumption modeling of different base station types in heterogeneous cellular networks, in Proc. of 19th Future Network and MobileSummit, 2010.
2. J. Lorincz, T. Garma, G. Petrovic, Measurements and Modelling of Base Station Power Consumption under Real Traffic Loads, Sensors, Vol. 12. - PP. 4281-4310.
3. J.T. Louhi, Energy efficiency of modern cellular base stations, INTELEC 2007, Rome, Italy, September-October 2007.
4. B.K.K. Son, "Speed balance: Speed-scaling-aware optimal load balancing for green cellular networks," in Proc. of IEEE Infocom miniconference 2012, Orlando, US, March. 2012.

Кучеренко Б.А., магистрант
Яремко И.Н., к.т.н., доцент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ В КАНАЛЕ СВЯЗИ

При переходе к концепции сетей нового поколения особое внимание исследователи уделяют проблемам управления трафиком. Это вызвано необходимостью ужесточения требованию по обеспечению параметров качества обслуживания. Основным современным комплексом по обеспечению качества обслуживания остается Traffic Engineering. Данный комплекс внедрен в технологию многопротокольной коммутации по меткам (MPLS). Анализ составляющих комплекса по обеспечению заданного качества обслуживания показал, что основными механизмами являются: поддержка сквозных параметров QoS «из-конца-в-конец» вне MPLS-домена; формирование требований к параметрам устанавливаемых ТЕ-туннелей; маршрутизация при установлении TE-LSP.

К задачам управления трафиком относятся задачи распределения сетевых, канальных и других типов ресурсов. Задача о формировании ТЕ-туннелей с необходимым качеством обслуживания относится к классу задач о распределении канального ресурса для обеспечения заданного качества обслуживания поступающего трафика.

На данный момент задача назначения ТЕ-туннелей сводится к оценке сетевым администратором необходимых параметров качества передачи и установления «вручную» ТЕ-туннелей. Для верного принятия решения рассмотрим параметры, от которых зависит качество обслуживания поступающего трафика.

Каждый тип трафика характеризуется своими требованиями к параметрам каналов связи. Если голосовой трафик требователен к задержке и ее отклонения, то трафик передачи данных – к искажениям и потерям пакетов. Поэтому для каждого типа переданных данных проанализируем характеристики и требования к каналу связи.

Для количественной оценки параметров каналов обслуживания целесообразно ввести функции полезности, описанных в [1]. Данные функции характеризуют зависимость определенной нормированной оценки от определенного параметра канала связи. Другими словами, значение функции характеризуют приемлемость канала связи для передачи этого типа трафика в данный момент. Очевидно, что для каждого типа трафика существует своя функциональная зависимость. Рассмотрим функциональные зависимости функций полезности от определенных характеристик канала связи: пропускная способность, задержка передачи, джиттер задержки, надежность доставки.

Основные требования к каналу связи, по которому передаются данные голосового трафика, зависят от типа используемого кодека.

Например, допустимая норма потерь пакетов для кодека G.711 составляет 10% , в то время как при использовании кодека G.723.1 значительное ухудшение качества речи наблюдается уже при 1% потерь. Несмотря на это, для передачи трафика VoIP существует один набор ограничений, характерный для любого используемого кодека. В первую очередь должна гарантироваться минимальная пропускная способность. Для G.711 – это 64 Кбит/с, а для G.723 – от 24 до 40 Кбит/с. При снижении порогового значения пропускной способности прекращается нормальная работа, и качество речи значительно ухудшается. Поэтому функция полезности $u_{VoIP}(C)$ от пропускной способности выражается как:

$$u_{VoIP}(c) = \frac{\text{sgn}(c - C_{\min}) + 1}{2}, \quad (1)$$

где, C_{\min} – минимально допустимая пропускная способность для заданного кодека.

Кроме того, голосовая связь является услугой реального времени, следовательно, важной характеристикой канала связи является оценка задержка на передачу. По рекомендации ITU-T допустимый уровень задержки в одном направлении составляет 150 мс. Согласно с исследованием влияние задержки на качество речи имеет нелинейный характер. Таким образом, функция зависимости $u_{VoIP}(\tau)$ от задержки может быть оценена следующим образом:

$$u_{VoIP}(\tau) = 1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{\tau_{\max}}{\tau_{\min}} - 1 \right) \cdot e^{-r\tau}}, \quad (2)$$

$$r = \frac{2 \ln \left(\frac{\tau_{\max}}{\tau_{\min}} - 1 \right)}{\tau_{\max}}, \quad (3)$$

где τ_{\max} – значение максимальной задержки по рекомендации ITU-T;

τ_{\min} – значение задержки, в границах которой сохраняется наилучшее качество обслуживания – значение функции полезности близко к максимальному.

Из зависимости, представленной выше, видно, что при увеличении времени задержки, значение функции зависимости спадает неравномерно: самая большая крутизна спада при значениях задержки, близких к максимально допустимым.

Такие функции зависимости существуют для всех параметров качества обслуживания. Использование функций полезности позволяет осуществить переход к комплексному показателю эффективности использования канала связи. Так, для обеспечения необходимого качества передачи, характеристики каналов должны соответствовать ограничениям пропускной способности C , задержки в канале связи τ , вариации задержки J и доли потерянных пакетов Pl .

$$C \geq C_{\min}, \quad (4)$$

$$\tau \leq \tau_{\max}, \quad (5)$$

$$J \leq J_{\max}, \quad (6)$$

$$Pl \leq Pl_{\max}. \quad (7)$$

Относительность значений, представленных функции «полезности», позволяет переходить к безразмерным оценкам параметров качества обслуживания. При этом оптимальным условием предоставления услуги i -м ТЕ-туннелем можно считать следующее выражение:

$$K_x^{(i)} = U_x(C) \cdot U_x(\tau) \cdot U_x(J) \cdot U_x(Pl) \rightarrow \max, \quad (8)$$

где x – тип передаваемого трафика;

i – номер канала, $i = \overline{1, N}$;

N – количество каналов в физической линии связи.

Таким образом, номер канала связи n для передачи заданного типа трафика будет выбираться с наибольшим значением критерия:

$$n = \arg \max_i K_x^{(i)}, \quad (9)$$

где i – номер канала, по которому предусматривается передача потока, $i = \overline{1, N}$.

Текущее значение эффективности использования i -го канала рассчитывается по формуле:

$$K_i = \sum_{j=1}^{M_i} K_{xj}^{(i)}, \quad (10)$$

где j – номер потока трафика, который передается по каналу, $j = \overline{1, M}$;

x – тип передаваемого трафика;

M – количество потоков, передаваемых по i -му каналу.

Оценка эффективности использования распределенных потоков в канале для заданного момента времени t определяется исходя из выражения:

$$K_t(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K_i(t). \quad (11)$$

При этом нормированная оценка работы системы за период работы T определяется как

$$\|K_t\| = \frac{1}{T} \int_0^T K_t(t) dt. \quad (12)$$

Предложенный критерий (11) позволяет оценить качество работы системы в любой момент времени. Предложенный критерий будет использоваться для дальнейшего исследования. Интегральный критерий (12) можно использовать для оценки эффективности работы разработанной сети.

Для стабильности системы и предотвращения перегрузки маршрутизатора зададимся следующим ограничением. Перераспределение потоков между сформированными каналами происходит только в случае, если значение критерия для более эффективного состояния системы будет превышать некоторое значение ε_0 :

$$\varepsilon = \frac{K_{t+1} - K_t}{K_t} \geq \varepsilon_0, \quad (13)$$

где, ε – выигрыш от перераспределения;

K_{t+1} – значение критерия для нового состояния системы;

K_t – значение критерия для текущего состояния системы;

ε_0 – пороговое значение эффективности.

Оценка состояния системы должна осуществляться при изменениях характеристик каналов связи, в начале и по завершению передачи данных.

Список используемых источников:

1. Changbin Liu. Utility-Based Bandwidth Allocation for Triple-Play Services. / Changbin Liu, Lei Shi, Bin Liu. // Fourth European Conference on Universal Multiservice Networks (ECUMN'07). – 2007. – PP. 327-336.
2. ITU-T: One-way transmission time. REC-G.114. [Электронный ресурс] / ITU-T. - Режим доступа: http://www.cs.columbia.edu/~andrea/_new/documents/other/T-REC-G.114-200305.pdf. – Загл. с экрана

МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ПОМОЩЬЮ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Информационно-телекоммуникационные технологии играют важную роль в деятельности промышленных предприятий, так как помогают решать финансовые, управленческие, производственные и маркетинговые задачи.

Все более расширяются требования крупных промышленных предприятий к телекоммуникационной инфраструктуре, на которую возлагаются задачи:

- оперативного управления производственным процессом;
- обеспечения различных видов связи с филиалами и периферийными офисами;
- поддержки и доступа к локальным вычислительным сетям и автоматическим телефонным станциям отдельных подразделений и служб;
- сбора и обработки больших объемов поступающих данных и т.д. [1].

Следует признать, что современная структура телекоммуникационных систем многих металлургических предприятий далека от совершенства, не отвечает предъявляемым к ней эксплуатационно-техническим требованиям и имеет крайне низкие показатели эффективности. Достаточно вспомнить, какое количество всевозможных кабелей проложено на предприятии для организации различных каналов передачи информации. Это и телефонные линии для внутренней связи и подключения к внешнему миру, в том числе к интернету, радио- и телевизионные кабели, отдельные проводки для охранных и противопожарных систем и многие другие, необходимые для обеспечения потребностей связи металлургического производства.

Очевидно, что вся эта мощь соединительных линий в подавляющем большинстве случаев используется крайне нерационально. Основную часть времени линии связи могут простаивать, а, когда потребуется передать значительный объем данных, пропускная способность той или иной линии может оказаться недостаточной, что может привести к потере важной информации, а в крайнем случае - к затрате дополнительного времени на её передачу. Более того, физические линии связи для различных типов связи, как правило, создавались и до сих пор используются независимо друг от друга. Если потребуется какое-либо новое соединение, то необходимо использовать новую линию с соответствующими емкостными характеристиками. А, если имеющиеся линии не отвечают техническим требованиям, то придется снова проводить дорогостоящую прокладку кабеля [2].

Все это свидетельствует о том, что путь экстенсивного наращивания количества каналов связи исчерпал себя. Исключение подобной избыточности является очевидным средством снижения эксплуатационных и организационных расходов по их разворачиванию и поддержанию. В этой связи многие руководители и начальники подразделений по автоматизации и связи

задумываются над тем как более эффективно и рационально подойти к вопросу совершенствования телекоммуникационного хозяйства на предприятии с целью обеспечения как текущих потребностей, так и возможности "безболезненного" наращивания услуг связи в перспективе.

Реальным способом достижения поставленных целей является создание единой телекоммуникационной инфраструктуры (мультисервисной сети) предприятия, способной объединить в себе различные приложения и предоставить пользователям разнообразные услуги связи, максимально эффективно используя имеющиеся емкости. При этом для различных приложений будет обеспечено необходимое качество, а именно скорость и равномерность передачи, уровень потерь, степень защищенности. Так, например, каналы связи, используемые для передачи информации от телеметрических систем, аппаратуры управления производственным циклом предприятий, противопожарного и охранного оборудования, как правило, используют небольшую полосу пропускания, но при этом передаваемая информация крайне чувствительна к потерям и срочности доставки [1].

Высокая скорость передачи и, следовательно, широкая полоса пропускания необходимы для передачи видеoinформации (телевидение, видеоконференции, оперативная дистанционная диагностика, видеонаблюдение, высококачественные изображения). Немаловажной характеристикой телекоммуникационной сети также является обеспечение защиты от несанкционированного доступа к передаваемой информации, обеспечивающей возможность построения виртуальных частных сетей различных структурных подразделений при использовании единой среды передачи данных.

Для создания мультисервисной сети крупного металлургического предприятия существует несколько технологических решений. Анализ литературных источников, а также мнение специалистов компании "Инлайн Технолоджис" свидетельствует, что наиболее предпочтительным выглядит технология АТМ (Asynchronous Transfer Mode - асинхронный режим передачи), которая, благодаря широкому набору характеристик, удовлетворяет требованиям к современным телекоммуникационным сетям в металлургической области [4]. Это высокая пропускная способность, возможность организации высокоскоростных соединений, предоставление гарантированной полосы пропускания, универсальная совместимость и ряд других. Технология АТМ способна полностью удовлетворить запросы различных категорий пользователей по передаче информации, в том числе компьютерных данных, между приложениями и группами пользователей, объединенных в виртуальные сети, телефонных сообщений вплоть до объединения АТС филиалов и дочерних структур, обмен видеoinформацией.

Следует отметить, что практическая реализация носит дифференцированный характер и в каждом конкретном случае определяется потребностями заказчика в предоставлении тех или иных видов информационного обмена.

В настоящее время компания "Инлайн Технолоджис" ведет разработку ряда проектов по совершенствованию телекоммуникационной инфраструктуры

в металлургической отрасли [4]. Главной целью проводимых работ является представление архитектурных, технических, организационных и экономических решений по построению мультисервисных информационных сетей металлургических предприятий на базе стандартизированных современных информационных технологий, обеспечивающих функционирование систем телекоммуникаций и их дальнейшее развитие. При этом учитываются всевозможные эксплуатационно-технические, а также географические и природно-климатические факторы, что особенно важно в металлургии [3].

Предлагаемые компанией "Инлайн Технолоджис" решения по созданию единой мультисервисной сети для металлургического предприятия позволяют:

- предоставлять всем структурным подразделениям предприятия комплекс наиболее совершенных услуг связи, включая цифровую телефонию, передачу данных, электронную почту, интернет, электронные платежи и торговлю, услуги охранной и противопожарной сигнализации, видео наблюдения и видеоконференций, диспетчеризацию инженерного оборудования зданий и производственных линий, кабельное телевидение и другие;

- обеспечить отказоустойчивость сети за счет резервирования основных узлов и блоков активного сетевого оборудования, создания резервных линий связи и применения современных протоколов управления потоками данных;

- наращивать пропускную способность сети и количество подключений пользователей без внесения существенных изменений в логическую структуру сетевой системы и с наименьшими финансовыми затратами на дополнительное сетевое оборудование;

- управлять и контролировать потоки информации из единого центра и осуществлять сбор данных для подразделений, обеспечивающих функционирование предприятия в целом.

Предлагаемые решения позволяют предприятию также получить экономическую выгоду за счет снижения затрат на прокладку новых кабельных систем и приобретение дополнительного оборудования, а также сокращения численности персонала на данных технологических процессах. Кроме того, заложенные в сеть высокая производительность и "интеллектуальные" способности помогут расширить её возможности и внедрить новые приложения при существенно более низких затратах.

Использование информационных сетей даёт такие преимущества для предприятия как рост эффективности труда и сокращение затрат, и предоставляет новые современные методы и способы ведения хозяйства. Создание единой информационной системы позволит правильно и эффективно использовать информацию о процессах на предприятии и за его пределами и осуществлять стратегическое планирование деятельности на перспективу с целью расширения возможностей и достижения высоких экономических и производственных показателей [2].

В целом создание единой телекоммуникационной инфраструктуры металлургического предприятия на базе современных технологий и оборудования является наиболее подходящим и оптимальным средством

перехода на качественно новый уровень информационного обмена, что, несомненно, окажет положительное влияние на весь производственный процесс.

Мы надеемся, что металлургические предприятия Донецка заработают по-новому, и это будет способствовать позитивной динамике экономического развития Донецкой Народной Республики.

Список используемых источников:

1. Бройдо, В. Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: Учебник для вузов. 4-е изд./ В. Л. Бройдо, О. П. Ильина - М.: Питер, 2011. – 443 с.
2. Пергунова, О. В. Оценка развития и использования информационно-телекоммуникационных технологий на металлургических предприятиях оренбургской области // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 6-1. – С. 249-253.
3. Спирин, Н. А. Информационные технологии в металлургии / Н. А. Спирин, В. В. Лавров. - Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2004. – 495 с.
4. <http://www.in-line.ru/>

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

ГОУ ВПО «Донецкий Национальный Технический Университет»

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ БАЛАНСИРОВКИ НАГРУЗКИ

В современном мире телекоммуникационные системы работают при пиковых нагрузках на узлы связи. Данная проблема является актуальной и требует современных решений для обеспечения необходимого уровня показателей качества обслуживания. Решением данного вопроса является оптимизация процесса работы узлов сети таким образом, чтобы максимально использовались ресурсы каждого, не допуская при этом выхода его из строя.

Целью исследования является анализ существующих методов балансировки для повышения эффективности использования ресурсов сети с обеспечением необходимого уровня качества обслуживания.

Задачи настоящего исследования заключаются в анализе современных алгоритмов распределения нагрузки и выявление недостатков исследуемых алгоритмов и методов.

При исследовании алгоритмов и методов балансировки нагрузки в телекоммуникационных системах и компьютерных сетях следует отметить следующие параметры качества обслуживания:

- доступная пропускная способность (B, bandwidth);
- уровень потери пакетов (Pl, Packet Loss);
- задержка (D, Delay);

- джиттер задержки (J, jitter) [1].

Выбор метода балансировки зависит от конкретных условий, в которых данная балансировка должна осуществляться. Например, для достижения следующих целей.

- предсказуемость: необходимо знать и понимать, как система балансировки будет вести себя в определённых условиях;
- равномерная загрузка ресурсов системы;
- масштабируемость;
- эффективность;
- сокращение времени выполнения запроса;
- сокращение времени отклика.

Для реализации эффективного распределения нагрузки между узлами в сети с высокой пропускной способностью алгоритм должен обладать следующими показателями:

- быстрая обработка данных и передача их в сеть;
- резервирование полосы пропускания;
- реализация алгоритма распределения на основе требований QoS к определенным типам трафика;
- гибкость использования алгоритмов обслуживания очередей на узлах сети.

Достижимость вышеперечисленного происходит за счет использования основных алгоритмов балансировки: Round Robin; Weighted Round Robin; Least Connections; Sticky Session [5].

В качестве допущения для исследования алгоритмов балансировки примем за основу потоки трафика на выходе из устройства, распределяемые по очередям с обслуживанием WFQ, которое должно удовлетворять современным требованиям QoS. В таком случае принято ещё одно допущение: критерием для балансировки потоков будут выступать протоколы транспортного уровня модели OSI; в качестве максимально приоритетного трафика будут выступать потоки с использованием транспортных протоколов RTP/UDP (используются для передачи голоса и видео при общении в реальном времени), которые будут отнесены к наиболее требовательному классу с установлением необходимых для классификации идентификаторов поля TOS в IP пакете.

Алгоритм балансировки Round Robin [2] представляет собой перебор запросов по круговому циклу: первый запрос — первому узлу, второй запрос — второму узлу и так до достижения последнего. Данный алгоритм балансирует нагрузку независимо от используемого в пакетах протокола. Главным критерием является обращение к узлу по доменному имени. К достоинствам алгоритма можно отнести следующее: низкую стоимость; простоту реализации; отсутствие связности между узлами-участниками алгоритма; алгоритм работает не зависимо от нагрузки на сервер. Несмотря на достоинства, у алгоритма также существуют следующие недостатки: обеспечение равного набора ресурсов каждого узла; отсутствие алгоритма проверки занятости сервера; отсутствие алгоритма проверки необходимой пропускной способности к линии; отсутствие

возможности управления потоками на основании используемого транспортного протокола.

Усовершенствованный алгоритм Round Robin (Weighted Round Robin [2]), согласно которому каждому узлу-участнику алгоритма присваивается весовой коэффициент на основе его производительности: больший коэффициент более производительному узлу. Данный алгоритм позволяет использовать ресурсы системы более гибко, но также не решает всех проблем с отказоустойчивостью узлов.

Алгоритм Least Connections обладает несомненным преимуществом по отношению к двум рассмотренным ранее – контроль количества подключений к узлу. Данная особенность алгоритма позволяет распределить нагрузку на узлы так, чтобы избежать отказа одного или более узлов из-за перегрузки. Это осуществляется путем передачи запроса узлу с наименьшим количеством активных подключений.

Также существует усовершенствованный вариант данного алгоритма — Weighted Least Connections, который при передаче запроса учитывает не только количество активных подключений, но и весовой коэффициент узла кластера, что позволяет выстроить кластерный сервис с разным набором ресурсов.

Алгоритм Sticky Sessions характеризуется распределением входящих запросов таким образом, чтобы один и тот же узел обслуживал одну группу клиентов. Такой алгоритм используется, например, в веб-серверах. В указанном алгоритме запросы распределяются между узлами на основе IP-адреса клиента, что реализуется методом IP hash.

На сегодняшний день существует множество алгоритмов балансировки нагрузки, которые способны обеспечить необходимый уровень качества обслуживания и отвечают основным требованиям распределения: эффективность; равномерное использование ресурсов системы; предсказуемость; уменьшение времени отклика; уменьшение времени ответа на запрос.

При использовании алгоритма Round Robin нагрузка на узлы сети будет распределяться равномерно, но данный алгоритм работает без учета состояния узлов, что может привести к «отказу в обслуживании» дальнейших потоков.

Использование Least Connections позволяет распределить нагрузку таким образом, чтобы все узлы сети были заняты на основании учёта состояния занятости, что позволяет осуществить передачу запросу «свободному» узлу. Данный алгоритм обладает существенным недостатком — отсутствием анализа приоритета передачи.

Sticky Sessions распределяет нагрузку так, чтобы при повторном обращении клиент попадал на тот же узел. Это позволяет сэкономить ресурсы всей системы за счет группового обслуживания и планирования инфраструктуры под необходимое количество клиентов. Данный алгоритм также обладает недостатком отсутствия анализа состояния занятости и обслуживания по приоритетам.

Несмотря на очевидные достоинства, в рамках исследовательской задачи, обладают серьезным недостатком — использование большого количества

ресурсов системы алгоритмом балансировки, уменьшению влияния которого посвящено дальнейшее исследование.

Список используемых источников:

1. Klampfer Sasa, Influences of Classical and Hybrid Queuing Mechanisms on VoIP's QoS Properties [Электронный ресурс] / Sasa Klampfer, Amor Chowdhury, Joze Mohorko, Zarko Cucej. - Режим доступа: <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/13380.pdf>
2. Braden R., RFC 2309. Recommendations on queue management and congestion avoidance in the Internet [Электронный ресурс] / D. Clark, J. Crowcroft, B. Davie, S. Deering, D. Estrin, S. Floyd, V. Jacobson, G. Minshall, C. Partridge, L. Peterson, K. Ramakrishnan, S. Shenker, J. Wroclawski, and L. Zhang. – Режим доступа: <http://tools.ietf.org/pdf/rfc2309.pdf>

Лозинская В.Н., к.т.н., доцент
Мамедов Т.Р., магистрант

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТОКОЛОВ МАРШРУТИЗАЦИИ В СЕТЯХ MANET

В настоящее время одним из наиболее интенсивно развивающихся инфокоммуникационных направлений являются беспроводные сети. Основным преимуществом беспроводных сетей заключается в предоставлении доступа к информации без учета географических и топологических характеристик пользователя. Одна из перспективных беспроводных сетевых технологий – это мобильные одноранговые сети MANET (mobile ad hoc network). MANET - это децентрализованная, самоорганизующаяся сеть без инфраструктуры. Каждый узел, являясь хостом, одновременно функционирует как маршрутизатор для установления связи между узлами по беспроводным каналам связи. Поскольку нет административного центра для управления сетью, каждый узел, участвующий в сети, отвечает за надежную работу всей сети. Узлы пересылают коммуникационные пакеты друг другу, чтобы найти или установить коммуникационный маршрут.

Сети MANET обладают рядом преимуществ: малое время развертывания, низкая стоимость, высокая производительность, мобильность всей сети. Основными параметрами, служащими для оценки качества сети MANET, как и любой другой, являются предоставляемая пропускная способность и задержка передачи информации для конечного пользователя. Сложность в оценке данных параметров в сети MANET связана с тем, что это сеть с непостоянной топологией, состоит из большого количества независимых мобильных устройств и каналов связи. Как и множество инфокоммуникационных сетей, MANET

управляется и функционирует с использованием протоколов маршрутизации. Соответственно, особенности используемого протокола напрямую определяет качество функционирования сети MANET. Протоколы маршрутизации MANET, как правило, не следуют свойствам обычных протоколов.

Известные в настоящее время протоколы маршрутизации MANET можно классифицировать по-разному, например, по структуре сети, посредством чего выделяют плоскую (ровную), иерархическую и географическую маршрутизацию (рис. 1).

При плоской маршрутизации узлы напрямую взаимодействуют друг с другом. Ее можно разделить на три категории: проактивные, реактивные и гибридные протоколы. Проактивные протоколы следуют стратегии, которой в основном пользуются обычные протоколы маршрутизации (на базе таблиц маршрутизации). Реактивная, или маршрутизация по запросу, обеспечивает маршрут до узла по мере необходимости. Гибридные протоколы включают свойства как проактивного, так и реактивного подходов.

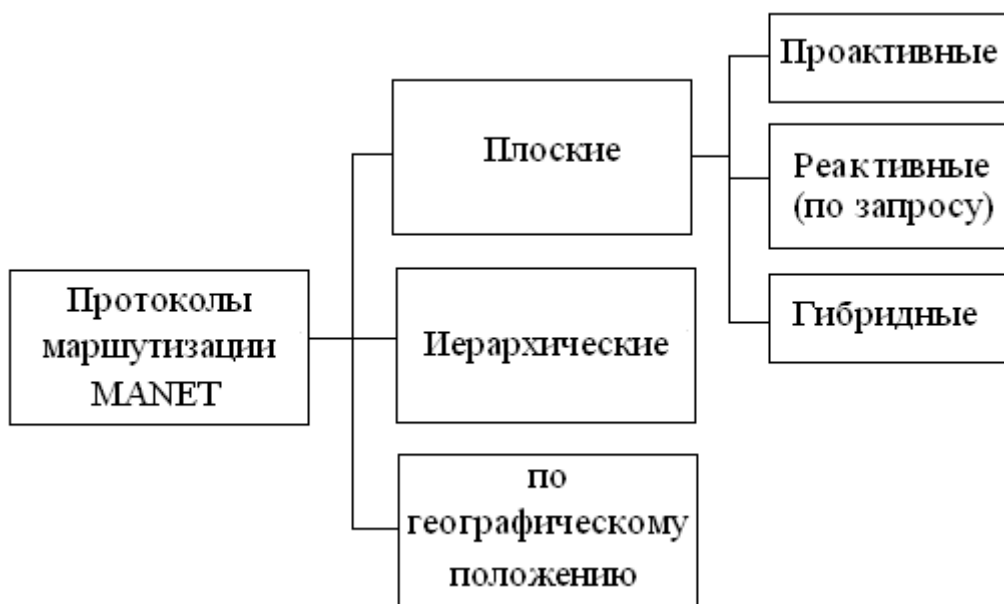


Рисунок 1 – Классификация протоколов маршрутизации MANET

Иерархическая маршрутизация играет важную роль в больших сетях, в которых протоколы плоской маршрутизации сталкиваются с ограничениями. В настоящее время информация о географическом местоположении также обеспечивает хорошую производительность в сетях MANET.

Основные протоколы маршрутизации MANET: FSR, FSLs, OLSR, TBRPF (проактивная маршрутизация); AODV, DSR (реактивная маршрутизация); HSR, CGSR, ZRP, LANMAR (иерархическая маршрутизация); GeoCast, LAR, DREAM, GPSR (географическая маршрутизация).

Производительность беспроводной сети MANET зависит от различных факторов, таких как пропускная способность отдельных каналов, мощность используемых приемопередатчиков узлов, QoS, эффективность маршрутизации и т. д. Из-за фактора случайности мобильности узлов и децентрализованного

характера достичь наилучшую из возможных производительность в MANET очень сложно. Среди всех параметров маршрутизация является одним из основных факторов, которые имеют большое влияние на производительность сети. Традиционные подходы к маршрутизации не всегда показывают методы поиска оптимального решения для обнаружения новых маршрутов в таких динамических и адаптивных сценариях, как это выступает в MANET. Множество протоколов маршрутизации MANET разработаны и протестированы на различных симуляторах; но до сих пор исследования не смогли обеспечить оптимальную эффективность маршрутизации для обеспечения высокой производительности сети. Многие факторы, включая плотность сети, время паузы, мобильность узлов, масштабируемость сети и т. д. напрямую влияют на принятие решений при маршрутизации, что очень сильно осложняет задачу оптимизации. Также немаловажным выступает ограничение в энергопотреблении протоколов, так как мобильные устройства, как правило, имеют ограничения по запасу энергии.

Таким образом, анализ влияния времени паузы, плотности сети, энергопотребления мобильными устройствами, мобильности узлов и масштабируемости сети на производительность протоколов маршрутизации поможет в разработке эффективного протокола маршрутизации, что является жизненно важным вопросом для повышения производительности MANET.

При этом большой интерес представляют реактивные протоколы. Реактивный протокол находит маршрут по необходимости (по запросу), заполняя сеть пакетами запроса маршрута. Когда нужен маршрут, исходный узел инициирует процесс обнаружения маршрута к месту назначения. После создания маршрут должен поддерживаться до тех пор, пока он не перестанет быть необходим или целевой узел не станет недоступным. Реактивные протоколы обновляют маршруты с меньшими накладными расходами и меньшим энергопотреблением, что важно для мобильных устройств MANET.

Реактивная группа делится на две категории, обе они следуют одному и тому же принципу маршрутизации «по запросу», но с небольшими различиями в области обнаружения маршрута. Протоколы первой категории вносят в передаваемые пакеты данных полный путь от источника к узлу назначения, и каждый промежуточный узел пересылает их в соответствии с информацией, содержащейся в заголовке каждого пакета. Это помогает решить проблему с локальным хранилищем на каждом промежуточном узле и снижает накладные расходы. Кроме того, это позволяет узлам не сохранять текущие обновления для маршрутов в своих таблицах и информацию о соседях. В категории реактивных протоколов «точка-точка» пакет данных включает только пункт назначения и адрес следующего шага. Промежуточный узел пересылает эти пакеты в соответствии с содержащейся в нем информацией. Этот принцип устанавливает надежную архитектуру для противодействия непредсказуемой топологии в MANET и улучшает адаптивность маршрутизации.

Целью дальнейшей работы является подробное изучение реактивной и гибридной маршрутизации и анализ производительности протоколов маршрутизации MANET: AODV, DSR, TORA, LDR и ZRP, в отношении

пропускной способности, сквозной задержки и сетевой нагрузки в зависимости от таких аспектов, как масштаб и плотность сети, мобильность узлов (скорость перемещения), время паузы, энергопотребление узлов. При этом исследование предполагается производить путем имитационного моделирования с использованием таких программных пакетов, как NS-2/3 (Network Simulator-2/3), OPNET (Optimized Network Engineering Tool), GloMoSim и т. д.

Список используемых источников:

1. Махмуд А.Ш., Поляков В.М. Оценка производительности протоколов маршрутизации мобильных ad-hoc сетей (MANET) // Научный результат. Информационные технологии. - 2016. - №4. - С. 64–71.
2. Метелёв А.П., Чистяков А.В., Жолобов А.Н. Протоколы маршрутизации в беспроводных самоорганизующихся сетях // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. - 2013. - №3. - С. 71-78.
3. Павлов А.А., Датъев И.О. Протоколы маршрутизации в беспроводных сетях // Труды Кольского научного центра РАН. - 2014. - №5. - С. 64-75.

Максименко Д.Л., магистрант
Мальчева Р.В., к.т.н., доцент
Кравченко А.Г., к.т.н., доцент

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ФУНКЦИЙ ВО ВСТРАИВАЕМЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ

Введение

Современные встраиваемые системы имеют в своем составе различное оборудование и работают под управлением встраиваемых операционных систем, в которых реализуется механизм многозадачности с определением приоритетов для выполняемых задач. При этом время исполнения пользовательского алгоритма, не имеющего высший приоритет, определяется суммой продолжительности исполнения алгоритма условной трудоемкости и времени ожидания освобождения ресурсов, определяемого интенсивностью потока приоритетных задач.

Т. о. для определения границ эффективности использования локальных и распределенных функций относительно встраиваемой системы требуется выполнить множество измерений времени выполнения алгоритмов, реализующих некоторую задачу постоянной трудоемкости [1].

Разработка модели и проведение исследований

Для проведения измерения продолжительности выполнения локальной и распределенной функций разработана программная модель [1], которая поочередно вызывает функции полезной нагрузки, реализованные как локальная и распределенная, соответственно. Затем увеличивается итерация, что приводит к увеличению трудоемкости полезной нагрузки и цикл повторяется.

В разработанной модели в качестве функции полезной нагрузки используется функция поиска в тексте фраз по их MD5 хеш-сумме. В качестве функции, реализующей алгоритм MD5, используется функция Тима Касвелла, имеющаяся в открытом доступе [2].

Всего предусмотрено 20 шагов роста трудоемкости, и данный процесс выполняется циклически 100 раз. Таким образом, всего осуществляется 4000 измерений, где на одну функцию приходится 2000 измерений.

Тестовая программа выполняется на процессоре Tensilica L106 32-bit в составе системы на кристалле Espressif ESP8266. В роли встраиваемой системы выступает модуль ESP-01. Работает под управлением ОС реального времени FreeRTOS, адаптированной компанией Espressif.

Инфраструктура сети показана на рис. 1.

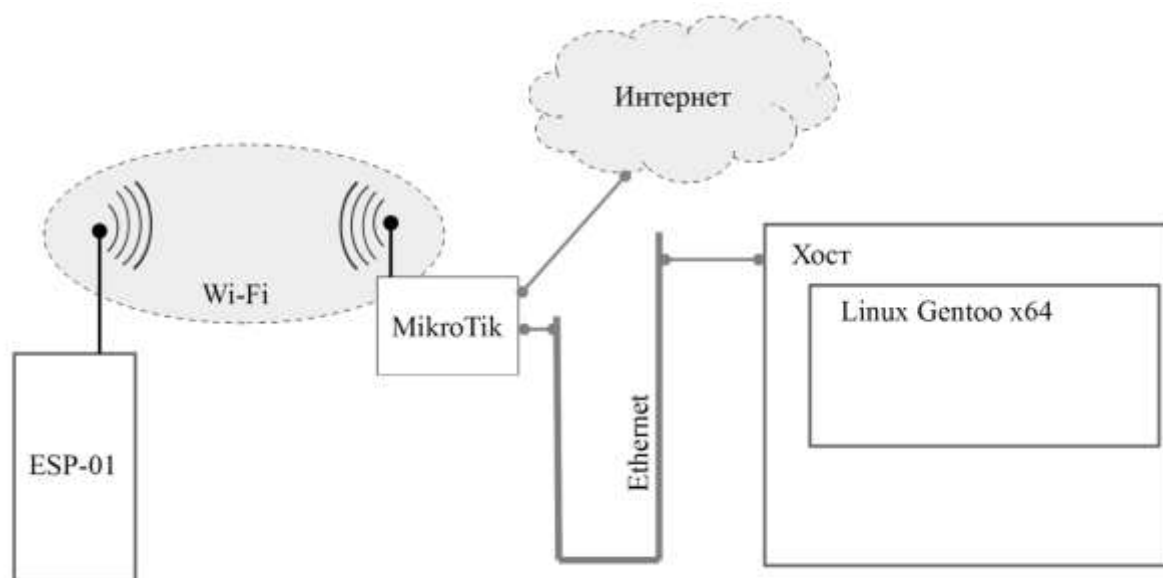


Рисунок 1 – Инфраструктура тестовой сети

Работа распределенных функций обеспечивается платформой открытых вычислений, работающей в среде Linux Gentoo x64, которая запускается на виртуальной машине Oracle VirtualBox. В качестве хоста выступает ПК под управлением ОС Windows Server 2008R2, с основными характеристиками: ЦП AMD Phenom B70, 3x3.5 ГГц, RAM 16ГБ. Подключение модуля ESP-01 к сети происходит с использованием встроенного Wi-Fi модуля, который входит в состав системы на кристалле. В качестве точки доступа выступает маршрутизатор MikroTik hAP Lite RB941-2nd, который является основой данной компьютерной сети. Он обеспечивает маршрутизацию для сетей IPv6 и IPv4, а

также обеспечивает подключение к Интернет IPv6. Соединение с платформой происходит по протоколу TCP. Устройства в сети используют реальные IPv6 адреса.

Измерение времени выполнения алгоритма производится с помощью высокоточного аппаратного таймера (в составе ESP8266). Значение таймера устанавливается на 100 мс, равное 500 000 тактов. По истечении времени происходит переполнение счетчика тактов и таймер срабатывает. Количество срабатываний таймера фиксируется, а в конце измерения сохраняется количество переполнений и остаточное количество тактов. Измерение производится сначала для локальной функции, а затем для распределенной.

При проведении исследований процессор в ESP8266 был настроен на частоту $F_{CPU} = 80$ МГц, а время одного такта таймера составило 200 нс. Таким образом, на один тик таймера приходилось 16 тактов процессора. В результате моделирования был получен набор данных. С использованием формул, приведенных в [3], определены значения условной трудоемкости, Q_{ysl} , локальной функции каждого этапа в тактах процессора Tensilica L106, которые занесены в специальные таблицы для дальнейшего формирования теоретических функциональных зависимостей.

Формирование оценок

На основании экспериментальных данных с использованием регрессионного анализа определены границы эффективности использования распределенных функций во встраиваемой системе ESP-01, построенной на базе системы на кристалле ESP8266, работающей под управлением ОС реального времени FreeRTOS.

Анализ показал, что, вследствие наличия временных задержек, обусловленных особенностями функционирования многозадачных систем и особенностями работы компьютерных сетей, в том числе сетей, использующих в качестве среды передачи данных радиоволны (Wi-Fi), во времени выполнения функций появляется неопределенность. Поэтому функции, выполнение которых на оборудовании ESP8266 занимает менее 150 мс, нецелесообразно заменять распределенными функциями. Кроме того, исследования показали, что максимальное время исполнения распределенных функций трудоемкостью в пределах 133 млн. операций занимает максимум 388 мс, в то время как на исполнение локальных уходит более 1,6 сек.

Выводы

В работе применен метод оценки эффективности использования распределенных функций и открытых вычислений во встраиваемых компьютерных системах, учитывающий особенности многозадачных операционных систем, которые используются как на удаленных узлах, где будет осуществляться работа платформы открытых вычислений, так и во встраиваемых системах. Выполнено моделирование, в ходе которого получено множество значений, упорядоченных определенным образом. На основе полученных результатов с применением регрессионного анализа определены

границы эффективности использования распределенных функций в рамках сценария моделирования для заданных аппаратных средств.

Список используемых источников:

1. Соломаха, С. С. Современные проблемы и перспективы реализации умных мобильных кибер-физических систем / С. С. Соломаха, Р. В. Мальчева // Информационное пространство Донбасса: проблемы и перспективы: материалы I Республиканской с международным участием научно–практической конференции. – Донецк: ГО ВПО «ДонНУЭТ», 2018. – С.183–187.

2. Касвелл Т. Simple MD5 implementation [Электронный ресурс] / Т. Касвелл. — Режим доступа: <https://gist.github.com/creationix/4710780>

3. Соломаха С. С. Применение облачных вычислений в системах реального времени [Электронный ресурс] / С. С. Соломаха, Р. В. Мальчева, И. И. Дегтярева // Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование (ИУСМКМ-2018): материалы IX Международной научно-технической конференции. - Донецк: ДОННТУ, 2018. - С. 182-186. — Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39148315>

Сидоров К.А., аспирант
Максименко Н.С., аспирант
Койбаш А.А., аспирант

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ КОМПОНЕНТОВ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ И СЕНСОРНЫХ УСТРОЙСТВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ В УНИВЕРСИТЕТЕ

Введение

В настоящее время развитие компьютерных систем и сенсорных устройств переживает очередную революцию. Все большее количество пользователей отдает свое предпочтение компактным переносным устройствам: ноутбукам, планшетам и мобильным телефонам, которые обеспечивают удобную работу в сети интернет. Насыщение же информационно-компьютерной инфраструктуры сенсорной информацией реального мира откроет новые возможности для улучшения качества и комфорта человеческой жизнедеятельности. Связующим звеном между составными частями такой концепции также являются сети.

Таким образом, сетевые технологии в современном мире являются одним из основных компонентов развивающихся компьютерных систем. Постоянно расширяющаяся цифровая инфраструктура нуждается в высоком уровне качества и скорости коммуникации между её узлами и элементами. И сети также эволюционируют вместе со всей системой. Поэтому на данный момент их

понятие давно уже вышло за рамки физической, кабельной, сети, и на сегодняшний день широкое распространение получили беспроводные сети [1].

Анализ сети ДонНТУ

В настоящий момент в ДонНТУ все оборудование, такое как ноутбуки и компьютеры, подключается к локальной сети вуза посредством проводного кабеля. Однако данный способ имеет ряд недостатков [1,2]:

1. Привлечение специализированных отделов вуза для монтажных работ, что ведёт к дополнительным затратам человеческого ресурса.
2. Подключение новых устройств неизбежно ведёт к постоянному увеличению прокладываемого сетевого кабеля, что создаёт излишнее его нагромождение.

В связи с этим появляется необходимость в поисках других способов подключения клиентов к локальной сети. Единственной альтернативой является беспроводная сеть. Тем не менее, она так же не лишена недостатков. Слабой её стороной является отсутствие приемников сигнала у стационарных компьютеров, а также отсутствие достаточного количества оборудования для передачи беспроводного сигнала. Однако заранее запланированный и постепенный переход от проводной сети к беспроводной сможет сократить число потенциальных проблем до минимального значения.

Технические проблемы и их решения:

1. Помехи при большой концентрации роутеров в небольшой области. Для предотвращения этой проблемы необходимо при размещении роутера учитывать его радиус покрытия, а также следить за тем, чтобы соседние роутеры были настроены на разные каналы и частоты.
2. Мощность передатчика как самого роутера, так и подключаемого устройства. Тут нужно помнить о том, что эффективная передача данных будет только в зоне покрытия самого слабого передатчика.

Перспективы развития сетевых технологий

В скором времени возникнет необходимость перехода на данный тип сети, поскольку в настоящее время основными трендами являются мини- и микрокомпьютеры, зачастую имеющие встроенные модули wi-fi. В современном мире наблюдается тенденция к уменьшению количества проводных соединений, и свидетельством этого является популярность беспроводных устройств и гаджетов, начиная от наушников и заканчивая зарядными устройствами. Так же стоит обратить внимание, что мы давно привыкли к наличию исключительно беспроводного доступа в интернет в мобильных телефонах, и развитие технологий идёт в данном направлении. Так, к примеру, уже в ближайшем будущем технологии мобильного интернета 5g позволят получить доступ к сети интернет с гораздо большей скоростью, чем на настольном персональном компьютере посредством сетевого кабеля.

Важным событием для беспроводных сетей стало появление нового стандарта wi-fi 6. Особенностью данного стандарта является скорость в 11 Гбит, при идеальных условиях, и около 800 Мбит в практических, повседневных условиях. Такие скорости полностью соизмеримы, а в некоторых случаях значительно выше, чем при использовании обычного проводного соединения.

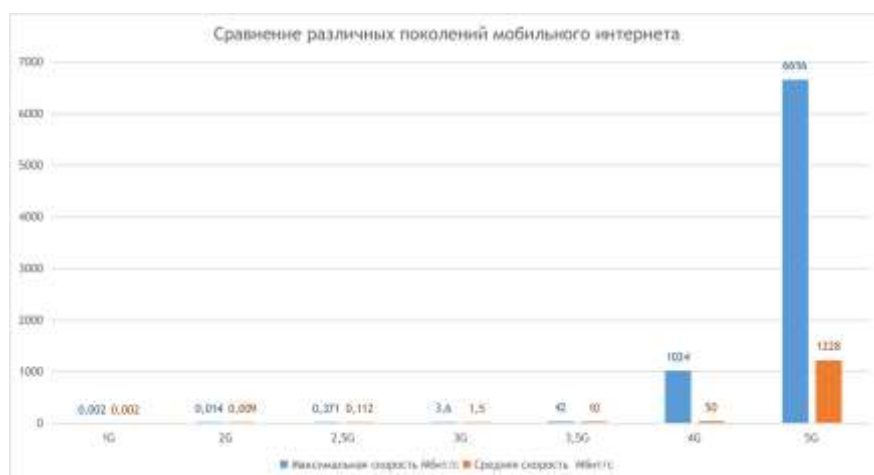


Рисунок 1 – Сравнение поколений мобильного интернета

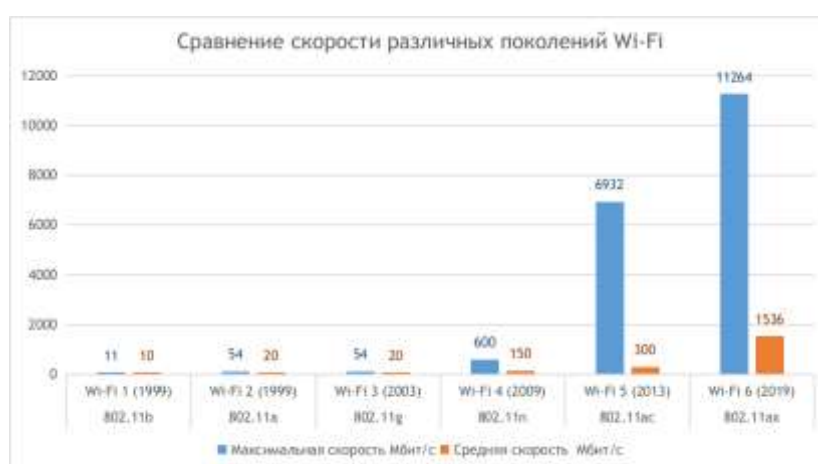


Рисунок 2 – Сравнение разных поколений wi-fi

Выводы

В настоящее время актуальным с точки зрения повышения эффективности сетевых структур и приложений является исследование и моделирование сетевой инфраструктуры с учетом особенностей реализации конкретных протоколов. Как отмечалось уже в работе сложность современной сетевой инфраструктуры, типичным примером которой является компьютерная сеть крупного университета, предполагает комплексное использование различных средств моделирования для получения наиболее полной информации об особенности функционирования сети, наиболее эффективных режимах ее использования и путях развития. Некоторые результаты такого рода исследований применительно к вычислительной сети ДонНТУ представлены в данной статье и могут быть использованы при анализе и эксплуатации аналогичных сетей [3].

Список используемых источников:

1. Аноприенко, А. Я. Особенности моделирования и оценки эффективности работы сетевой инфраструктуры / А. Я. Аноприенко, С. Н. Джон,

С. В. Рычка // Наукові праці Донецького державного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. Випуск 38. – Донецьк: РВА ДонДТУ, 2002. – С. 205-210.

2. Аноприенко, А. Я. Способы и средства моделирования вычислительных сетей с целью обеспечения эффективности функционирования web-сервисов / А. Я. Аноприенко, С. В. Рычка, Хасан Аль Абабнех // Моделирование и компьютерная графика: Материалы 1-й международной научно-технической конференции, г. Донецк, 04-07 октября 2005 г. – Донецк, ДонНТУ, Министерство образования и науки Украины, 2005. – С. 156-159.

3. Аноприенко, А. Я. Моделирование университетской сетевой инфраструктуры / А. Я. Аноприенко, С. Н. Джон, С. В. Рычка // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2001. – Вип. 2(11). – С. 306-308.

Турупалов В.В., профессор, к.т.н.
Таранов Д.С., магистрант

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»

АНАЛИЗ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ СО СПЕКТРАЛЬНЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ

В настоящее время, в связи с постоянным развитием общества, рынок телекоммуникационных услуг, является чрезвычайно востребованным. Строительство государственными и коммерческими структурами корпоративных сетей связи, широкое проникновение интернета, увеличение числа пользователей мобильных сетей, внедрение и расширение сетей хранения данных - все это требует надежных и высокоскоростных каналов связи.

В данное время на многих ВОЛС общего пользования используются скорости передачи до 622 Мбит/с, но все большее применение получают ВОСП на скорости передачи 2,5 Гбит/с и выше. По таким ВОЛС можно организовать от 7680 до 100 000 каналов тональной частоты (КТЧ) или основных цифровых каналов (ОЦК) с пропускной способностью 64 кбит/с. В настоящее время разработаны ВОСП на скорости до 40 Гбит/с.

Эти возможности не являются предельными: спектральное уплотнение позволит на несколько порядков увеличить суммарную скорость передачи трафика по каналам ВОЛС. Если обратиться к третьему окну прозрачности шириной 140 нм при длине волны 1,55 нм, то оно может вместить до 630 спектральных каналов (СК) с разницей частот между ними 24 ТГц и скоростью передачи 2,4 Гбит/с в каждом. Это соответствует приблизительно общей скорости 1,5 Тбит/с или 23 млн КТЧ или ОЦК.

Как частота, так и длина волны оптического излучения используются для описания параметров оптических кабелей и компонентов. Поэтому полезно знать взаимосвязи между этими переменными, что особенно важно при

описании ширины полосы частот в терминах отклонений длины волны или частоты.

ВОСП со спектральным уплотнением или мультиплексированием с разделением длин волн (wavelength division multiplexing, WDM) предполагает, что по одному оптоволокну одновременно передается несколько спектрально разнесенных оптических несущих, каждая из которых модулируется многоканальным сигналом, сформированным соответствующим каналообразующим оборудованием.

Возможность построения таких систем основана на относительно слабой зависимости коэффициента затухания в соответствующем окне прозрачности от частоты (или длины волны) оптической несущей. Поэтому, используя метод частотного разделения, на одном ОВ можно организовать несколько широкополосных оптических каналов, тем самым увеличивая результирующую скорость передачи информации.

Из всего вышеописанного можно сделать вывод, что наличие дополнительной длины волны в сетях WDM, позволяет обеспечить высокую надежность за счет резервирования и восстановления на оптическом уровне. Так как использование отдельных оптических длин волн, позволяет обеспечить высокую скорость переключения и повышает эффективность системы резервирования.

Список используемых источников:

1. Беловолок, М.И. Макет волоконно-оптической линии связи со спектральным уплотнением в области 1,3 мкм / М.И. Беловолок, А.Т. Гореленок, Е.М. Дианов, и др. // Квантовая электроника. 1979. - №6. – Режим доступа: <http://www.mathnet.ru/links/60b388e881b7de62dde07db8f0223c62/qe9781.pdf>
2. Установлен новый рекорд скорости передачи данных в оптических сетях // C-news. 23.10.2006
3. Наний, О. Е. Оптические передатчики с перестраиваемой длиной волны излучения для DWDM-сетей связи, ч.1 / О. Е. Наний // Lightwave Russian Edition, 2006. - №1.
4. Романчева, Н.И. Базовые Интернет-технологии [учебное пособие] / Н. И. Романчева. – М.: МГТУГА, 2008. – 96 с.
5. Дианов, Е. М. Спектральное уплотнение каналов в волоконно-оптических линиях связи / Е. М. Дианов, А. А.Кузнецов. // Квантовая электроника. 1983. - № 10.
6. Фриман, Р. Волоконно-оптические системы связи / Р. Фриман. - М.: Техносфера, 2003.
7. Тенденции развития волоконно-оптической связи: от высокой емкости к гибкости оптических сетей. // LightWave Russian Edition. 2003. - №1.
8. Алферов, Ж. И. Многоканальная дуплексная волоконно-оптическая линия связи на длине волны 1,3 мкм / Ж. И. Алферов, М. И. Беловолок, А.Н. Гурьянов, и др. // Квантовая электроника, 1982. - №9.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ДОСТУПА NGPON ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ

С каждым годом возрастает необходимость в ощутимом увеличении скорости передачи информации. Этому способствовало появление таких услуг как видео по запросу (VoD), телевидение высокого разрешения (HDTV), доступ в Интернет, онлайн-приложения. Ко всему прочему активно развивались беспроводные сети, для которых потребовалось использование волоконно-оптических сетей связи в качестве транспорта для достижения пиковой скорости в 100 Мбит/с и выше на одного абонента или же точку доступа. Все перечисленное выше привело к необходимости в разработке пассивных оптических сетей доступа нового поколения – Next Generation Passive Optical Networks (NGPON), поскольку со стремительно возросшими требованиями увеличились и капитальные, и эксплуатационные затраты.

Оптические сети нового поколения создавались, исходя из выросших требований к таким характеристикам, как скорость передачи информации, более низкие затраты на развертывание и обслуживание этих сетей. Достичь соответствия таким требованиям можно только путем внедрения новейших технологий, использования большего количества длин волн на волокно, увеличения радиуса эффективного действия сети доступа, разработки сплиттеров с большим коэффициентом деления и так далее.

Формально можно выделить два разных подхода к разработке PON нового поколения. Первый подход – эволюционный (NGPON1). При этом обеспечивается сосуществование с действующими пассивными оптическими сетями (GPON) с сохранением оптической распределительной сети. В этом случае миграция направлена на снижение капитальных затрат и достижение минимума времени перерыва в предоставлении услуг пользователям, которые не переходят на NGPON1. Второй подход – это переход на новые технологии энергосбережения или полную замену существующей гигабитной PON для того, чтобы внедрить преимущества, связанные с переходом на NGPON2.

NGPON2 – это сети, основанные на временном разделении каналов (TDM), с обеспечением высокой скорости передачи данных. Возможен вариант с обеспечением большой пропускной способности на основе волнового разделения каналов (WDM) с разным числом длин волн на волокно. Есть и третья категория, основанная на использовании TDM и WDM, так называемые TDM/WDM системы.

Максимальное расстояние, которое могут покрыть традиционные PON сети, достигает значения в 20 км. К оптическим сетям нового поколения относят и оптические сети увеличенного радиуса действия Long Reach Optical Access Networks (LROAN), которое покрывает расстояние в более чем 100 км.

Использование LROAN дает возможность обойти ограничения, которые связаны с применением сетей PON с WDM или TDM. Здесь имеются в виду малые значения коэффициентов деления сплиттеров и малые радиусы действия. Использование концепции LROAN дает возможность упрощать сеть доступа за счет большей протяженности, что приводит к уменьшению числа переходов оптика-электроника-оптика (OEO). Также стоит отметить и обеспечение консолидации центральных узлов сети, что приводит к ощутимому снижению эксплуатационных расходов [2].

На смену NGPON первого поколения пришли стандарты NGPON второго поколения, среди которых отдельного внимания заслуживает long-reach PON (LRPON). Если речь идет о максимально возможной скорости передачи данных технологии LRPON, то для нисходящего потока она равна 10 Гбит/с, а восходящего – 2,5 Гбит/с. Такая сеть способна покрыть расстояние в 100 км. При проектировании LRPON может быть внедрено до семнадцати оптических делителей. Каждый из них способен работать с отличными друг от друга нисходящими и восходящими потоками, распределенными по длинам волн. К одному оптическому делителю может быть подключено до 256 Optical Network Unit (ONU), а сам Optical Line Terminal (OLT) поддерживает обслуживание до 4352 абонентских терминалов. Рассматриваемые сети строятся по топологии многоступенчатого дерева с множеством отдельных ветвей. Такая топология позволяет обеспечить интеграцию зоновых и оптических сетей доступа. Топологические особенности сетей PON и LR-PON представлены на рис. 1.

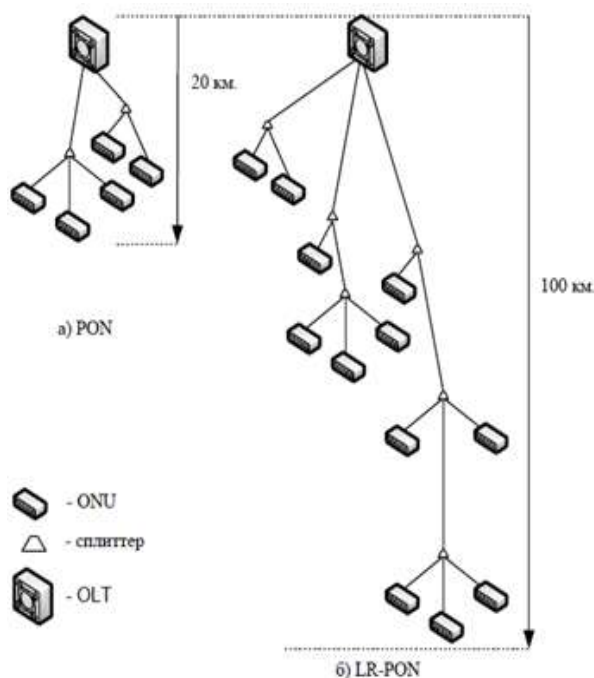


Рисунок 1 – Сравнение топологии PON и LR-PON

Сеть LRPON является сложной системой, поэтому перед ее проектированием необходимо произвести ряд расчетов, основанных на различных критериях.

Для обеспечения способности эффективной передачи данных на требуемые расстояния следует проверить соответствие бюджета мощности устройств и бюджета потерь, которые возникнут в проектируемой сети. Такое соответствие называется энергетическим балансом и является основополагающим критерием при построении сети LRPON.

При проектировании сети следует учитывать и качество предоставления услуг, что определяется ее надежностью и тесно связано с общим ресурсопотреблением всей сети. Общая надежность всей проектируемой системы вычисляется на основе показателей надежности всех ее составляющих узлов. В сетях LRPON исследуются отдельные цепи, которые представляют собой OLT – сплиттер – ONU. Такие цепи являются по своей сути последовательным соединением элементов. Если же рассматривать соотношение между такими цепями, то соединение будет считаться параллельным. Как правило, надежность целой системы будет определяться цепью OLT – сплиттер – ONU с наименьшим показателем надежности [1].

Бюджет стоимости сети непосредственно обеспечивает ее соответствие всем предъявляемым требованиям, является их фундаментальной базой. Неотъемлемым этапом проектирования сети является расчет ее бюджета стоимости. Стоимость является фундаментальной базой для предъявленных к сети требований и всех нюансов проектирования. Общий бюджет стоимости LRPON является совокупностью стоимостей всех ее узлов и элементов.

Исходя из всего вышесказанного, энергетический баланс, надежность и стоимость проектируемой сети могут считаться основными критериями оптимизации сетей LRPON. Каждый из этих критериев располагает различной размерностью и индивидуальным влиянием на конечный результат расчетов, направленных на оптимизацию. Это приводит к необходимости в постановке и решении задачи многокритериальной оптимизации. В ходе такой задачи требуется найти решение, при котором значение всех целевых функций были бы приемлемыми для постановщика задачи.

Для решения подобных задач используется метод Парето, суть которого состоит в том, что оптимальное решение необходимо выбрать из альтернатив, принадлежащих множеству Парето. Данный метод используется во множестве практических ситуаций, когда оценка альтернатив происходит на основе противоречивых критериев. Анализ множества Парето дает возможность прийти к компромиссу между противоречивыми требованиями и позволяет оценить зависимость ухудшения множества критериев от изменения одного из них.

Список используемых источников:

1. Игнатов А.В. Энергетические условия развертывания LR-PON // Современные проблемы телекоммуникаций: материалы Российской научно-технической конференции (г. Новосибирск, 23-24 апреля 2015 г.). Новосибирск, 2015. – С. 147-149.
2. Шувалов В.П., Фокин В.Г. Пассивные оптические сети большого радиуса действия. М.: Горячая линия – Телеком, 2018. – 154 с.

Червинский В.В., к.т.н., доцент
Ковалев Е.С., магистрант

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ СЕТИ WDM ПРИ СТАТИЧЕСКОМ ВАРИАНТЕ ТРАФИКА

Мультиплексирование с разделением по длине волны (Wavelength Division Multiplexing, WDM), называемое также волновым мультиплексированием или спектральным уплотнением, напоминает хорошо известное мультиплексирование с частотным разделением каналов, но только выполняемое в оптической среде передачи. Развитием этой технологии стало "плотное" WDM (dense WDM, DWDM). Сначала применение метода WDM ограничивалось сферой междугородной телефонной связи и телевидения. Перспективы его распространения стали более радужными после кардинального изменения ситуации на американском рынке телекоммуникационных услуг связи (в середине 90-х гг.).

Прежде линии связи использовались главным образом для транспортировки голоса, теперь же значительную часть передаваемого по ним трафика составляют данные, объем которых растет опережающими темпами (годовой прирост речевого трафика - 8%, а трафика данных - 35%). Особенно быстро, на 80-100% в год, увеличивается объем трафика Internet, причем этот процесс приобрел труднопрогнозируемый характер.

Рост объема передаваемых данных постепенно привел к исчерпанию пропускной способности существующего оптического волокна, со всей остротой поставив вопрос ее увеличения. Его можно решить тремя способами: проложив новый кабель, перейдя к более производительной аппаратуре временного мультиплексирования или применив WDM. Недостатки первого сценария очевидны.

Реализация второго варианта в сетях дальней связи SONET/SDH тоже связана с рядом трудностей. До недавнего времени в таких сетях самым быстрым был канал OC-48/STM-16 (скорость передачи 2,4 Гбит/с). Затем началось внедрение аппаратуры уровня OC-192/STM-64, обеспечивающей производительность 10 Гбит/с, однако проложенное волокно изначально не было рассчитано на столь высокие скорости передачи.

Во-первых, при таких скоростях существенную роль начинают играть отражения сигнала от мест соединения кабелей и поляризационная модовая дисперсия, вызванная отклонением поперечного сечения волокна от круговой формы. Для компенсации дисперсии прокладываются отрезки волоконно-оптического кабеля с дисперсией противоположного знака.

Во-вторых, с ростом скорости передачи усиливается затухание (рассеяние) светового потока и ухудшается чувствительность фотоприемника, т. е. увеличивается минимальная мощность входного сигнала, при которой частота

появления ошибок (BER) соответствует определенному пределу. Чтобы обеспечить достаточную мощность принимаемого сигнала, приходится устанавливать дополнительные усилители и регенераторы.

Таким образом, планируя переход к канальным скоростям 10 Гбит/с и более, необходимо проанализировать ограничения, обусловленные искажениями сигнала в волокне и техническими возможностями аппаратуры. Многие специалисты сомневаются в том, что в ближайшие годы временное мультиплексирование (например, SONET/SDH) сможет на практике превзойти уровень 10 Гбит/с.

Теперь рассмотрим третий вариант - технологию WDM, позволяющую заметно повысить эффективность использования суммарной пропускной способности оптического волокна. Обычное оптическое волокно имеет три окна прозрачности в инфракрасной области; их центральные длины волн равны 850, 1300 и 1550 нм. Для передачи на большие расстояния используются только диапазоны 1300 и 1550 нм, характеризующиеся минимальным затуханием сигналов (рис. 1). Ширина каждого из этих двух диапазонов составляет 200 нм, что в сумме приблизительно эквивалентно частотному интервалу в 60 ТГц.

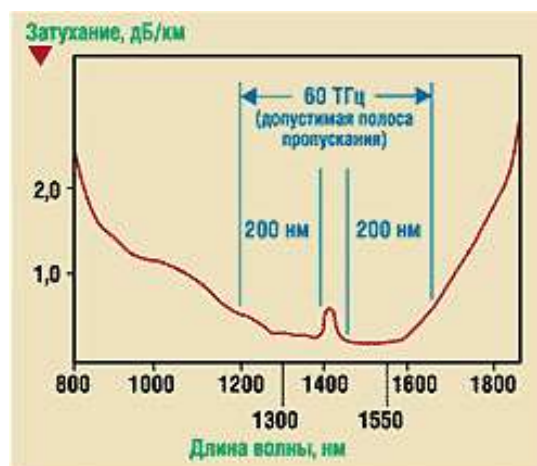


Рисунок 1 - Рабочие диапазоны оптического волокна

При оценке пропускной способности волоконно-оптического канала обычно принимают, что на каждые 1 Гбит/с требуется 2 ГГц полосы пропускания. При таком подходе 60 ТГц становятся эквивалентными пропускной способности 30 Тбит/с, однако не учитываются ограничения приемо-передающей аппаратуры, которая формирует канал передачи данных. Если, например, время срабатывания фотоприемника равно 1 нс, то скорость передачи трафика по каналу не превысит 1 Гбит/с, какой бы широкой ни была полоса пропускания волокна.

Пропускная способность канала определяется такими характеристиками приемо-передающих устройств, как максимально достижимая скорость модуляции передатчика и способность фотоприемника быстро и точно распознавать биты данных. Сегодня скорость передачи по каналу дальней связи,

на которую может рассчитывать пользователь, составляет около 2,4 Гбит/с, а в отдельных случаях - 10 Гбит/с.

Это означает, что из 60 ТГц потенциальной полосы пропускания канала на практике используется не более 20 ТГц. Если же разделить общую полосу пропускания на множество частотных каналов, скорость передачи каждого из которых сохранится на прежнем уровне, то объем данных, передаваемых по волокну в единицу времени, увеличится. Именно этот подход реализован в технологии WDM.

Список используемых источников:

1. Складов, О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи: Учебное пособие. 2-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2010. - 272 с.: ил.
2. Дональд Дж. Стерлинг. Техническое руководство по волоконной оптике. - М.: Лори, 1998.
3. Бейли, Д., Райт, Э. Волоконная оптика: теория и практика / Пер. с англ. - М.: Ку-диц-Образ, 2006. - 320 с.
4. Гринфилд Д. Оптические сети. - К.: ООО «ТИД «ДС»», 2002. - 256 с.
5. Меккель, А. М. Нужна ли полностью оптическая транспортная сеть в эпоху NGN // Электросвязь, № 10, 2008. - С. 19-22.

Якубчук М.О., магистрант
Мальчева Р.В., к.т.н., доцент

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ОХРАННЫХ УСТРОЙСТВ ОПОВЕЩЕНИЯ О ПОСЕТИТЕЛЯХ

Введение

В условиях регулярно ухудшающейся криминальной обстановки в стране, в городе, районе, все большее число юридических и физических лиц стали интересоваться решением проблем собственной безопасности, обращая внимание на простые и доступные устройства и системы. До недавних пор основными устройствами контроля доступа считались домофоны. Однако, существенный технический прогресс последних лет позволил расширить функциональность этих устройств, добавив оборудование для видеонаблюдения, и, таким образом, дал возможность говорить о возможности использования функций видеодомофонов в качестве устройств контроля доступа.

Современные системы охраны представляют широкий спектр услуг. Так, например, комплекс «Недотрога» [1] предназначен для обеспечения безопасности объектов различных категорий важности, степени сложности и конфигурации путём своевременного обнаружения угроз и информирования о них службы безопасности охраняемого объекта (рис. 1).



Рисунок 1 – Общая организация охранной системы

Однако, не всегда предприятия требуют от разработчиков предоставления всего спектра возможных услуг, учитывая, в том числе, и стоимостные параметры [2].

Постановка цели и задач работы

Целью работы является проектирование интеллектуальной системы оповещения о приходе посетителя.

Для ее достижения необходимо решить следующие задачи:

- выполнить анализ систем контроля производственных предприятий и аппаратно-программных средств их реализации;
- разработать структуру и обосновать выбор элементной базы реализации системы контроля приемом посетителей предприятия;
- выбрать средства программирования микроконтроллера;
- выбрать среду моделирования системы;
- практически реализовать элементы системы и провести ее тестирование

Разработка структуры системы

Данная система предназначена для использования на предприятии, где работает большое количество людей и также бывает достаточно много посетителей. Система должна позволить службе охраны получать оповещения с фотографией о людях, которые находятся у входной двери для принятия решения о доступе на территорию и/или в помещения предприятия.

Структурная схема системы приведена на рис. 2.

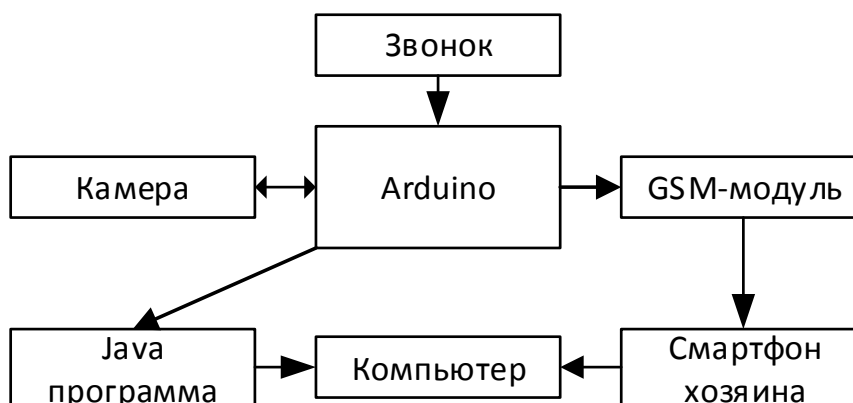


Рисунок 2 – Структурная схема системы приема посетителей предприятия

Разрабатываемая система включает в себя следующие элементы:

- плату Arduino Uno, обеспечивает выполнение функций управления всей системой, выбор которой обусловлен ее доступностью и относительно низкой стоимостью [3];
- кнопку - обычная монтажная кнопка, размещенная в корпусе;
- камеру OV7670, которая выбрана из-за популярности, дешевизны и совместимости с остальными компонентами платформы Arduino;
- центральный компьютер, в качестве которого может использоваться как стационарный компьютер, так и ноутбук с доступом к глобальной сети Интернет и установленным необходимым программным обеспечением;
- роутер для подключения компьютера и других устройств к сети Интернет.

Порядок функционирования следующий:

- человек, который находится перед входной дверью, должен нажать кнопку дверного звонка;
- камера, установленная на входе, делает снимок;
- снимок отправляется на пункт охраны с помощью программного обеспечения [4], загруженного в Arduino, и компьютера, подключенного к сети Интернет;
- в автоматизированной системе фотография проходит идентификацию в базе данных работников предприятия и постоянных посетителей;
- выдается сообщение (разрешение / запрет) на вход.

Выводы

В процессе работы разработана структура системы приема посетителей и выполнен анализ вариантов ее размещения относительно территории предприятия или офиса. Направлением дальнейших исследований является выбор среды для моделирования системы и ее апробация в реальных условиях.

Список используемых источников:

1. Интегрированный комплекс технических средств охраны «Недотрога» [Электронный ресурс] / ООО «Системы и связь». - Режим доступа: <http://www.iktso.ru/>

2. Парфенов, Д. А. Разработка системы контроля приемом посетителей предприятия на базе платформы Arduino / Д. А. Парфенов, Р. В. Мальчева, И. А. Янковский // Материалы IX Международной научно-технической конференции "Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование". - Донецк: ДонНТУ, 2018. - С. 219-222.

3. Arduino [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://doc.arduino.ua/ru/about>

4. Программирование Arduino [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://doc.arduino.ua/ru/prog/>