

# ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 621.391

## ВЫБОР КОДОВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ

**Е.С. Абазина**

(Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского)

**Научный руководитель – д.т.н., профессор К.Ю. Цветков**

(Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского)

При внедрении цифровых водяных знаков (ЦВЗ) в структуру видеоданных в целях повышения показателя скрытности целесообразно использовать широкополосные ЦВЗ, имеющие характеристики, близкие к характеристикам белого гауссовского шума.

Для широкополосных систем передачи информации (СПИ) с кодовым множественным доступом принципиальными вопросами являются оценивание и управление уровнем взаимных помех [1–3], а также выбор типа сложных сигналов, в частности, по виду их корреляционных функций [1] и ряду других свойств [2].

Согласно исследований, проведенных в работах [1–3] установлены соотношения между авто- и взаимнокорреляционными функциями, а также количеством сложных сигналов в ансамбле. В качестве базисов рассмотрены базисы дискретных экспоненциальных функций, функций Уолша, которые являются частными случаями базиса функций Виленкина-Крестенсона, а также непосредственно базис Виленкина-Крестенсона.

Таким образом, основные понятия и определения дискретного гармонического анализа имеют обобщения на периодах кодовых последовательностей  $N = n^s$ ,  $n \geq 2$ ,  $s \geq 1$ . Для периодов сигнала  $N = n^s$ ,  $n \geq 2$ ,  $s \geq 1$  имеется несколько операторов сдвига:  $n$ -сдвиг, диадный сдвиг ( $n = 2$ ) и циклический сдвиг ( $n = N$ ). Естественным базисом, соответствующим оператору  $n$ -сдвига, является базис Виленкина-Крестенсона. В нем по определению [2, 3, 5] были введены  $n$ -свертка,  $n$ -корреляция, а также были доказаны основные более общие аналитические соотношения для двумерного случая при временном и спектральном представлении сигналов. Полученные результаты являются обоснованием применения функций Виленкина-Крестенсона в качестве основы для широкополосных ЦВЗ с возможностью кодового разделения.

При решении задачи синтеза оптимальных двумерных сложных сигналов была обобщена задача Ипатова [6], согласно которой оценивается близость структуры сигнала к дельта-коррелированной. В результате математических расчетов и компьютерных экспериментов было установлено, что сигналами, соответствующими по своим характеристикам дельта-корреляции, являются оптимальные двумерные конструкции Франка-Уолша и Франка-Крестенсона.

В ходе исследований был сделан вывод о том, что в случае применения к одним и тем же сигналам различных ортогональных преобразований получаемые результаты имеют существенные отличия. Поэтому для внедрения данных в спектральную область целесообразно использовать в качестве ортогональных преобразований не только вейвлет-преобразование и дискретно-косинусное преобразование, но и преобразования Уолша и Виленкина-Крестенсона.

В итоге, полученные двумерные сигналы, оптимальные по показателю, введенному в [6], и устойчивые к сжатию и восстановлению были получены в результате обобщения на двумерный случай конструкций Франка-Фурье, Франка-Крестенсона и Франка-Уолша.

Таким образом, в процессе выбора кодовых последовательностей для формирования

широкополосных цифровых водяных знаков наилучшие результаты показали двумерные конструкции Франка–Уолша и Франка–Крестенсона, а также сигналы Франка в сочетании с ортогональными преобразованиями по Уолшу, Виленкину–Крестенсену и дискретно-косинусное преобразование соответственно. Их использование в качестве ЦВЗ позволяет равномерно распределить спектр встраиваемой информации в спектре стегоконтейнера, так, чтобы заполненный стегоконтейнер не отличался от пустого [4, 5].

### **Литература**

1. Мешковский К.А., Кириллов Н.Е. Кодирование в технике связи. – М.: Связь, 1961. – 290 с.
2. Цветков К.Ю. Теория оптимальных систем сложных дискретных сигналов и ее приложения. – СПб: ВКА, 2005. – 160 с.
3. Цветков К.Ю., Коровин В.М. Дискретный гармонический анализ и его приложения к задачам синтеза оптимальных сигналов // СПб: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2008. – 108 с.
4. Малозёмов В.Н., Машарский С.М., Цветков К.Ю. Сигнал Франка и его обобщения // Проблемы передачи информации. – 2001. – Т. 37. – Вып. 2. – С. 18–26.
5. Коровин В.М., Цветков К.Ю. Синтез оптимальных двумерных сигналов и фильтров подавления боковых лепестков корреляционных функций сложных дискретных сигналов в базисе Виленкина–Крестенсона // Авиакосмическое приборостроение. – 2008. – № 12. – С. 19–23.
6. Ипатов В.П. Периодические дискретные сигналы с оптимальными корреляционными свойствами. – М.: Радио и связь, 1992. – 152 с.

УДК 004.75

## **МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ПОТОКОВ ДАННЫХ В ПОДСИСТЕМЕ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ РАСПРЕДЕЛЕННОГО МОНИТОРИНГА**

**А.О. Агапкин**

(Тульский государственный университет)

**Научный руководитель – д.т.н., профессор Ф.А. Данилкин**

(Тульский государственный университет)

Распределенные системы мониторинга, как правило, представляют древовидную иерархическую структуру, корнем которой является сервер, занимающийся обработкой данных, пришедших либо от системы предобработки данных, либо непосредственно от устройств, занимающихся сбором информации.

Важным аспектом, который необходимо учитывать при проектировании распределенных систем мониторинга, является риск появления в системе «узких мест», ограничивающих максимальную их производительность. Часто, производительность может ограничиваться либо из-за недостаточной скорости сбора информации, либо из-за недостаточной скорости обработки информации в подсистеме предобработки информации, либо из-за невозможности сервера обработать весь поступающий ему поток данных.

Решение рассматриваемой в докладе задачи необходимо для определения параметров сервера, предназначенного для работы в подсистеме обработки данных на основании максимального потока данных к серверу.

Первым условием, минимизирующим поток данных к серверу, является исключение возможности непосредственной передачи информации от терминальных устройств системы мониторинга к серверу, минуя подсистему предобработки информации.

Критерием, также влияющим на поток данных к серверу, является качество обработки поступившего от терминальных устройств потока информации системой предобработки,

другими словами, качество фильтрации избыточной информации и качество сжатия существенной для системы информации.

На то, какое количество данных поступит от терминальных устройств, влияет ряд параметров. В частности, это вероятность получения отклика от терминального устройства, связанная с внутренней организацией его работы, организацией работы его микропрограммы. В качестве других параметров, влияющих на количественную оценку потока данных к серверу, выступают количество терминальных устройств, способ их объединения в группы, скорость передачи информации по внутренним сетям системы, степень сжатия значимой для системы информации, а также степень фильтрации всего потока информации.

Рассматриваемая в докладе методика оценивания потока данных к серверу, учитывает указанные критерии. Исходя из полученной по данной методике оценки, можно сказать, возможна ли практическая реализация проектируемой системы, каковы должны быть параметры ее сервера.

Еще одним способом уменьшения потока данных к серверу является особая конфигурация терминальных устройств и подсистемы предобработки информации, в соответствии с которой они передают измеренную информацию только в том случае, если последние показания терминальных устройств изменились. Это достигается благодаря системе дополнительных запросов от подсистемы предобработки к терминальным устройствам, в ответ на которые они сообщают, изменились измеряемые устройством показатели.

Такой подход увеличивает поток информации, передаваемый между устройствами нижнего уровня иерархии, но позволяет уменьшить поток передаваемых серверу данных.

Однако в таком случае в предложенной в докладе методике должны также учитываться вероятности изменения показаний терминальных устройств. Это означает, что необходимо оценить законы распределения для времени изменения параметров, мониторинг которых осуществляется, что является нетривиальной математической задачей. В этом заключается возможное развитие предложенной методики.

### **Литература**

1. Microsoft Corporation // Socket Performance Enhancements in Version 3.5 [Электронный ресурс] / Microsoft Corporation. URL.: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb968780.aspx> (дата обращения 22.02.13).
2. Ken Gottry // Sockets Performance Tuning [Электронный ресурс] / Ken Gottry. URL.: [http://kgottrysun.gottry.com/new\\_articles/Socket\\_PE\\_infra\\_bw.pdf](http://kgottrysun.gottry.com/new_articles/Socket_PE_infra_bw.pdf) (дата обращения 22.02.13).

УДК 316

## **ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ОТКРЫТОГО ТЕРАБИТНОГО КАНАЛА СВЯЗИ**

**С.Г. Алексеев**

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики)

**Научный руководитель – В.М. Поляков**

(ОАО «ГОИ им. С.И. Вавилова»)

Открытый оптический канал связи – средство быстрой беспроводной передачи информации посредством лазерного излучения. Особенности данного метода является помехозащищенность и отсутствие необходимости в проводах, где, по сравнению с радио, оптическая связь имеет преимущества помехозащищенности и скрытности. В работе

представлены оценки возможности создания терабитного оптического канала связи и рассмотрены ключевые трудности его разработки.

В условиях постепенного освоения ближнего околоземного космоса, когда расстояние до абонента измеряется сотнями тысяч километров, начинает играть существенную роль направленность сигнала – не секрет, что для дальней космической радиосвязи сооружались антенны циклопических размеров. В случае же оптической связи, с аналогичными энергозатратами возможна связь на значительно большее расстояние. В работе рассмотрен концептуальный вариант оптико-механической системы, обеспечивающей направленность сигнала.

Так же, однозначно приобретающим первостепенную важность параметром является скорость передачи данных. Например, современные марсоходы оборудованы системами видеонаблюдения, для удаленного контроля которыми в режиме реального времени требуется более широкая пропускная способность информационного канала, нежели может обеспечить радиосвязь. Обуславливается это различием диапазонов рабочих длин волн – «оптический» диапазон характерен величинами длин волн, в десятки и сотни раз короче радио. И чем выше частота излучения, тем больше ширина информационного канала, т.е. скорость передачи информации растет прямо пропорционально частоте. Здесь сокрыта первая фундаментальная проблема – стабилизация сверхвысокочастотного излучения. В работе приведены оценочные расчеты допустимой вероятности ошибки информационного канала и рассмотрены варианты привязки частоты излучения к эталонным колебательным системам.

Однако, с ростом скорости передачи данных до величин порядка терабита, появляются различные технические трудности ее регистрации, связанные с фундаментальными явлениями – конечность скорости протекания тех или иных процессов, возможности сред к регистрации сверхмалых доз излучения и т.д. Например, для фотодиодных приемников излучения, являющихся сегодня одними из быстрейших, пороговым разрешением по частоте является величина порядка единиц ГГц. В работе рассмотрены некоторые высокоскоростные приемники излучения, работающие в режиме приема однофотонных импульсов и подходы к созданию оптических когерентных мультиплексоров и демультимплексоров.

В результате, в работе рассмотрены ключевые проблемы, возникающие при разработке перспективного сверхширокополосного канала открытой оптической связи, и намечены пути решения некоторых из них.

УДК 004.72

## **ПРОБЛЕМЫ УДАЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ ЧЕРЕЗ INTERNET С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ СОТОВОЙ СВЯЗИ**

**С.С. Беляев, О.В. Васильева**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент Г.П. Жигулин**

Научные исследования в области технологий телеуправления мобильными системами и роботами, их удаленного мониторинга, а так же разработки систем телеприсутствия ведутся уже несколько десятилетий. Сфера практического применения результатов исследований и разработок данного направления постоянно растет, однако, растут и требования, предъявляемые к ним. Как правило, в первую очередь это касается организации информационного обмена между оператором (системой управления) и объектом мониторинга и управления.

В зависимости от особенностей конкретной области применения и конкретных требований в системах телеуправления и мониторинга могут быть применены различные способы передачи данных. Это относится как к физической реализации канала связи, так и к применяемому протоколу (стеку протоколов) информационного обмена.

Идеи применения глобальной сети Internet в качестве основы для построения систем мониторинга и телеуправления удаленными объектами существуют уже достаточно давно и были многократно реализованы на практике. Тем не менее, существуют задачи, в рамках которых этот подход сталкивается с существенными проблемами. В частности, речь идет о ситуациях, в которых невозможно обеспечить необходимую степень мобильности объекта мониторинга и управления даже с применением беспроводных интерфейсов, таких как Wi-Fi или Bluetooth. Также в некоторых случаях требуется высокая степень мобильности и для оператора.

За последние два десятилетия широкое распространение получили сотовые сети мобильной связи. Активно развиваются технологические возможности мобильных устройств по передаче цифровой информации, а также растет спектр соответствующих услуг, предоставляемых операторами сотовой связи. Существует уже несколько поколений стандартов передачи данных, позволяющих мобильным устройствам получить доступ к сети Internet. Таким образом, вполне естественным является интерес к применению возможностей средств сотовой связи при построении систем удаленного мониторинга и телеуправления мобильными объектами. Конечно же, такой подход позволяет решить проблему физической реализации канала связи с объектом мониторинга и управления, для которого требуется высокая степень мобильности, предоставляя последнему возможность информационного обмена с удаленной системой управления из любой точки области уверенного приема сигнала базовых станций. Тем не менее, остается ряд проблем в области протоколов информационного обмена, которые требуют дальнейших исследований. Ввиду особенностей технологий передачи цифровых данных, используемых в средствах сотовой связи, применение существующих протоколов передачи данных по сети часто не позволяет получить канал информационного обмена, характеристики которого соответствовали бы требованиям, специфичным для систем удаленного мониторинга и управления объектом с набором динамических параметров, даже безотносительно к требованиям по мобильности последнего.

Произведенный обзор литературы и сведений о практическом применении рассматриваемого подхода позволил выявить круг сопровождающих его проблем, основными из которых являются сложность мониторинга и управления параметрами качества соединения. Так же, существуют проблемы связанные непосредственно с нестабильностью этих параметров: ждиттер (колебания значения пинга), меняющаяся, ввиду воздействия множества факторов, скорость соединения и прочие. В рамках исследования, целью которого является определение реальных границ применимости существующих протоколов передачи данных для построения систем удаленного мониторинга и управления мобильными объектами, производится серия экспериментов, по результатам которых планируется выработка концепции специализированного протокола для применения в таких системах.

### **Литература**

1. Moutaouakkil F., El Bakkali M., Medromi H. New Approach of Telerobotic over Internet // Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science. San Francisco. – USA. – 2010. – P. 213–221.
2. Al-Ali A.R. GSM Based Control System // Proc. Information and Communication Technologies: From Theory to Applications. – Damascus, Syria. – 2004. – P. 326–341.

## **МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕ КЛАССИЧЕСКИХ И КВАНТОВЫХ КАНАЛОВ В ОПТОВОЛОКОННЫХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ**

**Д.Н. Вавулин, В.И. Егоров, А.В. Глейм**

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики)

**Научные руководители:**

**к.ф.-м.н., ст.н.с. С.А. Чивилихин** (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики), **В.В. Козлов** (Санкт-Петербургский государственный университет)

**Введение.** Системы квантовой криптографии, существующие на данный момент, зачастую используют не только слабый квантовый сигнал, как носитель защищенной информации, но и классический (опорный) сигнал, предназначенный для синхронизации временных отсчетов принимающей и передающей стороны. Также, по наличию классического сигнала всегда можно определить попытку передачи информации, так как квантовый сигнал может полностью поглотиться в волокне. Однако для этих целей используются два оптических волокна: одно для квантового канала и второе – для классического. Необходимость прокладывать отдельное волокно для квантового канала даже в пределах одного города может вызвать большие финансовые трудности.

**Цель работы.** Данная работа посвящена решению проблемы необходимости прокладки дополнительного оптоволоконного канала путем мультиплексирования обоих каналов связи в одном волокне.

**Базовые положения исследования.** Стандартные телекоммуникационные системы связи используют оптические волокна в качестве среды, по которой передается информация в виде большого числа квазимонохроматических классических сигналов, расположенных в небольшом частотном диапазоне вблизи длины волны 1550 нм (WDM-мультиплексирование). Если квантовый сигнал пропускать на частоте, близкой к частоте классических сигналов, будет наблюдаться множество нелинейных эффектов, которые будут значительно искажать качество квантового сигнала, так как он примерно на восемь порядков слабее классического. Основными двумя нелинейными эффектами являются эффекты четырехволнового смешения и спонтанного комбинационного рассеяния света. Влияние этих эффектов для различных длин волн квантового сигнала рассматривалось и анализировалось в данной работе.

**Результаты исследования.** В работе было показано, что квантовый сигнал наиболее выгодно пропускать на длине волны 1300 нм (второе окно прозрачности оптоволоконного канала). Данная длина волны позволяет оптимальным образом подобрать баланс между влиянием нелинейных эффектов и значением коэффициента потерь в оптическом волокне.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭТАПА ОЦЕНКИ ОГРАНИЧЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНО-АКТУАТОРНЫХ СЕТЕЙ

Д.А. Киров

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.А. Ожиганов

Технология беспроводных сенсорных сетей (БСС) как яркий представитель современной концепции «проактивных» вычислений на сегодняшний день получает все большее распространение, как в научной, так и в производственной среде. Сегодня выделяют два основных направления дальнейшего развития БСС. Первое из них – беспроводные сенсорно-актуаторные сети (БСАС; WirelessSensorandActuatorNetwork – WSAAN). Их основная особенность заключается в том, что, помимо функции сбора данных с многочисленных беспроводных датчиков, подобные системы должны иметь возможность выдавать на их основе определенные управляющие воздействия на исполнительные механизмы (актуаторы). Соответственно, значительно расширяется круг решаемых такими системами задач. Второй тенденцией БСС являются системы позиционирования объектов в реальном времени (RTLS; Real-TimeLocationSystems), основная функция которых состоит в определении местоположения различных объектов на плоскости и в пространстве.

Говоря о подобных направлениях развития БСС, следует в первую очередь остановиться на проблемах их проектирования. Это достаточно сложный и трудоемкий процесс, поскольку разработчику необходимо продумывать организацию системы на всех уровнях, от аппаратного до прикладного, а также знать устройство объекта управления. В связи с этим, адаптация существующих методологий проектирования и разработка новых элементов САПР для беспроводных сенсорно-актуаторных сетей и RTLS являются актуальными научно-исследовательскими задачами.

**Целью работы** является рассмотрение этапа оценки ограничений при проектировании БСАС и подходов к его автоматизации. Предполагается, что изучаемые системы совмещают в себе два вышеописанных направления, т.е. должны выполнять, в частности, функцию позиционирования мобильных объектов. Типовыми ограничениями в задаче оптимизации параметров БСАС являются время доставки пакетов, стоимость и энергопотребление.

Основным методом, рассмотренным в работе, является RialtoNET, разработанный в Калифорнийском университете Беркли. Большое количество БСАС характеризуется наличием так называемого цикла управления, в ходе которого контроллер опрашивает окружающие его датчики и на основе получаемой информации формирует управляющие воздействия (команды). RialtoNET позволяет анализировать данные циклы и путем перебора всех возможных сочетаний запросов и команд оценивать минимальные требования к системе и ограничения [1].

В ходе данной работы исследована возможность применения метода RialtoNET в проектировании вышеописанных систем и сформулирован ряд предложений для его адаптации к этой задаче. Первым из них является введение дополнительного ограничения, характерного для систем позиционирования объектов и, безусловно, требующего оценки. Этим ограничением является точность позиционирования. Оценивать погрешность определения местоположения предложено следующим способом. Сначала из уравнения трилатерации (вычисления координат) оцениваются погрешности входных данных, затем на этой основе оценивается допустимая погрешность конкретного метода позиционирования (например, RSSI – ReceivedSignalStrengthIndication).

Вторым способом адаптации RialtoNET к задаче проектирования изучаемых систем, предложенным в данной работе, является многократное выполнение метода на разных уровнях представления системы. Показано, что во многих случаях описание системы как

совокупности трех видов узлов (виртуальные контроллеры, виртуальные сенсоры и виртуальные актуаторы – [2]) не является достаточной для получения полного результата оценки ограничений. Требуется рассмотрение дополнительной сущности – мобильного объекта – и описание его взаимодействия с упомянутыми ранее узлами.

**Основные результаты.** Изучен подход к автоматизации одного из этапов проектирования беспроводных сенсорно-актуаторных сетей – этапа оценки ограничений. Рассмотрен метод RialtoNET и предложено два способа его адаптации к проектированию БСАС, решающих, в частности, задачу позиционирования мобильных объектов.

#### **Литература**

1. Bonivento A., Carloni L.P., Sangiovanni-Vincentelli A. Platform-Based Design of Wireless Sensor Networks for Industrial Applications // University of California at Berkeley. – 2005. – P. 1–6.
2. Bonivento A. Platform-Based Design for Wireless Sensor Networks // PHD thesis. – University of California at Berkeley. – Fall 2007. – P. 92–125.
3. Киров Д.А. Анализ методик проектирования беспроводных сенсорно-актуаторных сетей // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – НИУ ИТМО. – 2013. – Вып. 1. – С. 129–135.

УДК 004.67

### **СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИНУСОИДАЛЬНОГО СИГНАЛА НА БАЗЕ СТЕНДОВ SDK-1.1 И SDX-0.9**

**А.В. Литвинов**

(Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета  
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых)

**Научный руководитель – к.ф.-м., доцент М.Н. Кулигин**

(Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета  
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых)

**Краткое вступление, постановка проблемы.** В настоящее время для решения задач обработки данных требуется измерение параметров входного сигнала. Современные микропроцессорные средства позволяют обрабатывать аналоговые сигналы и с помощью использования управляющих программ измерять их основные параметры.

**Цель работы.** Для реализации данного устройства необходимо: изучить архитектуру стендов SDK-1.1 и SDX-0.9, разработать программу измерения параметров синусоидального сигнала таких как частота, период и амплитуда, а так же выполнить тестирование на отладочной платформе.

**Базовые положения исследования.** Система измерения параметров синусоидального сигнала должна включать в себя: стенды SDK-1.1 и SDX-0.9 и соответствующее программное обеспечение.

Программа обработки должна: производить обработку данных, сохранять результаты и отправлять полученные результаты на компьютер.

#### **Промежуточные результаты**

- Выбраны модели стендов – SDK-1.1 и SDX-0.9.
- Выбран алгоритм обработки данных.



- Выбраны допустимые входные напряжения сигналов – от  $-10\text{В}$  до  $+10\text{В}$ .
- Выбран интерфейс для связи с компьютером – RS-232.

**Основной результат.** В результате проектирования была разработана система, которая позволяет производить измерение параметров синусоидального сигнала на базе стандов SDK-1.1 и SDX-0.9 и отображать результаты на мониторе компьютера.

УДК 004.054

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФРАГМЕНТОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

С.М. Платунова

Научные руководители:

к.т.н., профессор Е.В. Шалобаев, к.т.н., доцент В.И. Поляков

Рассмотрена задача параметрического синтеза и анализа проектных характеристик фрагментов компьютерной сети, включающая синтез нагрузочных параметров фрагментов КС, синтез емкости накопителей элементов КС для случая самоподобного трафика данных, синтез числа обслуживающих приборов обеспечивающих требуемый уровень доступности ресурсов и услуг проекта КС.

**Решаемая проблема и цель работы.** Рост сложности компьютерных сетей (КС) порождает повышенные требования к их проектированию и модернизации в соответствии с достижениями производителей аппаратно-программного обеспечения КС. Целью работы является разработка метода параметрического синтеза фрагментов КС и анализа проектных характеристик КС для случая самоподобного трафика.

**Базовые положения исследования.** В литературе утверждается, что трафик данных некоторых сетевых конфигураций является самоподобным процессом и хорошо описывается медленно затухающими распределениями или распределениями «с тяжелым хвостом». Чтобы достичь высокого уровня коэффициента использования КС, для случая самоподобного трафика потребуются проектировать буферы звена передачи данных гораздо большего размера, чем предсказывает классический анализ очередей. Задержка в звене передачи при самоподобном трафике с ростом коэффициента самоподобия также существенно ухудшается.

Для учета влияния самоподобной нагрузки на основные показатели функционирования систем с ограниченным буфером используется функция:  $\lambda_s = \lambda f(H)$ , где  $\lambda_s$  – интенсивность потока;  $\lambda$  – интенсивность поступающего на обслуживание потока заявок при отсутствии самоподобия;  $H$  – параметр самоподобия (Херста), находящийся в пределах  $0,5 < H < 1$ . Если использовать линейный закон и значение функции для  $H=0,5$  равно 1, то можно представить  $f(H)$  в виде  $f(H)=2H$ . Следовательно, интенсивность  $\lambda_s$  потока в систему равна:  $\lambda_s = \lambda 2H$ .

На практике реализуются топологические структуры сетей, в которых каждое звено передачи данных моделируется многоканальной СМО с ограниченной очередью типа  $M/M/n/m$ . Анализ показывает, что приемлемое значение степени загрузки каналов  $\chi^{\text{опт}}$  является функцией числа каналов  $n$  и числа мест в буфере  $m$  узла коммутации и не зависит от допустимой вероятности отказа в обслуживании. Также подтверждено, что при увеличении числа обслуживающих устройств емкость буфера необходимо снижать при самоподобном трафике.

Проведено сравнение среднего времени пребывания на имитационных моделях в среде GPSS World типа P/D/2, P/D/3 с аналитическими моделями, учитывающими самоподобную нагрузку. Показано, что однородные экспоненциальные многоканальные модели массового

обслуживания с самоподобной нагрузкой дают верхние границы характеристик функционирования и могут быть применены для оценки качества обслуживания в сетевых структурах с самоподобным трафиком.

Известно, что альтернативные соединения в режиме баланса нагрузки позволяют повысить производительность и работоспособность соединения. Альтернативные соединения достигаются агрегированием линий связи и портов узлов коммутации реальной сети и могут моделироваться количеством обслуживающих приборов в узлах разомкнутой сети массового обслуживания. Для синтеза структуры обеспечивающей требуемый уровень доступности ресурсов и услуг проектируемой сети предлагается оптимизировать число обслуживающих приборов в узлах сети по критерию коэффициента оперативной готовности не ниже заданного. Коэффициент оперативной готовности зависит от числа резервных элементов системы. Общее число основных и резервных элементов, обеспечивающих заданный коэффициент оперативной готовности, является искомым числом обслуживающих приборов в узлах коммутации проекта компьютерной сети.

### **Основные результаты**

1. Предложено решение задачи структурного синтеза относительно выбора числа обслуживающих приборов в узлах КС как числа основных и резервных элементов проекта компьютерной сети по критерию заданного коэффициента оперативной готовности.
2. Предложено при осуществлении выбора нагрузочных параметров проекта компьютерной сети для случая самоподобного трафика использовать линейную зависимость потока от коэффициента самоподобия. При этом интенсивность потока умножается на удвоенное значение параметра самоподобия, выбранного из литературы или натурального эксперимента.
3. Предложено при проведении процедуры структурного синтеза относительно выбора емкости накопителя использовать зависимость, определяющую число заявок однородной многоканальной экспоненциальной системы массового обслуживания с линейной зависимостью интенсивности потока от коэффициента самоподобия.

УДК 004.27

## **МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ДЕГРАДАЦИИ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

**А.О. Шушаков**

(Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург)

**Научный руководитель – д.т.н., доцент А.Г. Басыров**

(Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург)

Интенсивно развивающаяся сфера информационных технологий в настоящее время открывает широкие перспективы для развития многих областей науки и техники, что находит свое отражение в нормативно-правовых и законодательных актах РФ. Приоритетными являются направления по созданию единого информационно-телекоммуникационного пространства органов государственного, военного управления, МВД, МЧС и т.д., интегрированной федеральной сети передачи данных, внедрение систем мониторинга, учета и прогнозирования во все сферы деятельности.

Реализация данных направлений возможна на базе создания единой информационно-телекоммуникационной системы, связывающей органы государственной власти, министерства и ведомства.

Однако следует отметить, что устойчивое функционирование такой сложной системы неразрывно связано с обеспечением ее структурной и функциональной живучести. Поиск

путей обеспечения высокого уровня живучести требует постановки и решения ряда сложных научно-технических задач. И если исследование структурной составляющей живучести в основном сводится к выявлению уязвимых мест в топологии системы и определению степени их влияния на целостность системы, то исследование функциональной составляющей живучести приводит к определению способности системы решать стоящие перед ней задачи в условиях структурной деградации.

Вместе с тем непредсказуемость изменения большинства воздействующих факторов, влияющих на свойства информационно-телекоммуникационных систем (ИТКС) и их топологию, придает особое значение анализу функциональной составляющей живучести с учетом состояния элементов системы и действующих между ними взаимосвязей. При этом под воздействующими факторами могут пониматься ошибки операторов, физические и программно-аппаратные воздействия злоумышленников и любые деструктивные воздействия, приводящие к структурной деградации системы.

Целью функционирования любой ИТКС является обработка с заданным качеством больших объемов информации и доведение ее результатов до потребителей в установленное время, в том числе в условиях деструктивных воздействий. Таким образом, наряду с проблематикой обеспечения высокой производительности таких систем возникает проблема обеспечения требуемой живучести.

Задача повышения структурной живучести может быть решена на этапе проектирования ИТКС следующими способами:

1. применением организационно-технических и аппаратно-программных средств защиты элементов системы, например вычислительных модулей, каналов связи и др.;
2. внесением избыточности в ИТКС (введением резервных вычислительных модулей, увеличением числа каналов связи);
3. использованием в процессе разработки элементов ИТКС специализированной элементной базы, стойкой к внешним воздействиям.

Однако в процессе эксплуатации, когда время выполнения плана вычислительного процесса (ПВП) ограничено директивным временем, необходимо решать задачу обеспечения функциональной живучести.

В работе рассмотрены способы повышения функциональной живучести на основе адаптивной реконфигурации вычислительного процесса в зависимости от степени деградации вычислительной структуры ИТКС.

В процессе эксплуатации решение задачи обеспечения живучести ИТКС, обладающей высокой степенью избыточности (когда количество резервных элементов значительно превышает количество основных) и функционирующей в условиях слабой деградации, не является сложной и предполагает использование постоянного либо смешанного способа резервирования. При этом все вычислительные средства ИТКС разбиваются на подмножества основных, обеспечивающих выполнение задач по назначению, и резервных вычислительных модулей (ВМ), обеспечивающих живучесть системы.

При отказе основного элемента ИТКС, который постоянно зарезервирован одним или несколькими резервными элементами, диспетчер переключает вывод результатов обработки информации с основного на соответствующий ему резервный элемент, а из числа элементов, находящихся в ненагруженном резерве, выбирается один элемент и переводится в нагруженный резерв.

При смешанном резервировании все основные элементы ИТКС разбиваются на две группы. Для элементов первой группы организуется постоянное резервирование, а для элементов второй – скользящее.

При скользящем резервировании на каждом элементе ИТКС, входящем в подмножество резервных элементов, производится мультипрограммная обработка тех заданий, которые в данный момент решаются на основных элементах. Для этого на каждом резервном элементе через некоторые фиксированные промежутки времени прерывается обработка одного задания

и возобновляется решение другого.

Если ИТКС обладает слабой избыточностью или функционирует в условиях сильной деградации, то для обеспечения ее живучести целесообразно применять только скользящее резервирование. Однако для систем, к которым предъявляются требования по оперативности, т.е. решаемые ими задачи имеют директивные сроки завершения, эффективность его применения во многом зависит от выбранного способа.

В работе предлагаются к рассмотрению два способа повышения функциональной живучести ИТКС, функционирующей в условиях деструктивных воздействий:

1. минимизация временных потерь при выполнении ПВП за счет выбора оптимального значения запаса живучести;
2. минимизация временных потерь при выполнении ПВП за счет динамического изменения интервала (кванта) времени, выделяемого на выполнение копий программ на резервных ВМ, в зависимости от объема выполнения задания.

Рассмотренные способы могут быть использованы при организации распределенных вычислений в процессе функционирования информационно-телекоммуникационных систем, к которым предъявляются высокие требования по обеспечению живучести и производительности в условиях ограниченных вычислительных ресурсов.

УДК 004.414

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЯМИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ И СРЕДСТВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ**

**Д.О. Егоров**

**Научный руководитель – П.Г. Гордеев**

Процесс создания сложных наукоемких изделий, в таких отраслях как авиа- и судостроение, приборостроение и телекоммуникации связан с большим количеством трудностей по организации работ, контролю их исполнения и особенно по реализации всех требований к изделию. Процесс создания таких изделий длится годами, требования меняются и уточняются неоднократно, меняются исполнители и ответственные сотрудники. В настоящий момент многие предприятия ведут работу с требованиями только в бумажном виде, не используя специальных средств управления требованиями. Это приводит к тому, что сложно понять: какая версия требований к системе сейчас актуальна; кто и почему вносил изменения; какие требования являются критичными и должны быть реализованы в первую очередь; какие требования были протестированы, а какие нет; как требования верхнего уровня связаны с требованиями нижнего уровня; кто отвечает за реализацию данного конкретного требования и т.д.

В итоге сроки разработки изделия увеличиваются, работа дублируется или наоборот необходимая работа не выполняется, предприятие теряет новые заказы на разработку, исправляет неправильно реализованные требования, тратит много времени и сил на сертификацию своего изделия.

В настоящий момент ряд российских предприятий уже осознали необходимость использования специализированных средств управления требованиями, изменениями, создания проектной документации для построения прозрачного и управляемого жизненного цикла требований от момента создания до реализации и тестирования.

Цель работы – создание модели основных бизнес-процессов с акцентом на функции управления требованиями, анализ оптимального способа выявления текущих и целевых параметров функций, расчет целевых параметров и выбор способа их достижения. Результатом работы является разработанная методика внедрения автоматизированной

системы управления требованиями (на основе прототипа с ПО IBM RationalDoors) в НИИ «Масштаб» для достижения целевых параметров.

УДК 004.63

## **СИСТЕМА ШИФРОВАНИЯ И ДЕШИФРОВАНИЯ ФАЙЛОВ, ФАЙЛОВОЙ СИСТЕМЫ FAT32 НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARM CORTEX-M3**

**Д.О. Шмельков**

(Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета им. А.Г. и Н.Г. Столетовых)

**Научный руководитель – к.ф.-м., доцент М.Н. Кулигин**

(Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета им. А.Г. и Н.Г. Столетовых)

**Краткое вступление, постановка проблемы.** Мы живем в информационном обществе, и информация стала часть нашей жизни. Каждый из нас имеет устройство для хранения данных, будь то карта памяти или DVD-диск. Мы можем иметь при себе гигабайты данных. Зачастую эти данные не имеют никакой ценности, но, к примеру, если вы работаете с очень важными документами или базой данных и имеете при себе их электронный вариант, встает вопрос о том как защитить эту информацию. Можно воспользоваться средствами компьютера и специальным программным обеспечением, но что делать, если его под рукой не оказалось, для этого нам необходимо использовать средства микропроцессорной техники – микроконтроллеры. Современные однокристальные процессоры позволяют не только полностью справиться с поставленной задачей, но и построить на их базе устройство для шифрования/дешифрования файлов без участия компьютера. Стоит так же учитывать то, что использование микроконтроллеров для решения этой задачи также налагает некоторые ограничения на используемые алгоритмы, поддерживаемую файловую систему и устройства. Рынок подобных устройств не очень велик, что естественно предлагает нам свободу для создания новых устройств.

**Цель работы.** Для реализации данного устройства необходимо: выбрать модель микроконтроллера, определиться с общей схемой работы программы, подобрать эффективные алгоритмы шифрования/дешифрования, реализовать интерфейс пользователя и программное обеспечение для работы с устройством, а так же выполнить тестирование на отладочной платформе.

**Базовые положения исследования.** Устройство для шифрования должно включать в себя: разъем для подключения устройства хранения информации, и разъем для подключения к персональному компьютеру.

Микропрограмма (программа управляющая микроконтроллером) должна: обнаруживать наличие/отсутствие устройства хранения данных, производить простейшие операции с файловой системой, выполнять шифрование/дешифрование файлов (всех сразу и в отдельности), принимать/отправлять команды/данные с/на компьютера.

Программное обеспечение должно: посылать/принимать команды/данные с/на компьютер, обеспечивать удобные интерфейс для пользователя.

### **Промежуточные результаты**

- Выбрана модель микроконтроллера – ARM Cortex-M3.
- Выбрана модель отладочной платформы – STM32.
- Выбран тип поддерживаемой файловой системы – FAT32.

- Выбран тип поддерживаемых устройств хранения информации – карты памяти microSD.
- Выбран метод шифрования/дешифрования – Гамирование.
- Выбран интерфейс для связи с компьютером – виртуальный COM порт.
- Проведен краткий обзор аналогов разрабатываемого устройства, в ходе которого было выяснено то, что часть устройств хранения данных имеет в своем составе только программное обеспечение для шифрования/дешифрования данных и ограничения доступа к ним.

**Основной результат.** В результате проектирования было разработано устройство, которое позволяет: осуществлять шифрование/дешифрование файлов файловой системы FAT32 на базе микроконтроллера ARM Cortex-M3 с использованием симметричного алгоритма шифрования. Так же было написано вспомогательное программное обеспечение.