Павловский, Евгений Алексеевич. Интегрированная среда мониторинга технического состояния цифровых сетей связи на основе имитационного моделирования : диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.18 / Павловский Евгений Алексеевич; [Место защиты: Нац. исслед. ун-т информ. технологий, механики и оптики].- Санкт-Петербург, 2013.- 112 с.: ил. РГБ ОД, 61 13-5/733

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
«Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики»

Павловский Евгений Алексеевич



14.03.2013

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СРЕДА МОНИТОРИНГА
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ
НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Специальность 05.13.18 - Математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель д.т.н. Лисицына Л.С.

Санкт-Петербург

2013

Работа выполнена в Санкт-Петербургском национальном исследовательском университете информационных технологий, механики и оптики (НИУ ИТМО) на кафедре компьютерных образовательных технологий.

**Научный руководитель:**

д.т.н. Лисицына Любовь Сергеевна,

заведующая кафедрой «Компьютерные образовательные технологии» НИУ ИТМО

**Официальные оппоненты:**

д.т.н., профессор Демин Анатолий Владимирович,

заведующий кафедрой «Оптико-цифровые системы, комплексы и технологии» НИУ ИТМО, г. Санкт-Петербург к.т.н. Роенков Дмитрий Николаевич,

доцент кафедры «Радиотехника» Петербургского государственного университета путей сообщения, г. Санкт-Петербург

**Ведущая организация:**

Общество с ограниченной ответственностью «ВАСТ-АРП», г. Санкт- Петербург.

з

**СОДЕРЖАНИЕ**

[Список используемых сокращений 6](#bookmark4)

[Введение 8](#bookmark5)

Глава 1. Проблемы мониторинга сигнализации на цифровых сетях связи.... 16

1. [Уровни мониторинга сигнализации 16](#bookmark7)
2. [Структура межстанционной сигнализации 16](#bookmark8)
3. [Контроль передачи физических сигналов 17](#bookmark10)
4. [Контроль блочной передачи информации 18](#bookmark11)
5. [Контроль процедур управления вызовами 22](#bookmark16)
6. [Существующие решения в системах мониторинга сигнализации 26](#bookmark19)
7. [Основные принципы построения систем мониторинга 26](#bookmark20)
8. [Функции системы мониторинга 28](#bookmark21)
9. [Сервисные приложения 30](#bookmark22)
10. [Коммерческие системы мониторинга сигнализации 32](#bookmark23)
11. [Вычислительные задачи в системе мониторинга сигнализации 36](#bookmark24)
12. Вывод 37

[Глава 2. Моделирование процессов в системе мониторинга трафика сигнализации 38](#bookmark25)

1. [Постановка задачи 38](#bookmark26)
2. [Основные понятия моделирования системы мониторинга 40](#bookmark27)
3. [Элементы математической модели 40](#bookmark28)
4. Аналитический подход 41
5. Приближенный подход 43
6. [Имитационное моделирование 44](#bookmark29)
7. [Характеристика входных данных 47](#bookmark30)
8. [Виды сообщений сигнализации 47](#bookmark31)
9. [Распределение сообщений по фазам соединения 48](#bookmark32)
10. [Количество и объем сообщений 52](#bookmark34)
11. Длина сообщений 57
12. [Параметры входных потоков сообщений 62](#bookmark39)
13. [Модель обработки информации в системе мониторинга сигнализации 65](#bookmark41)
14. [Разработка программы имитационного моделирования 69](#bookmark43)
15. [Язык GPSS и среда GPSS World 69](#bookmark44)
16. [Структура программы 69](#bookmark45)
17. [Задание входных параметров 70](#bookmark46)
18. [Генерация сообщений 74](#bookmark47)
19. Моделирование устройств ввода 76
20. Моделирование устройств высокоуровневой обработки и хранения 76
21. Вывод результатов 78
22. Результаты моделирования 78
23. [Выводы 80](#bookmark48)

[Глава 3. Программно-аппаратный комплекс мониторинга сигнализации 83](#bookmark49)

1. [Структура программно-аппаратного комплекса 83](#bookmark50)
2. [Устройство ввода информации 84](#bookmark51)
3. [Серверная часть программного обеспечения 88](#bookmark55)
4. [Клиентская часть программного обеспечения 93](#bookmark58)
5. [Выводы 99](#bookmark62)

[Глава 4. Внедрение среды мониторинга сигнализации 100](#bookmark63)

1. Использование программно-аппаратного комплекса мониторинга на

сетях связи 100

1. Организация учебных классов для обучения основам сигнализации на

цифровых сетях 102

1. [Выводы 104](#bookmark66)

[Заключение 105](#bookmark67)

[Список использованной литературы 107](#bookmark68)

б

**СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ**

|  |  |
| --- | --- |
| АОН | автоматический определитель номера |
| АТС | автоматическая телефонная станция |
| БД | база данных |
| век | выделенный сигнальный канал |
| кпв | контроль посылки вызова |
| меэ-т | Сектор стандартизации телекоммуникаций Международного союза электросвязи (ранее - МККТТ) |
| оке | общий канал сигнализации |
| ОКС №7 | общеканальная система сигнализации №7 |
| ПК | персональный компьютер |
| ПО | программное обеспечение |
| смо | система массового обслуживания |
| тмо | теория массового обслуживания |
| УВ | устройство ввода информации |
| чнн | час наибольшей нагрузки |
| эмвос | эталонная модель взаимодействия открытых систем |
| CDR | Call Detail Record, детализированный отчет по вызову |
| DSS1 | Digital Subscriber Signaling No. 1, цифровая абонентская сигнализация № 1 |
| DSP | Digital Signal Processor, цифровой сигнальный процессор |
| GPSS | General Purpose System Simulation, язык моделирования систем общего назначения |
| ISDN | Integrated Services Digital Network, цифровая телефонная сеть с |
| ISUP | интеграцией услугISDN User Part, подсистема пользователя ISDN в составе ОКС №7 |

подсистема пользователя ISDN, российская спецификация см. МСЭ-Т

Link Access Protocol for D-Channels, протокол доступа звена для D-каналов















Message Transfer Part, подсистема передачи сообщений в составе ОКС №7

Specification and Description Language, язык описания спецификаций

Session Initiation Protocol, протокол установления соединений SIP Telecommunications Management Network, система управления сетями операторов электросвязи

**ВВЕДЕНИЕ**

Имитационное моделирование позволяет решать широкий круг задач в тех областях, где применение других методов затруднительно или невозможно. Одной из таких областей является мониторинг трафика на телефонных сетях.

В настоящее время количество абонентских линий на телефонных сетях Российской Федерации составляет более 30 млн., из них к цифровой сети подключены более 80%, а общий объем телефонного трафика составляет более 25 млрд, минут в год. При эксплуатации цифровых телефонных сетей чрезвычайно важным является систематический контроль их технического состояния, позволяющий быстро установить причину ухудшения качества обслуживания абонентов, поскольку в условиях конкуренции даже незначительное повышение отказов в сети может привести к оттоку клиентов и значительному уменьшению прибыли.

Как показано в работах Б. С. Гольдштейна, И. М. Ехриеля и др. [16,17,19,32], для обнаружения неполадок в сетях, где применяется разнородное оборудование, требуется комплексная система мониторинга, способная отслеживать взаимодействие оборудования по соединительным линиям.

В течение жизненного цикла системы мониторинга требуется решение двух задач, касающихся определения количества требуемых для ее построения ресурсов. Задача синтеза заключается в определении требуемых ресурсов для составления исходного технического задания на систему или для его коррекции в соответствии с изменившимися условиями. Результатом решения этой задачи будут требования к количеству и производительности устройств обработки в системе мониторинга, а также к объему памяти, необходимой для буферизации и хранения информации. Задача анализа нужна для определения качества работы существующей системы в случае изменения условий, таких как нагрузка на каналы сигнализации. Решение

этой задачи позволяет прогнозировать качество работы системы и определить момент, когда качество работы системы перестанет удовлетворять требованиям и потребуется выполнить ее модернизацию.

Для проведения расчетов, описывающих поведение систем мониторинга сигнализации, требуется составление математической модели, описывающей процессы, происходящие в таких системах. Автоматизация расчетов с использованием имитационного моделирования позволит создать интегрированную среду мониторинга, способную гибко изменяться в соответствии с внешними условиями и обеспечивать решение практических задач по контролю и диагностике неполадок в сети. Функционирование такой среды приведено на следующей схеме:



 















ї







**о**

****

го



****

















С технической стороны существует несколько подходов к контролю сигнализации на соединительных линиях с использованием ОКС [1,7]. Условно их можно разделить на несколько классов:

Первый класс - контроль на уровне сигналов, передаваемых по физическим цепям. Этот класс включает в себя контроль соответствия формы электрических сигналов стандартным шаблонам, измерение уровня передаваемого сигнала, искажений и других физических параметров. Контроль физических цепей применяется, как правило, только при начальном монтаже соединительных линий и устранении аппаратныхнеисправностей оборудования и линий; непрерывный контроль физических параметров во время нормальной работы системы связи не требуется.

Второй класс - контроль битовой структуры потока. Сюда относится контроль сигналов цикловой синхронизации, а также битстаффинга в каналах сигнализации. Создание отдельной аппаратуры для этой цели редко оправдано, поэтому такие функции включаются либо в само телекоммуникационное оборудование в качестве дополнительной функции, либо в приборы, реализующие методы первого и третьего классов.

Третий класс - мониторинг сигнализации ОКС. Этот класс предполагает расшифровку и проверку правильности информации сигнализации, передаваемой между двумя телефонными станциями по одному из стандартных протоколов (ОКС №7, DSS1, QSIG и др.). Перехват и расшифровка сообщений сигнализации позволяет не только диагностировать отказы в обслуживании до того, как возникнут претензии клиентов, но и получить большее количество информации о функционировании сети связи в целом.

При наличии системы мониторинга, охватывающей большое количество узлов сети, сбор и обработка статистических данных по вызовам может служить для оценки динамики роста услуг связи, предоставляемых пользователям, прогнозировать дальнейшее развитие телефонной сети [18,19,32]. Кроме того, при использовании оборудования разных производителей, что актуально в современных условиях конкуренции, требуется независимое устройство контроля для разрешения конфликтных ситуаций и систематизации статистических данных.

Наконец, четвертый класс - это активные методы проверки, предполагающие включение диагностического прибора в тракт в роли «эталонной» станции и имитацию взаимодействия. Приборы, реализующие такой контроль, функционально просты, но из-за огромного объема сценариев функционирования телефонной станции, особенно с учетом всех

нестандартных ситуаций, чрезвычайно трудоемки в разработке. Методы этого класса широко применяются при сертификации

телекоммуникационного оборудования [22], но практически никогда - при его эксплуатации.

Современные цифровые телефонные сети подвержены частым изменениям вследствие увеличения количества абонентов и узлов, внедрения новых услуг, организации новых видов взаимодействий с сетями других операторов связи и других факторов. В этой связи и система мониторинга телефонной сети также будет претерпевать изменения в течение своего жизненного цикла [18]. Поэтому тема, посвященная разработке сред мониторинга, интегрирующих программные и аппаратные средства моделирования процессов ввода и обработки информации трафика сигнализации и своевременного контроля и диагностики технического состояния цифровой телефонной сети, для обслуживания сети персоналом, не имеющим высокой квалификации, является весьма актуальной и своевременной.

**Цель диссертационной работы** - разработка и исследование интегрированной среды мониторинга технического состояния цифровых сетей связи на основе имитационного моделирования.

Для достижения данной цели были поставлены и решены следующие основные задачи:

* Обзор и анализ современного состояния и тенденций развития систем, осуществляющих контроль технического состояния цифровых сетей связи на основе мониторинга трафика сигнализации.
* Анализ данных, передаваемых по каналам сигнализации цифровых телефонных сетей, разработка и оценка вероятностной модели передачи сообщений сигнализации.
* Разработка имитационной модели и методов ее применения, позволяющих оценить требуемые ресурсы по обработке, хранению и передаче информации между компонентами моделируемой системы мониторинга сигнализации.
* Разработка критериев анализа информации в системе мониторинга сигнализации с целью установления конкретных причин отказа телефонной сети и прогнозирования нештатных ситуаций в ее работе.
* Реализация разработанных моделей и методов в виде программно­аппаратного комплекса с использованием цифровых сигнальных процессоров (DSP) и процессоров общего назначения, обеспечивающего мониторинг технического состояния цифровой телефонной сети персоналом, не имеющим высокой квалификации.
* Внедрение результатов работы на практике при создании систем мониторинга сигнализации цифровых телефонных сетей, а также в учебный процесс по подготовке и переподготовке инженеров связи.

В работе использован математический аппарат теории систем массового обслуживания, теории алгоритмов, теории вероятностей и математической статистики, методы и технологии имитационного моделирования, методы инженерии программного обеспечения.

По итогам диссертационной работы были получены следующие новые научные результаты:

* Метод имитационного моделирования, позволяющий впервые оценить требуемые аппаратные ресурсы в системе мониторинга трафжка сигнализации телефонной сети независимо от вида сигнализации по оценкам ее вероятностной модели.
* Критерии анализа информации в системе мониторинга сигнализации, обеспечивающие своевременный контроль и диагностику технического состояния сетей в новом диапазоне контролируемых параметров.

• Новый подход к построению интегрированных сред для имитационного моделирования и мониторинга трафика сигнализации в цифровых телефонных сетях для обслуживания персоналом, не имеющим высокой квалификации.

Предложенный подход внедрен на практике при создании систем мониторинга трафика сигнализации. Результаты работы использованы для создания программно-аппаратного комплекса «ТМС», внедренного в работу Нижегородского филиала «Ростелеком-Волга» ОАО «Ростелеком» (ранее - ОАО «Волгателеком»), что позволило упростить диагностирование неполадок на телефонной сети, ускорит поиск неисправностей и повысить качество обслуживания абонентов телефонной связи, обслуживаемых филиалом. Кроме того, программно-аппаратный комплекс внедрен в работу Московского регионального центра связи центральной станции связи ОАО «РЖД», что позволило повысить качество обслуживания абонентов общетехнологической и оперативно-технологической связи.

Программно-аппаратный комплекс мониторинга трафика сигнализации на телефонной сети также внедрен в учебный процесс кафедры «Электрическая связь» Петербургского государственного университета путей сообщения при подготовке специалистов связи, а также кафедры «Системы связи телемеханики и информационно-сетевых технологий» Петербургского энергетического института повышения квалификации для переподготовки инженеров связи, обслуживающих системы связи нефтяной и газовой отрасли.

Отдельные положения предложенного подхода использованы при разработке нового стандарта сигнализации для системы оперативно­технологической связи железных дорог России «Протокол информационно­логического взаимодействия коммутационных станций цифровой сети ОТС».

Положения, выносимые на защиту:

* Подход к построению систем мониторинга трафика сигнализации цифровых телефонных сетей с использованием имитационного моделирования.
* Модель для оценки требуемых ресурсов в системе мониторинга сигнализации телефонной сети и реализующий ее вычислительный алгоритм.
* Критерии анализа информации в системе мониторинга сигнализации, обеспечивающие своевременный контроль и диагностику технического состояния сетей.
* Результаты использования разработанных методов и технологий для создания и использования на практике систем мониторинга трафика сигнализации цифровых телефонных сетей.

Результаты работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях:

* научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Шаг в будущее-2003» в Петербургском государственном университете путей сообщения в 2003 г.;
* научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Шаг в будущее-2005» в Петербургском государственном университете путей сообщения в 2005 г.;
* научно-технических конференциях Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ», посвященных Дню радио в 2005 и 2006 гг.;
* XLI научной и учебно-методической конференции НИУ ИТМО в 2012 г.;
* 7-й международной научной конференции «Информационные технологии в бизнесе» в Санкт-Петербургском государственном университете экономики и финансов в 2011 г.;

IV научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)» в НИУ ИТМО в 2012 г

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате проведенного диссертационного исследования были получены следующие результаты, имеющие научную и практическую значимость:

* Проведенный анализ современного состояния и тенденций развития

систем, осуществляющих моделирование и контроль технического состояния цифровых сетей связи на основе мониторинга трафика сигнализации, позволил разработать новый подход к построению интегрированных сред для имитационного моделирования и мониторинга трафика сигнализации в цифровых телефонных сетях для обслуживания персоналом, не обладающим высокой

квалификацией.

* Разработан метод имитационного моделирования, позволяющий впервые оценить требуемые аппаратные ресурсы в системе мониторинга трафика сигнализации телефонной сети независимо от вида сигнализации по оценкам ее вероятностной модели. Имитационная модель, созданная в данной работе, может быть применена для моделирования в средах мониторинга на сетях с любыми способами коммутации и предоставляемыми услугами, управление которыми осуществляется с помощью протоколов сигнализации.
* Разработаны критерии анализа информации в системе мониторинга сигнализации, обеспечивающие своевременный контроль и диагностику технического состояния сетей в новом диапазоне контролируемых параметров.
* Разработана интегрированная среда мониторинга технического состояния цифровых сетей связи в виде программно-аппаратного

комплекса, который внедрен на узлах ряда реальных цифровых телефонных сетей.

• Создана учебная установка и методическое обеспечение для проведения практических занятий по системам межстанционной сигнализации в учебном процессе для подготовки и переподготовки инженеров связи.