Мочалов Валерий Петрович. Разработка распределенных систем управления телекоммуникационными сетями и услугами : дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.01 Ставрополь, 2006 398 с. РГБ ОД, 71:07-5/14

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

71**:**07**-**5/14

**На правах рукописи**

Мочалов Валерий Петрович

РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМИ СЕТЯМИ И УСЛУГАМИ

Специальность: 05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка ин­формации (в технике и технологиях)

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук

Научный консультант:

доктор технических наук, профессор

Червяков Н.И.

Ставрополь 2006

СОДЕРЖАНИЕ

[**Введение 6**](#bookmark1)

1. **Концепции построения распределенных систем управления**

**телекоммуникациями 21**

* 1. Сетевое управление по стандартам TMN 21
		1. Модели функционального интерфейса TMN 24
		2. Модели информационных потоков TMN 29
		3. Функциональная модель двухуровнего управления 32
		4. Модели систем с односвязными интерфейсами и блоками

локальной памяти 37

* + 1. Функциональная модель управления конфигурацией TMN 42
		2. Многофазовая модель контроля изменения

конфигурации TMN 45

* + 1. Модель тракта передачи данных TMN 48
		2. Модель передачи сигнальных сообщений TMN 52
	1. Управление с использованием CORBA 57
	2. Выбор и обоснование показателей качества и критериев

их оценки 63

Выводы 67

1. **Методы формализованного описания управляющих процессов и**

**структур распределенных систем управления 71**

* 1. Методы описания и преобразования асинхронных параллельных

управляющих процессов 71

* + 1. Метамодель управляющего алгоритма РСУ 76
	1. Анализ методов формализованного описания структур

распределенных систем управления 78

* 1. Модификации сетей Петри и их свойства 83
		1. Свойства сетей Петри 83
		2. Модификации сетей Петри 86
		3. Методы композиции сетей Петри 88

з

* + 1. Метод устранения взаимной блокировки асинхронных

параллельных процессов 98

* 1. Модели распределенных объектов 101
		1. Методы согласования процессов распределенных систем 111
		2. Удаленный вызов процедур RPC 117
		3. Удаленное обращение к методам RMI 124
		4. Промежуточное программное обеспечение ППО 129

Выводы 138

1. [Модели и методы анализа вероятностно-временных характеристик распределенных систем управления телекоммуникационными сетями и услугами 140](#bookmark104)
	1. Метод исследования вероятностно-временных характеристик

системы управления услугами 140

* + 1. Модель системы управления услугами 155
		2. Метод анализа вероятностно-временных характеристик

системы управления услугами 159

* + 1. Диффузионная аппроксимация системы

управления услугами 167

* 1. Разработка и исследование моделей асинхронных параллельных

управляющих процессов РСУ 171

* 1. Методы оценки вероятностно-временных характеристик системы

коммутации и управления потоками СПД РСУ 180

* + 1. Формальная модель СПД РСУ 183
		2. Приближенный декомпозиционный алгоритм

анализа СПД РСУ 185

* + 1. Модель информационного канала РСУ управляемого

конвейерным протоколом 187

* + 1. Модель многозвенного тракта передачи данных РСУ 190
		2. Метод оценки сетевых параметров СПД РСУ 199
	1. Метод оценки ВВХ процесса функционирования системы

управления сетевыми элементами 205

* + 1. Математическая модель процесса функционирования модуля технического обслуживания комплекса технических средств РСУ ....207
		2. Математическая модель процесса функционирования

коммутационного центра комплекса технических средств РСУ 209

* + 1. Математическая модель процесса функционирования

исполнительных элементов комплекса технических средств РСУ 214

Выводы 215

1. Концепция управления качеством телекоммуникационных

**услуг 218**

* 1. Математическая модель объекта управления 224
	2. Показатели качества услуг связи 225
	3. Модели управления качеством ИТ-услуг 229
		1. Взаимодействие бизнеса и ИТ-служб 237
		2. Проектирование и управление услугами 241
		3. Разработка и развертывание услуг 242
		4. Эксплуатация услуг 246

Выводы 259

1. **Информационная платформа анализа вероятностно-временных**

**характеристик распределенных систем управления телекоммуникационными сетями и услугами 261**

* 1. Имитационная модель алгоритма обмена данными системы

сигнализации РСУ 262

* 1. Имитационная модель анализа параметров распределенной

системы управления 275

* 1. Имитационная модель алгоритма реализации процедуры

интеграции программных компонент 280

* 1. Имитационная модель процесса обслуживания вызовов 289

Выводы 298

1. Анализ вероятностно-временных характеристик распределенных

систем управления телекоммуникационными сетями и услугами 301

* 1. Методика анализа ВВХ РСУ телекоммуникационными сетями

и услугами 303

* 1. Анализ вероятностно-временных характеристик РСУ

телекоммуникационными сетями и услугами 304

* 1. Приближения для стационарных характеристик системы

управления услугами 321

Выводы 323

Основные результаты и выводы 325

Литература 329

Приложение П.1. Имитационная модель расчета времени пребывания

пакета в узлах сети ОКС №7 353

Приложение П.2. Имитационная модель анализа параметров РСУ 361

Приложение П.З. Имитационная модель алгоритма реализации

процедуры интеграции программных компонент 375

Приложение П.4. Имитационная модель процесса обслуживания

вызовов системы управления услугами 383

[Приложение П.5. Имитационная модель алгоритма управления конфигурацией Информационной Вычислительной Сети 392](#bookmark292)

**Введение**

Актуальность проблемы. В настоящее время индустрия телекоммуникаций переживает серьезные изменения, проявляющиеся в быстром объемном росте, рас­ширении новых технологий. Среди наиболее значимых изменений, происходящих в данной сфере и существенно влияющих на ее облик, изменение роли и значения систем сетевого управления имеет решающее значение. Сегодня имеющиеся техно­логии построения систем управления не дают возможности построить интегриро­ванную систему управления целиком на базе системы управления телекоммуника­циями (TMN). Соответствующие процессы реализуют распределенные системы управления (РСУ) нового типа, которые представляют собой систему взаимосвя­занных во времени и пространстве протокольных, вычислительных, алгоритмиче­ских и коммутационных средств и являются необходимым элементом сетей незави­симо от их архитектуры и принципа интеллектуализации.

Известные методы анализа РСУ не обеспечивают требуемой точности, или вообще не позволяют проводить анализ вероятностно-временных харак­теристик (ВВХ) по следующим причинам:

* увеличилась сложность систем управления телекоммуникациями;
* изменились критерии качества функционирования систем управле­ния, которые должны теперь оцениваться по конечному результату предос­тавления пользователям информационных услуг;
* расширился состав и изменился характер услуг, предоставляемых системами телекоммуникаций, что заставляет систему управления дополни­тельно решать широкий набор задач по управлению базами данных, специ­альными интеллектуальными устройствами и ресурсами;
* повысилась степень открытости систем управления, которые должны не только взаимодействовать с внешним окружением, но и допускать изме­нение состава предоставляемых услуг;
* произошел пересмотр приоритетов при создании систем управления телекоммуникациями - от задач управления сетевыми элементами к обслу­живанию бизнес-процессов.

Комплексное решение вышеперечисленных задач представляет слож­ную научную проблему, связанную с разработкой научно-обоснованных ме­тодов анализа систем, обеспечивающих поддержание процессов эксплуата­ции, технического обслуживания, администрирования и управления теле­коммуникационными сетями и их элементами. Однако имеются серьезные недостатки в современной теории разработки и исследования информацион­ных процессов на основе распределенных систем, находящейся по существу в стадии становления и отстающей от результатов исследований других ас­пектов создания, проектирования и исследования современных сетей связи и их элементов. В связи с этим решаемая в данной работе проблема, связанная с разработкой методологических основ построения и анализом ВВХ систем управления телекоммуникациями, является актуальной и своевременной.

Целью диссертационной работы является решение проблемы создания эле­ментов теории разработки, принципов построения и анализ вероятностно­временных характеристик распределенных систем управления телекоммуникаци­онными сетями и услугами, обеспечивающих переход от управления отдельными информационными ресурсами предприятия к управлению услугами, которые на этих ресурсах базируются,

В соответствии с поставленной целью в работе необходимо решить следующие частные научные проблемы.

1. Провести анализ существующих систем управления телекоммуника­ционными сетями и услугами.
2. Разработать методологию построения распределенных систем управ­ления телекоммуникационными сетями и услугами,
3. Построить иерархическую систему моделей для анализа вероятност­но-временных характеристик распределенных систем управления телеком­муникационными сетями и услугами.
4. Разработать информационную платформу для анализа вероятностно­временных характеристик распределенных систем управления телекоммуни­кационными сетями и услугами.
5. Разработать методы анализа вероятностно-временных характеристик распределенных систем управления телекоммуникационными сетями и услу­гами, построить модели, реализованные в виде модулей, для использования на различных этапах разработки.
6. На основе разработанных моделей и методов предложить методику анализа вероятностно-временных характеристик распределенных систем управления телекоммуникационными сетями и услугами.
7. Обосновать практическую значимость и эффективность предлагае­мых решений для анализа вероятностно-временных характеристик распреде­ленных систем управления телекоммуникационными сетями и услугами.

Объектом исследования являются системы управления телекоммуникаци­онными сетями и услугами, ответственные за управление сетевыми и информаци­онными ресурсами, обработку сигнальной информации и предоставление широко­го круга услуг связи. Допускается большое разнообразие структур, используемых режимов функционирования и прикладных областей.

Предметом исследования являются процессы функционирования сис­тем управления телекоммуникационными сетями и услугами при предостав­лении пользователям услуг связи.

Методы исследования. Системный анализ, исследование операций, теория принятия решений, теория вероятностей, теория множеств, теория по­строения моделей сложных систем, теория массового обслуживания, теория телетрафика, теория графов, методы алгоритмического моделирования с ис­пользованием сетей Петри, имитационное моделирование.

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем.

1. Сформулирован новый методологический подход к разработке распреде­ленных систем управления телекоммуникационными сетями и услугами, ориен­тированный не только на задачи сетевого управления, но в первую очередь на за­дачи управления услугами связи и бизнес-процессами оператора связи.
2. В основу разработки распределенной системы управления телеком­муникационными сетями и услугами, как проблемно-ориентированной сис­темы управления, положена концепция объектно-ориентированного подхода, открытой распределенной обработки информации, распределенной инфор­мационной среды обеспечивающая отделение процессов традиционной ком­мутации от процедур предоставления новых услуг, четкого разделения всех функций создания, модификации и предоставления услуг, а также эксплуата­ционного управления ими, на совокупность программных модулей, взаимо­действие между которыми обеспечивают эффективные управляющие про­цессы и перечень функций каждого из которых строго определен.
3. Разработаны новые методы исследования и моделирования бизнес­процессов, проведено совершенствование средств и методов анализа и синте­за новых технологических цепочек процессов для снижения эксплуатацион­ных затрат на предоставление услуг связи и использование оборудования.
4. Предложенные методы анализа отличаются использованием проце­дур моделирования на основе аналитических, имитационных, графических, автоматных и оптимизационных моделей, что позволяет практически решать задачи оценки вероятностно-временных характеристик и сравнивать вариан­ты функционально-структурного построения распределенных систем управ­ления по комплексным показателям качества обслуживания пользователей.
5. Разработанная информационная платформа анализа вероятностно­временных характеристик, инструментальной базой которой являются соот­ветствующие алгоритмы и программы, позволяет автоматизировать основ­ные этапы разработки рационального варианта функционально-структурного построения распределенной системы управления.
6. Разработана совокупность методов и моделей систем, обеспечиваю­щих поддержку разработки распределенных систем управления на уровнях административного управления, управления услугами, управления сетью, управления сетевыми элементами, причем в рамках бизнес-модели каждый процесс состоит из определенного набора функций, а процесс разработки осуществляется от верхних уровней к нижним.
7. Научная новизна заключается и в самом предмете исследования: создании элементов теории разработки распределенных систем управления и применение при этом новых методов и моделей анализа прикладных объек­тов, а также совершенствование управления с целью повышения эффектив­ности функционирования объекта-исследования.

Досю верность изложенных положений работы подтверждается высоким теоретическим и практическим уровнем исследования, логичностью и четкостью в изложении анализируемого материала, строгостью математических выкладок, ре­зультатами вычислительных экспериментов.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Методологические основы разработки распределенных систем управления телекоммуникационными сетями и услугами.
2. Комплекс математических моделей разработки, оптимизации и ис­следования характеристик распределенных систем управления на уровнях административного управления, управления услугами, управления сетью, управления сетевыми элементами.
3. Информационная платформа анализа вероятностно-временных ха­рактеристик распределенных систем управления телекоммуникационными сетями и услугами.
4. Методы анализа вероятностно-временных характеристик распределенных систем управления телекоммуникационными сетями и услугами на основе пред­ложенных аналитических, имитационных, графических, автоматных моделей.
5. Алгоритмы и программы, реализующие предложенные методы инте­грации программных компонент на основе брокера объектных запросов.
6. Зависимости вероятностно-временных характеристик от различных факторов, влияющих на процессы функционирования распределенных сис­тем управления телекоммуникационными сетями и услугами.

Личный вклад. Все результаты, составляющие содержание данной ра­боты, получены автором самостоятельно. При разработке информационной платформы анализа ВВХ распределенных систем управления использовано

восемь программных реализаций разработанных в диссертации моделей и методов, выполненных коллективом разработчиков под научным руково­дством и при непосредственном участии автора.

Практическая ценность результатов диссертационной работы заклю­чается в том, что теоретические исследования, выполненные в работе, дове­дены до инженерных решений в виде набора модулей для разработки распре­деленных систем управления различных классов. Разработанные модели, ал­горитмы, методы, предназначенные для анализа ВВХ распределенных систем управления, реализованы в виде программных средств, включены в состав информационной платформы по разработке системы. Представленная в рабо­те методика анализа ВВХ РСУ может быть использована в научно- исследовательских, проектных, производственных и эксплуатационных орга­низациях. Полученные в диссертации результаты используются в учебном процессе СевКавГТУ, включены в учебные пособия «Сетевые технологии», «Современные и перспективные технологии передачи данных», «Сети ЭВМ и телекоммуникаций», «Организация ЭВМ и систем».

Реализация и внедрение результатов исследований. Представленная работа является частью научных исследований, проводимых СевКавГТУ. Разработанная на основе результатов данной диссертации система интегра­ции процессорных модулей включена в Проект Научно-исследовательской и Опытно-конструкторской работы на 2006-2009г. по программе «СТАРТ-06» №06-3-Н1.1-0032 общей стоимостью 4.500.000 руб., (решение конкурсной комиссии по ЮФО от 26.03.2006г., индекс критических технологий и при­оритетного направления: Информационно-телекоммуникационные техноло­гии и электроника). Часть результатов диссертации нашла применение в От­чете НИР по спецтеме Министерства обороны 2Т09103 «АНТИГЕН».

Полученные в диссертации результаты нашли практическое примене­ние на следующих предприятиях.

1. ЮТК «Электросвязь СК» при проектировании и строительстве Центров управления телекоммуникациями.
2. ОАО «Телеком С» при проектировании центров управления сетями связи.
3. ОАО «Ставтелеком» им. В.И. Кузьминова при исследовании алгоритмов обмена данными системы сигнализации.
4. ОАО «Ставропольэлектросеть» при анализе вероятностно-временных ха­рактеристик системы управления.
5. ЗАО «Илекта» при исследовании вероятностно-временных характеристик системы управления услугами.
6. Северо-Кавказский банк СБ РФ при создании информационно­вычислительной сети межбанковского обмена.
7. ОАО Ставропольский радиозавод «Сигнал» при разработке методов ис­следования и моделирования бизнес-процессов.
8. ОАО НПФ «НЕЙРОН» при интеграции системы программных компонент.
9. ООО «Моби» при оценке ВВХ системы управления услугами связи.
10. ООО «РР-Х» при разработке системы управления бизнесом.

И. ЗАО «ЮНИК» при анализе различных вариантов построения и проекти­рования телекоммуникационных сетей.

12. Северо-Кавказский государственный технический университет, в учеб­ном процессе (учебные дисциплины: Сетевые технологии, сети ЭВМ и теле­коммуникации, современные и перспективные технологии передачи данных).

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы были представлены и обслуживались на Международном Форуме по проблемам науки, техники и образования (Москва, 2005), на Международных конференциях по со­временным наукоемким технологиям (Тунис, июнь 2005г., Испания, о.Тенерифе, ноябрь 2005г.), на 7-ом и 8-ом Международных форумах (Харьков, 2003г., Харь­ков, 2004г.), на Международных научно-технических конференциях по инфоком- муникационным технологиям в науке и технике (Ставрополь, 2004г., Ставрополь, 2006г.), на 2-ой Международной научно-практической конференции «Теория, ме­тоды проектирования, программно-техническая платформа корпоративных ин­формационных систем» (Новочеркасск, 2004г.), на 4-ой Международной научно­практической конференции «Математическое моделирование в науке и произвол-

стве» (Тирасполь, 2005г.), на 3-ей Международной научно-технической конфе­ренции «Информатизация процессов формирования открытых систем на основе СУБД, САПР, АСНИ и систем искусственного интеллекта (ИНФОС-2005)» (Во­логда, 2005г.), на Международной научно-практической конференции «Информа­ционные системы, технологии и модели управления» (Ставрополь, 2005г.), на 6-ой Международной научно-практической конференции «Методы и алгоритмы при­кладной математики» (Новочеркасск, 2006г.), на 2-ой Международной научно- практической конференции «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности » (Санкт-Петербург, 2006г.), на 3-ей Всероссий­ской научно-технической конференции «Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике» (Пенза, 2003г.), на Всероссийской научно- методической конференции (Череповец, 2004г.), на Всероссийской научно- практической конференции «Научные исследования и их практическое примене­ние» (Одесса, 2005г.), на XXV Российской школе по проблемам науки и техноло­гий (Екатеринбург 2005г., Екатеринбург 2006г.), на Всероссийской НТК с между­народным участием «КомТех-2005» (Таганрог, 2006г.), на 4-ой Научно- технической конференции вида войск, Ставрополь, Ставропольское высшее воен­ное инженерное училище связи, 1990г., на 19-ой Научно-технической конферен­ции вида войск, Краснодар, 1987г., на І-ой Международной заочной конференции «Автоматизированные системы управления производством в нефтегазодобываю­щей промышленности» (Москва, ВНИИОЭИГ, 2005г.), на заочных электронных конференциях (2005г., 2006г.), а также других всероссийских, городских совеща­ниях, семинарах и НТК профессорско-преподавательского состава СевКавГТУ, отчетах по НИР (Министерство обороны 1985г.-1995г.).

Публикации. Основные научные результаты по теме диссертации опубликованы в 101 научной работе, в том числе: 1 монографии (365с); 6 учебных пособиях (436с., 233с, 210с., 217с., 153с., 145с.); 15 авторских сви­детельствах на изобретения; 8 свидетельствах об официальной регистрации программ для ЭВМ. Автор имеет более 20 публикаций в изданиях, выпус-

каемых в РФ и рекомендуемых ВАК для публикаций основных результатов диссертации на соискание ученой степени доктора наук.

В работах, опубликованных в соавторстве, соискателем предложена методо­логия построения и функциональная архитектура распределенной системы управ­ления, разработан метод исследования ВВХ системы управления услугами, в осно­ву которого положена система уравнений равновесия, дискретные марковские про­цессы, методы диффузионной аппроксимации, декомпозиционные методы. Пред­ложен метод исследования процесса обслуживания вызовов системы управления услугами, реализованный на базе временных сетей Петри. Разработаны и исследо­ваны модели асинхронных параллельных управляющих процессов распределенной системы управления, модель интеграции программных компонент на основе броке­ра объектных запросов построенная с помощью линейчатого марковского процесса, алгоритмы реализации процедур интеграции. Разработана модель информационно­го канала управляемого конвейерным протоколом, выполнен ее анализ для различ­ных условий функционирования неоднородной сети, предложен метод оценюі сете­вых параметров.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы и 5 приложений. Общий объем диссертации 395 страниц, содержащей: 166 рисунков, 39 таблиц, 23 страницы литературы из 251 наименований. Приложение к диссертации содержит 43 страницы.

В первой главе проводится систематизированный анализ объекта ис­следования. Показано, что существующие технологии управления на базе самых передовых технологий не затрагивает двух верхних функциональных уровней управления, протоколы ВОС имеют достаточное число произвольно используемых возможностей, в результате чего сложно достигнуть взаимо­действие между стеками протоколов разработанных различными производи­телями, информационная модель системы тесно связана только с одним про­токолом CMIP и не всегда может поддерживать взаимодействие в других средах, недостаточно развиты инструментальные средства проектирования и разработки систем управления на базе платформы OSI, отсутствует возмож-

ность обеспечения независимости информационных и функциональных мо­делей управления от коммуникационной модели управления.

На рынок приложений управления существенное влияние оказывает технология распределенных вычислений, базирующаяся на распределенных системах. Наиболее значительными распределенными технологиями являют­ся CORBA, DCE, DCOM, DTP, современные технологии программирования.

Показано, что основой построения систем управления нового класса должны стать современные средства и методы, такие как объектно- ориентированный подход, открытая распределенная обработка информации, распределенная информационная среда, методы управления объектами и языки описания интерфейсов IDL группы OMG, Внедрение данной концеп­ции позволит осуществить переход от управления отдельными информаци­онными ресурсами компании к управлению услугами, которые на этих ре­сурсах базируются, реализовать управление качеством информационных ус­луг, изменить роль подразделений, связанных с ИТ технологиями. Новая ар­хитектура, основная идея которой состоит в том, чтобы отделить процессы традиционной коммутации от процедур предоставления новых услуг, пред­полагает четкое разделение всех функций создания, модификации и предос­тавления услуг, а также эксплуатации и управления ими, на небольшое коли­чество программных модулей, взаимодействие между которыми обеспечи­вают эффективные управляющие процессы, а перечень функций каждого из которых строго определен. Собирая имеющиеся ПМ в различные сочетания, можно создавать услуги, обладающие индивидуальными особенностями.

Во второй главе представлены методы формализованного описания управляющих процессов и структур распределенных систем управления. По­казано, что система управления телекоммуникациями представляет собой со­вокупность процессов взаимодействия распределенных приложений, а ее реализация целесообразна на основе перспективных средств доступа к рас­пределенных сетевым объектам CORBA, Java, DCOM. Сложность управле­ния асинхронными процессами обусловливает необходимость разработки специальных методов их анализа. Анализ основных подходов описания структур сложных параллельных систем (агрегативный подход, логико­комбинаторный подход, подходы основанные на теории сложности, деком­позиции, теории структур) позволил остановиться на аппарате сетей Петри, который предоставляет развитые методы анализа параллельных процессов, удовлетворяет условиям для использования в тензорной методологии. Фор­мализация управляющих процессов на основе сетей Петри позволяет решать задачи их композиции, строить алгоритмы устранения взаимной блокировки.

Разработанная метамодель управляющего алгоритма РСУ является ос­новой формальной модели согласования асинхронных процессов, а также моделью протокола взаимодействия системы с внешней средой. Представ­ленные в работе методы композиции параллельных процессов, методы уст­ранения их взаимной блокировки на основе раскрашенных сетей Петри, дают возможность решения задач интеграции программных компонент РСУ. Раз­работанная на основе уравнения глобального баланса модель системы инте­грации позволяет исследовать показатели эффективности открытых интер­фейсов РСУ. Проведенный анализ широко распространенных моделей взаи­модействия RPC, RMI, МОМ и др. позволил построить общий алгоритм раз­работки эффективных клиентских и серверных приложений.

На основе вложенной цепи Маркова с конечным числом состояний разработана модель функционирования брокера сообщений в системе очере­дей сообщений, позволяющая исследовать механизмы взаимодействия при­ложений.

В **третьей** главе представлены модели и методы анализа ВВХ распре­деленных систем управления телекоммуникационными сетями и услугами, при этом использовано иерархическое описание, которое представляет РСУ семейством моделей, каждое из которых описывает ее поведение на некото­ром уровне абстрагирования. Разработан метод исследования ВВХ системы управления услугами, в основу которого положена система уравнений равно­весия, дискретные марковские процессы. Предложен метод исследования процессов обслуживания вызовов системы управления услугами на базе вре­менных сетей Петри.

Разработаны и исследованы модели асинхронных параллельных управ­ляющих процессов РСУ, функциональная модель РСУ. Формализованное описание модели РСУ представлено в виде замкнутой стохастической сети с вероятностями переходов зависящими от состояния узлов сети. Модель инте­грации ПК на основе брокера объектных запросов построена с помощью ли­нейчатого марковского процесса. На основе исследованных процессов инте­грации ПК разработаны алгоритмы реализации процедур интеграции, фор­мирования сообщения GIOP, статического вызова и выбора сервисов, общего вызова динамического запроса.

Формальная модель СПД РСУ представлена в виде СеМо, анализ кото­рой проведен с использованием уравнений баланса переходов. Разработана модель информационного канала РСУ управляемого конвейерным протоко­лом, выполнен ее анализ для различных условий функционирования неодно­родной сети, предложен метод оценки сетевых параметров СПД РСУ. Разра­ботан метод оценки ВВХ процесса функционирования системы управления сетевыми элементами, в основу которого положены модели процессов функ­ционирования модуля технического обслуживания КТС, коммутационного центра, исполнительных элементов КТС.

В четвертой главе описана концепция управления качеством теле­коммуникационных услуг. В основу построения системы характеристик ка­чества РСУ положены модели процессов представления услуг связи. Выде­ляются характеристики качества обслуживания, которые относятся к конеч­ному ожидаемому результату работы РСУ и предназначены для описания степени удобства и эффективности использования тех или иных услуг с точ­ки зрения пользователей и характеристики качества, которые предназначены для описания свойств сети и центра управления, значимых для сетевого опе­ратора при решении задач проектирования, эксплуатации, административно­го управления и технического обслуживания. Характеристики качества об­служивания относятся к предоставляемым услугам в целом и не описывают, каким образом достигается то или иное качество. Они учитывают только те аспекты обслуживания, которые определяются процессами взаимодействия центра обработки информации и управления с внешним окружением, могут быть измерены в точках доступа к услугам и описываются в терминах пред­метной области. Разработаны формальная математическая модель объекта управления, определяющая взаимосвязь изменения качества объекта от из­менения его параметров, математическая модель качества объекта и показа­телей его поведения зависящих от некоторых свойств этого объекта.

Показано, что причины несоответствия предоставляемых услуг требо­ваниям заказчика кроются в способах управления ИТ-организацией. Предла­гается для определения зрелости организации использовать модели EFQM (European Foundation for Quality Management), цикл качества Деминга, кон­цепцию управления качеством информационных услуг ITSM, базирующуюся на сервисной идеологии ITIL, модель ТОМ (Telecom Operations Model).

В основу управления бизнес-сервисами положены модели взаимодей­ствия бизнеса и ИТ-служб, проектирования и управления услугами, разра­ботки и развертывания услуг, эксплуатации услуг. Представлены Циклы процессов управления изменениями, виды деятельности в рамках процесса управления изменениями, модели процесса управления инцидентами, кон­троля проблем и ошибок.

В пятой главе разработана информационная платформа анализа ВВХ РСУ, которая объединяет операционные и информационные ресурсы моде­лирования. Информационная платформа анализа ВВХ представляет собой динамически обновляемую информационную модель распределенной систе­мы управления, включающую аналитические и имитационные модели систе­мы управления бизнесом и услугами, системы интеграции программных компонент на базе CORBA, системы коммутации и управления потоками СПД РСУ, системы управления сетевыми элементами. Соответствующие библиотеки формируются по мере разработки моделей и методов оценки, а также по мере разработки основанных на них алгоритмических и программ­ных средств. Моделирующие программы обеспечивают оценку характери­стик РСУ для разных наборов исходных данных, и его функционально­структурном построении. База данных о результатах анализа формируется в ходе выполнения программ моделирования и предназначена для хранения данных о результатах всех имитационных и вычислительных экпериментов. Главным принципом ее структурирования является отражение связей между функциональными и структурными компонентами РСУ, к которым относятся алгоритмы сигнализации, программное обеспечение, система обработки, сис­тема передачи данных и управления, исполнительная система. При этом ос­новные подсистемы РСУ реализованы в следующем виде:

* система сигнализации - как совокупность программных модулей и сигнальных сообщений взаимодействия этих модулей;
* комплекс технических средств - как совокупность многопрограмм­ных управляющих устройств, систем передачи данных управления и ресур­сов исполнительной системы;
* программное обеспечение - как совокупность программных модулей и сигнальных сообщений взаимодействия этих модулей;
* этапы процесса функционирования - как совокупность фаз реализа­ции программных модулей и фаз доставки сигнальных сообщений. Инфор­мационная платформа анализа ВВХ РСУ содержит следующие основные компоненты:
* визуальный редактор платформы;
* редактор приложений;
* редактор каталогов;
* библиотеку моделей;
* модуль расчета характеристик.

В шестой главе на основе результатов полученных в предыдущих гла­вах разработана методика анализа основных ВВХ РСУ, базирующаяся на со­ответствующем обобщенном алгоритме анализа.

Основные результаты и выводы

1. В работе получены научно-обоснованные технические и методиче­ские решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие теории, программно-аппаратных средств и методики разработки и анализа ВВХ распределенных систем управления телекоммуникационными сетями и услугами на основе построения математических моделей и методов исследо­вания систем и сетей очередей, эффективных вычислительных алгоритмов, методов диффузионной и декомпозиционной аппроксимации, системного анализа и программной обработки принимаемых решений.
2. Проведен анализ концепций построения и функционирование систем управления телекоммуникационными сетями и услугами. Для сетевого управления по стандартам TMN разработаны и исследованы математические и имитационные модели категорий управления неисправностями, физиче­скими ресурсами, состоянием объекта, событиями, рабочими характеристи­ками, конфигурацией, разделением типов нагрузки, обменом данными.
3. Показано, что реализация системы управления в рамках концепции TMN и CMIP слишком сложна, дорога и не учитывает последних достиже­ний информационных технологий. Протокол SNMP слишком элементарен для таких систем управления и практически не реализует задачи управления бизнесом и услугами. На базе платформы управления OSI не возможно обес­печить независимость информационных и функциональных модулей управ­ления от коммуникационной модели управления.
4. Систематизированы методы формализованного описания управляю­щих процессов и структур распределенных систем управления (РСУ). Разра­ботана метамодель управляющего алгоритма РСУ. Проведен анализ методов формализованного описания структур РСУ. На основе раскрашенных сетей Петри разработан метод устранения взаимной блокировки АП.
5. Разработана иерархическая система моделей распределенной систе­мы управления, описывающая ее поведение на некотором уровне абстраги­рования. Выделенные уровни в значительной степени независимы друг от

друга и для каждого из них существует ряд характерных особенностей, принципов, параметров и характеристик.

1. Предложен метод исследования вероятностно-временных характери­стик системы управления услугами. Показано, что подход к управлению ИТ- сервисами с ориентацией на бизнес-процессы раскрывается в виде четырех обязательных этапов: идентификация бизнес-процессов компании и их тре­бований к ИТ-сервисам; отображения этих процессов на элементы ИТ- инфраструктуры; задание метрик для измерения соответствия работы эле­ментов ИТ-инфраструктуры требованием бизнес-процессов; мониторинг метрик и отчетность по его результатам. Определено взаимодействие про­цессов разработан алгоритм управления предоставлением услуг.
2. Рассматриваются эффективные рекуррентные алгоритмы расчета се­тей очередей. Дается изложение алгоритмов расчета сетей очередей большой размерности, базирующихся на использование свойства разряженности мат­рицы маршрутов. Рассмотрены проблемы, возникающие при программной реализации вычислительных алгоритмов. Особое внимание уделено исследо­ванию сетей очередей с зависимым обслуживанием в центрах.
3. Представлен обобщенный состав функциональных компонент биз­нес-процессов, предложено их описание приоритетными потоками реального времени. Разработаны диаграммы состояний и переходов для двухпотоковой модели, введены компоненты Марковского процесса, используемого для описания исследуемой схемы обслуживания сообщений, составлена и решена система уравнений равновесия.
4. Разработана модель системы управления услугами. Используя тео­рию полумарковских процессов получены выражения для первых двух мо­ментов стационарного времени ожидания и пребывания требований в систе­ме, производящая функция объема требований находящихся в системе, функция распределения времени обслуживания.
5. Разработан метод анализа вероятно-временных характеристик сис­темы управления услугами, в основу которого положены общие схемы для

составления системы уравнений равновесия и однородные цепи Маркова. Рассмотрено поведение системы при изменении параметров обслуживания.

1. На основе методов алгоритмического моделирования с использова­нием сетей Петри разработаны модели базовых процессов обслуживания вы­зовов на исходящей и входящей сторонах системы управления услугами, по­зволяющие определить распределение времени, необходимого при выполне­нии процесса обслуживания заявок для набора запрашиваемых услуг, вы­явить возможные тупиковые и конфликтные состояния, определить стати­стические характеристики протокола и загрузку системы сигнализации.
2. На основе метода двумерной диффузионной аппроксимации разра­ботан подход допускающий многомерное обобщение, применимое для асим­птотического анализа в условиях большой нагрузки замкнутых сетей массо­вого обслуживания, допускающих мультипликативное представление ста­ционарного распределения. Данным методом проведен полный асимптотиче­ский анализ системы управления услугами.
3. Разработано формализованное описание модели РСУ на основе замкнутой стохастической сети с вероятностями переходов, зависящими от состояния узлов сети. Для нахождения вероятностей стационарного состоя­ния используется техника составления уравнений глобального баланса. Каче­ство функционирования РСУ оценивается набором значений времен выпол­нения всех процессов задания. Модель интеграции программных компонент построена с помощью линейчатого Марковского процесса.
4. На основе исследованных процессов интеграции программных компонент разработаны алгоритмы реализации процедур интеграции, фор­мирования сообщения GIOP, статического вызова и выбора сервисов, общего вызова динамического запроса. Алгоритмизация процедур расчета характе­ристик объекта позволяет формировать модель РСУ с использованием моде­лей ее элементов, заданных в виде открытых стохастических сетей.
5. На основе приближенного декомпозиционного алгоритма Нортона и аппроксимации произвольной функции распределения обобщенным рас­пределением Кокса, разработан итерационный вычислительный алгоритм расчета СПД РСУ. При этом, в зависимости от значения коэффициента ва­риации функция распределения времени обслуживания аппроксимируется эрланговским или гиперэкспоненциальным распределением.
6. Разработан метод оценки ВВХ процесса функционирования систе­мы управления сетевыми элементами, в основу которого положены модели процессов функционирования модуля технического обслуживания КТС, коммутационного центра, исполнительных элементов КТС РСУ. В основу метода положены многофазные СМО и дискретные Марковские процессы.
7. В основу концепции управления качеством телекоммуникационных услуг, управления бизнес-сервисами положены модели взаимодействия биз­неса и ИТ-служб, проектирования и управления услугами, разработки и раз­вертывание услуг, эксплуатации услуг. Представлены циклы процессов управления изменениями, виды деятельности в рамках процесса управления инцидентами, контроля проблем и ошибок.

В соответствии с иерархической системой моделей РСУ разработан обобщенный алгоритм анализа ВВХ РСУ, проведен анализ ВВХ РСУ.