На правах рукописи

САМАРСКИЙ ДМИТРИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Специальность 05.13.17 – Теоретические основы информатики

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

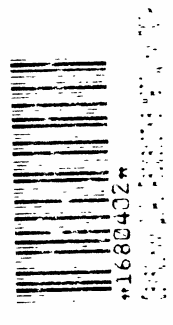
Москва 2004

Работа выполнена на кафедре "Высокопроизводительные компьютерные системы и технологии" Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана.

Научный руководитель	кандидат технических наук, доцент Иванов Игорь Потапович.
Официальные оппоненты	доктор технических наук, проф. Домрачеев Вилен Григорьевич
	кандидат технических наук, доцент Троицкий Игорь Иванович
Ведущая организация	Вычислительный центр им. А.А. Дородницина РАН

Защита состоится "10" июня 2004 года в 16:00 на заседании диссертационного совета Д 212.141.10 в Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана по адресу: 107005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д.5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана.



Автореферат разослан "7" мая 2004 года.

Ученый секретарь диссертационного совета — кандидат технических наук, доцент Иванов Сергей Ростиславович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В связи с тем, что гетерогенные компьютерные среды стали на сегодняшний день реальностью для многих организаций, повышаются требования к интеграции разнородных приложений в рамках единой **корпоративной информационной системы** (КИС), которая автоматизирует деятельность предприятия и функционирует в распределенной среде с поддержкой широкого диапазона платформ и сетей. Информация и инструменты управления информацией (программные продукты различного функционального назначения) приобрели статус информационных ресурсов и концентрируются в рамках КИС. Объединение ресурсов на основе информационно-коммуникационного взаимодействия **информационных систем** (ИС) выводит их на уровень корпоративных информационных ресурсов и позволяет говорить о **Едином Информационном Пространстве** (ЕИП). Реализация ЕИП масштаба корпорации возможна при создании и последующем соблюдении международных стандартов на взаимодействие между собой как ИС, так и их отдельных компонентов.

В концепции ЕИП предусматривается, что в роли информационных ресурсов КИС могут выступать не только данные, но и различные приложения ИС. Тогда в каждой из ИС часть методов обработки данных реализуется в виде приложений, доступных из других ИС. Такой подход минимизирует дублирование приложений. Распределение приложений по различным ИС позволяет добиться оптимального баланса загрузки приложений и аппаратных средств, и, следовательно, приводит к эффективному использованию информационных ресурсов КИС в целом. При этом статичность интерфейсов компонентов, предоставляющих ИС набор сервисов, достигается путем применения методологий объектно-ориентированного анализа и проектирования, распределенных объектно-ориентированных технологий (**Common Object Request Broker Architecture** (CORBA), **Distributed Common Object Model** (DCOM), **Enterprise JavaBeans** (EJB)) на различных этапах создания КИС. И, наконец, так как в рамках конкретных ИС локализованы не только данные, но методы их обработки, происходит существенное уменьшение затрат на администрирование, сопровождение и модификацию ИС, составляющих ЕИП.

Однако, создание КИС связано со значительными материальными затратами, что определяет необходимость количественного обоснования принимаемых технических решений и требует рассмотрения широкого круга задач анализа и синтеза архитектуры КИС и ее компонентов. Поэтому в последние годы в связи с широким развертыванием практических работ в области проектирования КИС как у нас в стране, так и за рубежом особенно актуальными становятся проблемы поиска оптимальных решений на различных этапах проектирования и эксплуатации КИС, а также моделирования процессов их функционирования в составе сетей ЭВМ. Однако имеющиеся по данной тематике работы в значительной степени разрознены и отражают, как правило, отдельные частные аспекты указанной проблематики. В связи с этим назрела необходимость в обобщении в рамках единой методики комплекса подходов и методов, позволяющих решать вопросы проектирования архитектуры КИС и проведения количественной оценки различных аспектов их функционирования. В работе не ставилась цель рассмотрения всех возможных постановок практических задач.

Целью диссертационной работы является разработка методики проектирования и анализа параметров функционирования систем автоматизации про-

цессов делопроизводства, ориентированных на использование объектно-ориентированных технологий.

Достижением этой цели является решение следующих основных задач:

- Исследование принципов построения систем распределенной обработки данных с использованием объектно-ориентированных технологий;
- Разработка формализованной модели расчетов параметров функционирования систем распределенной обработки данных, ориентированных на использование объектно-ориентированных технологий на примере систем автоматизации процессов делопроизводства;
- Решение задачи по проектированию архитектуры системы автоматизации процессов делопроизводства в рамках представленной формализованной модели расчетов с использованием нейросетевого подхода;
- Решение задачи по исследованию параметров функционирования системы автоматизации процессов делопроизводства в рамках представленной формализованной модели расчетов.

Научная новизна. В диссертационной работе получены и выносятся на защиту следующие научные результаты:

1. Предложена методика проектирования систем автоматизации процессов делопроизводства с использованием объектно-ориентированной технологии CORBA (Common Object Request Broker Architecture);
2. Предложена формальная постановка задачи проектирования архитектуры системы автоматизации процессов делопроизводства с учетом зависимости между общей и частными задачами проектирования на основе использования нейросетевого подхода.

Практическая ценность диссертационной работы заключается в следующем:

1. В результате решения задач научной работы разработана методика, позволяющая проектировать системы автоматизации процессов делопроизводства с использованием объектно-ориентированных технологий;
2. На основе предложенной методики были решены задачи по проектированию архитектуры и исследованию параметров функционирования систем автоматизации процессов делопроизводства на примере автоматизированной системы "Делопроизводства - М" Аппарата Правительства Российской Федерации.

Внедрение. Результаты диссертационной работы в виде рекомендаций по методам построения систем автоматизации процессов делопроизводства с использованием объектно-ориентированной технологии CORBA, а также методам оценки и повышения производительности АСОУ использовались при разработке и внедрении системы автоматизации процессов делопроизводства "Делопроизводство-М" Аппарата Правительства Российской Федерации.

Достоверность результатов. Достоверность полученных в настоящей диссертационной работе исследований подтверждена сравнением экспериментальных данных с результатами аналитического моделирования, показавшим аде-

кватность полученного в рамках представленной двухуровневой модели расчетов варианта проектного решения, а также положительным результатом внедрения системы автоматизации процессов делопроизводства "Делопроизводство-М" Аппарата Правительства Российской Федерации.

Апробация работы. Содержание отдельных разделов и диссертационной работы в целом было изложено на Всероссийской научно-технической конференции, научных семинарах и заседаниях кафедры **Высокопроизводительных компьютерных систем и технологий** МГТУ им. Н.Э.Баумана.

Публикации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 5 печатных работах.

Структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения, изложенных на 289 страницах, содержит 36 таблиц и 37 рисунков, список литературы из 45 наименований и приложение.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В **первой главе** диссертационной работы рассматривались вопросы проектирования систем распределенной обработки данных с использованием объектно-ориентированных технологий. В работе выполнен анализ существующих методов построения систем распределенной обработки данных. Приведен сравнительный анализ достоинств и недостатков каждого метода, оценена возможность их применения при решении задачи проектирования систем распределенной обработки данных. На сегодняшний день существуют два основных подхода к разработке программных систем, различие между которыми обусловлено критериями декомпозиции. Это структурный и объектно-ориентированный подходы.

Применение традиционного структурного подхода к разработке КИС приводит к тому, что сложность разработки таких систем нарастает лавинообразно: незначительные изменения функциональных характеристик, затрагивающих самый верхний уровень в программной логике системы, влекут за собой необходимость перестройки нижних уровней, то есть практически к проведению анализа и проектирования заново. В случае использования структурных методологий получаются трудно модифицируемые системы.

При использовании объектно-ориентированного подхода к разработке приложений, компоненты выступают в роли мини-приложений, скомпонованных и готовых к использованию. Модификация или расширение приложения сводится просто к замене одного из составляющих его компонентов новой версией. Повторное применение готовых программных модулей – это путь к созданию лучшего программного обеспечения за короткий отрезок времени. Именно этот подход и реализуется в рамках использования компонентных технологий COM, CORBA и EJB.

Первым шагом на пути построения КИС является решение вопроса, связанного с проектированием ее архитектуры. Хорошо спроектированная система является ключевым моментом обеспечения адаптируемости данной системы и снижения затрат на ее модернизацию, а следовательно и снижения стоимости КИС в целом. Под проектированием архитектуры КИС понимается выделение базовых компонент, разработка их интерфейсов, а также определение правил и принципов их взаимодействия. Согласно концепции построения ЕИП, КИС состоят из набора взаимосвязанных друг с другом программных компонент и взаимодействующих в

рамках единой системы. Рассматривая КИС как совокупность взаимодействующих компонентов, можно распределить их по следующим уровням:

1. **аппаратный** - компьютеры, периферийные устройства, сетевое и телекоммуникационное оборудование и т.д.;
2. **системный и системно-зависимый** - операционные системы, сетевые протоколы и т. д.;
3. **среды взаимодействия распределенных компонент** - средства Middleware (CORBA, DCOM и т.д.);
4. **универсальные службы** – реализуют набор услуг, применяемые при решении различного рода задач и выступающие в роли "строительных" блоков при создании компонент КИС. Например, служба событий (Event Service), служба сохранения в долговременной памяти (Persistent Service), служба транзакций (Transaction Service) и т.д.
5. **приложения предметной области** - совокупность компонент КИС, пригодных для использования в различных предметных областях, а также совокупность компонент, реализующих модель предметной области проектируемой КИС.

В работе проведен анализ существующих способов организации взаимодействия компонентов распределенной КИС. При проектировании архитектуры системы в ее основу можно заложить три принципиально отличных способа взаимодействия распределенных компонент: вертикальный, горизонтальный и гибридный. В работе показано, что на сегодняшний день наиболее предпочтительным подходом к созданию систем распределенной обработки данных является использование гибридного способа организации взаимодействия компонентов КИС, который в свою очередь соответствует распределенной одноранговой архитектуре КИС. Согласно этой архитектуре, любые приложения из различных ИС КИС могут выступать как в роли клиента, так и в роли сервера по отношению друг к другу, совместно решая те или иные задачи. Такой подход минимизирует дублирование приложений и позволяет добиться оптимального баланса загрузки приложений и аппаратных средств, и, следовательно, приводит к эффективному использованию информационных ресурсов КИС в целом.

Следующим шагом на пути создания КИС после выбора варианта ее архитектуры является обоснованный выбор технологии создания КИС, использование которой позволит создать среду взаимодействия распределенных компонент КИС. Технология создания КИС представляет собой совокупность практических инженерных знаний, применяемых в процессе разработки программного обеспечения на протяжении всего его жизненного цикла. Правильный выбор технологии позволит адекватно решить поставленную задачу с оптимальными затратами. В связи с этим далее в работе выполнен анализ существующих технологических решений по построению систем распределенной обработки данных с использованием объектно-ориентированных технологий COM, CORBA, EJB. С технологией неразрывно связаны инструментальные средства, используемые на различных стадиях разработки.

Для обеспечения взаимодействия компонентов КИС, поддерживающей распределенную одноранговую архитектуру, необходимо создать среду взаимодействия распределенных компонент - промежуточный программный уровень (**Middleware**), основной целью которой становится реализация механизма, обеспечивающего возможность прозрачного взаимодействия компонентов в рамках

КИС. В работе показано, что не все продукты уровня Middleware могут использоваться в качестве среды взаимодействия компонентов крупной КИС. Это связано с тем, что одним из основных требований к крупной КИС является использование программных продуктов и технологий, удовлетворяющих международным и промышленным стандартам в области открытых ИС. Кроме того, при разработке КИС необходимо обеспечить ее функционирование в распределенной среде с поддержкой широкого диапазона сетей и платформ.

Успех эффективного использования промежуточного программного обеспечения зависит от поддерживаемого им уровня взаимодействия компонент КИС. Чем выше уровень взаимодействия, тем проще разработчикам определять интерфейсы компонент, осуществлять проектирование компонентов, реализовывать протоколы их взаимодействия. Но построение распределенных объектно-ориентированных систем — не только организация вызовов удаленных методов компонентов. Необходимо искать эффективные решения таких проблем, как развертывание, обеспечение защиты, управление транзакциями и координированное использование разделяемых ресурсов – обеспечение баланса загрузки, поддержка асинхронных коммуникаций и обеспечение высокой производительности. К настоящему моменту существует ряд технологий (CORBA, DCOM, EJB и др.), которые реализуют среды взаимодействия, соответствующие 6-7 уровню модели OSI. Каждая из них уже стала стандартом де-факто, правильное использование которого облегчает процесс построения распределенных КИС, функционирующих в гетерогенных средах. Проведенное в работе исследование позволяет сделать вывод, что с точки зрения готовности решения задач корпоративного масштаба, наиболее предпочтительным решением на сегодняшний день является построения КИС на базе технологии CORBA.

Консорциум **OMG** (Object Management Group) занимается вопросами разработки спецификаций и стандартов, позволяющих строить распределенные объектно-ориентированные системы, функционирующих в разнородных средах. Основополагающими документами этого консорциума стали спецификации, получившие название **OMA** (Object Management Architecture). OMA состоит из четырех основных компонентов, представляющих собой спецификации различных уровней поддержки приложений (см. Рис. 1):



Рис. 1 Корпоративные информационные ресурсы

1. **Архитектура Брокера Объектных Запросов** (CORBA - Common Object Request Broker Architecture) определяет среду для различных реализаций **ORB (Object Request Broker - Брокер объектных за-**

просов), позволяющих организовать взаимодействие компонентов в разнородной среде.

2. **Объектные службы CORBA** (CORBAservices) являются основными системными сервисами, используемыми разработчиками для создания приложений.
3. **Общие средства CORBA** (CORBAfacility) определяют горизонтальные и вертикальные средства, ориентированных на поддержку пользовательских приложений.
4. **Прикладные объекты** (Application Objects) предназначены для решения конкретных прикладных задач, т.е. являются конечными потребителями инфраструктуры CORBA.

ORB представляет собой слой промежуточного программного обеспечения, которое устанавливает клиент/серверные отношения между объектами. Объекты на шине ORB могут выступать и в качестве клиентов, и в качестве серверов, в зависимости от ситуации, что полностью укладывается в концепцию распределенной одноранговой архитектуры. При этом объект-клиент не должен беспокоиться о том, где расположен серверный объект, на каком языке программирования он создан, под управлением какой операционной системы выполняется и т.д. Основной задачей спецификации CORBA является обеспечение взаимодействия объектов, распределенных по разнородной сети и использующих в общем случае различные реализации брокеров объектных запросов. Это позволяет строить КИС, опираясь на различные реализации ORB с целью интеграции различных ИС и их компонент в рамках использования распределенной одноранговой архитектуры КИС.

Объектные службы или сервисы CORBA (CORBA services) представляют собой набор служб системного уровня, расширяющие и дополняющие функциональность ядра CORBA для управления распределенными объектами. OMG опубликовала стандарты для пятнадцати сервисов. К их числу относятся сервис именования, сервис событий, сервис транзакций, и т.д. Все эти сервисы расширяют поведение распределенных объектов и обеспечивают устойчивую среду их существования и функционирования. Объектные службы CORBA предоставляют уникальную возможность создавать системы корпоративного масштаба в соответствии с предъявляемыми требованиями. Это не похоже ни на какие классические системы клиент/сервер, существующие сегодня.

Общие средства заполняют пространство между ORB и объектными службами с одной стороны, и прикладными объектами, с другой. Таким образом, ORB обеспечивает базовую инфраструктуру, объектные службы - фундаментальные объектные интерфейсы, а задача общих средств – универсальный набор служб, в задачи которых входит поддержка интерфейсов сервисов высокого уровня (например, средства пользовательского интерфейса, средства управления информацией и т.д.), которые, впрочем, могут опираться на использование объектных служб. Архитектурные требования определения общих средств аналогичны требованиям, которые должны выполняться при определении объектных служб.

В модели CORBA **прикладной объект** также состоит из трех типов объектов: **бизнес-объекты**, **бизнес-процессы** и **объекты представления**. Понятие **бизнес-объект** употребляется на всех этапах создания готовой системы, в то время как прикладной объект или компонент, появляется на последнем этапе проектирования бизнес-объекта и представляется собой его реализацию. Типичный

прикладной объект состоит из бизнес-объекта, одного или нескольких объектов-представлений и бизнес-процесса. При этом все указанные сущности выступают как единое целое. Пользователь видит только агрегированный прикладной объект.

Таким образом, на самом базовом уровне компонентная инфраструктура представляет объектную шину – ORB, которая позволяет прикладным объектам взаимодействовать, невзирая на разницу в адресных пространствах, языках, операционных систем и сетевых инфраструктур. На следующем уровне эта инфраструктура расширяет и позволяет создавать "суперинтеллектуальные" прикладные объекты за счет использование объектных служб CORBA, к числу которых можно отнести сервисы безопасности, транзакций, долговременного хранения и т.п. Конечная цель состоит в том, чтобы позволить создавать прикладные объекты, которые ведут себя как бизнес-объекты, моделируя своих двойников из реального мира, и сотрудничают на семантическом уровне для выполнения требуемой задачи. На основе проведенного в первой главе работы исследования можно сделать вывод о том, что использование распределенной одноранговой архитектуры КИС и объектно-ориентированной технологии CORBA позволяет построить масштабируемую и отказоустойчивую систему корпоративного масштаба.

Во **второй главе** рассматривались вопросы построения масштабируемых и отказоустойчивых систем распределенной обработки данных с использованием объектно-ориентированной технологии CORBA на примере систем автоматизации процессов делопроизводства "Делопроизводство-М" Аппарате Правительства Российской федерации. Единая корпоративная система управления делопроизводством позволяет организовать работу с документами, как с традиционными бумажными документами, реализуя функции ввода, хранения документов в электронном виде, поиска документов по любым критериям, в том числе, и по тексту документа, управления правами доступа к документам и функциям системы, аудита работы пользователей с отдельными документами, безопасности и т.д. Использование ЕИП на основе компьютерных сетей со скоростными каналами связи способно решить проблему взаимодействия всех структурных подразделений крупного территориально распределенного предприятия, имеющего многоуровневую структуру управления и сложные документопотоки.

Основными частями системы делопроизводства являются (см. Рис. 2):

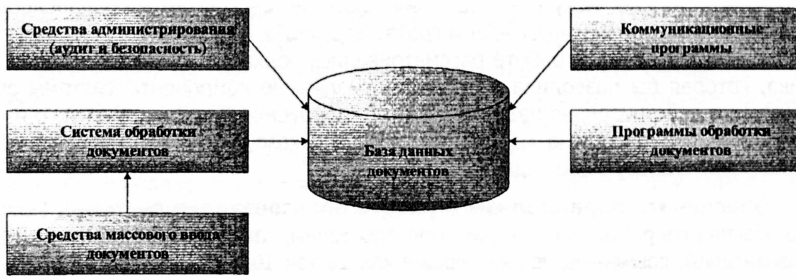


Рис. 2 Структура корпоративной системы управления делопроизводством

Система обработки документов - является ядром системы управления документами и используется для обеспечения работы с различными типами доку-

ментов на различных этапах их жизненного цикла (получение, создание, регистрация, хранение и т.д.), а также организации индексирования документов для их дальнейшего быстрого поиска.

Средства массового ввода документов – средства сканирования и распознавания образов документов, используются для организации обработки большого количества бумажных документов и перевода их в электронную форму, что указывает на то, что система масштабируема и способна работать как с одним бумажным документом, так и с 100 тысячами бумажных документов в день.

Коммуникационные программы – средства передачи электронных документов с использованием средств электронной почты и факс-систем.

Программы обработки документов – различного рода программы, используемые на предприятиях для создания, корректировки документов (текстовые процессоры, электронные таблицы и т.п.), тесно интегрированные с системой обработки документов.

Средства администрирования – реализуют функции контроля доступа к документам и функции протоколирования работы пользователей с отдельными документами.

В работе показано, что в качестве основной причины для создания масштабируемых КИС делопроизводства может выступать необходимость создания надежной и доступной системы, обеспечивающую высокую производительность даже при использовании в глобальных сетях и работающую так, как этого ожидает пользователь, причем 24 часа в сутки, семь дней в неделю и 51 неделю в году. Поскольку на данный момент спецификация CORBA не предлагает стандартизованной поддержки разработки масштабируемых отказоустойчивых систем, то все бремя ложится на плечи разработчика системы автоматизации. При этом необходимо обеспечить приемлемый компромисс между производительностью и отказоустойчивостью – при стремлении к созданию системы с вероятностью сбоя 0,01%, необходимо сделать так, чтобы механизмы отказоустойчивости значительно не влияли на производительность в 99,9% случаев. Современная КИС управления делопроизводством представляет собой тесное переплетение различных информационных технологий, предлагаемых сегодня на рынке, как на аппаратном, так и программном уровне. Искусство создания таких систем состоит в сбалансированной интеграции технологии CORBA и соответствующих программных и аппаратных средств. В связи с этим в работе рассматривались подходы, и вырабатывалась методика, которая бы позволила объединить различные компоненты системы автоматизации в действительно надежное и масштабируемое решение. Для того чтобы разработать действительно масштабируемую и отказоустойчивую систему, необходимо решить следующие задачи:

Обеспечить параллелизм в работе пользователей системы. Необходимо обеспечить работу как с одним пользователем, так и одновременно с 10 тыс. пользователей, совместно использующие как 10 так 10 мил. объектов, размещенных на разных серверах приложений. В системах делопроизводства в качестве таких объектов могут рассматриваться, например, регистрационные карточки документов, с которыми одновременно могут работать несколько пользователей.

Преодолеть ограниченное количество ресурсов серверов приложений. При разработке системы необходимо учитывать ограничения количества

процессоров, памяти, соединений TCP/IP и потоков. Для сохранения ресурсов убедиться в том, что они регулярно или освобождаются, или повторно используются.

Обеспечить баланса загрузки серверов приложений. Распределение нагрузки между несколькими серверами приложений, комбинируя репликацию и разделение.

Обеспечить отказоустойчивость. Использование разделение и репликации компонентов для ограничения ущерба из-за сбоя одного из серверов приложений.

Для обеспечения параллелизма в работе пользователей в рассматриваемой системе делопроизводства используется концепция **сеансов редактирования**, основанная на **механизме оптимистического управления параллелизмом поверх пессимистического управления транзакциями базы данных** с помощью отделения сеансов от транзакций базы данных и использования образца расширенного пула исполнителей. Этот механизм предполагает использование транзакций, управляемых сервером. На серверах приложений существует всегда только одна рабочая версия документа, пользователи могут параллельно работать с одним и тем же документом. Только в том случае, если все пользователя прошедшие через сеанс входа работы с определенным документом (CORBA-объектом), вызвали соответствующий сеанс выхода, все изменения подтверждаются и переносятся в исходную базу. При этом вносить изменения в состояние CORBA-объекта с последующим их подтверждением в базе данных может только один из клиентов. Всем остальные клиентам данный объект доступен только в режиме чтения. На время работы с документом все изменения в состоянии объекта кэшируются на сервере приложений. Подобная организация параллельной работы с объектами на серверах положения также положительным образом сказывается и на трафике работы сети, поскольку при каждом обновлении состояния объекта не происходит обновление содержимого исходной базы данных и, кроме того, в случаи проведения подобных обновлений все клиенты, которые параллельно работают с данным объектом получают все изменения в виде сообщения, передаваемого асинхронно с использованием службы событий.

В рамках задачи управления ресурсами серверов приложений необходимо искать приемлемые решения проблем **управления памятью**, **потоками** и **соединениями**. Важной особенностью архитектуры системы делопроизводства – "Делопроизводства-М" является использование расширение образца пула сервантов, основанного на выделении общего и частного пулов сервантов CORBA-объектов. Общий пул сервантов содержит серванты, доступ к которым предоставляется нескольким клиентам, частный пул сервантов клиента содержит сервантов доступные только определенному клиенту. Для управления пулом сервантов используется менеджер или фабрика объектов. Использование пула сервантов позволяет решить две основные задачи управления памятью на серверах приложений – избавиться от нехватки ресурсов и уменьшить использование памяти. Использование триггеров явного вызова и закрытия соединения в совокупности с политикой вытеснения основанной на аренде объектов позволяет решить две указанных выше задачи надлежащим образов. Как клиенты, так и сервера приложения в системе делопроизводства - "Делопроизводство-М" имеют многопоточную архитектуру. Со стороны клиента основной поток используется для организации взаимодействия с интерфейсом пользователя, а дочерний для выполнения вызова методов серверных объектов. Сервера приложения также являются многопоточ-

ными и используют модель **ThreadSession** для организации управления потоками, позволяющей обеспечить максимальную производительность по обслуживанию запросов клиентов за счет того, что более активным клиентам выделяется больше потоков на сервере, чем менее активным. Кроме того, репликация серверов приложений в сочетании с управлением закрытий соединений, как со стороны клиентов, так и со стороны серверов приложений способствует разрешению проблемы ограниченного количества соединений и обеспечивает надежное функционирование системы "Делопроизводство-М".

Можно выделить три основных аспекта выравнивания нагрузки: **политика обнаружения**, **политика миграции** и **управление состоянием**. Политика обнаружения позволяет выбрать механизм, с использованием которого будет осуществляться выбор целевого сервера. Для определения того, как часто будет осуществляться выбор целевого сервера, используется политика миграции. В системе "Делопроизводство-М" используется политика обнаружения, основанная на нагрузке, и ориентирована на использование модели селектора. Клиенты взаимодействуют с селектором один раз в течение всего сеанса, чтобы получить первоначальную объектную ссылку на один из активных серверов приложения и вся последующая работа осуществляется непосредственно с ним. В связи с этим политика миграции основана на сеансах работы пользователей, что позволяется обеспечить приемлемый уровень эффективности в использовании серверов приложений за счет минимального переключения между активными серверами в рамках одного сеанса работы пользователя с системой. Серверы в рамках одной группы репликации делегируют свои решения по выравниванию нагрузки селектору, отвечающему за сбор и поддержание сведений о нагрузке и статистике производительности всех серверов группы. В системе "Делопроизводство-М" для управления состоянием серверных объектов используется механизм координирования. В связи с тем, что сервера приложений создают хранимые объекты CORBA, которые представляют собой конструкции реляционной базы данных, то на серверах приложений кэширования некоторых долговременных атрибутов этих объектов, но при этом для каждого объекта базы данных на всех серверах приложений создается только один соответствующий ему CORBA-объект. Подобное решение снимает необходимость синхронизации данных одного и того же объекта базы данных. При этом вносить изменения в состояние CORBA-объекта с последующим их подтверждением в базе данных может только один из клиентов. Всем остальные клиентам данный объект доступен только в режиме чтения.

Для обеспечения отказоустойчивости серверов приложений в системе делопроизводства "Делопроизводство-М" используется модифицированная горячая репликация. При данном варианте репликации все сервера приложений обрабатывают запросы пользователей системы параллельно. В случае сбоя в работе одного из серверов приложений, запуск нового сервера приложений осуществляется сервером-селектором с использованием агента активизации **OAD**, входящего в состав программного продукта **Inprise VisiBroker 4.5**. В случае сбоя в работе селектора его повторный запуск осуществляет одним из серверов приложения с использованием агента активизации. Поскольку все активизированные сервера приложения регистрируются в службе именования в момент своего запуска, то на время сбоя в работе селектора клиенты пытаются разрешить имя сервера с помощью службы именования в соответствии с политикой обнаружения основанной на нагрузке. В связи с тем, что база данных сама по себе представляет одну точку сбоя, осуществляется и ее репликация. В основе сервера баз данных заложен высоконадежный

кластер на базе операционной системы Windows 2000 Advanced Server. Таким образом, для обеспечения надлежащего уровня отказоустойчивости системы "Делопроизводство-М" осуществляется репликация, как серверов приложения, так и баз данных.

В **третьей главе** рассматривались вопросы использования нейросетевого подхода для решения задач классификации. К этому классу задач относится задачи выбора архитектуры КИС автоматизации процессов делопроизводства на системном и аппаратном уровнях. Растущий интерес к методам искусственных нейронных сетей (ИНС) можно объяснить их успешным применением в самых различных областях деятельности для решения задач прогнозирования, классификации и управления. Установлено, что такие характеристики нейросетевых методов, как возможность нелинейного моделирования и сравнительная простота реализации часто делают их незаменимыми при решении сложнейших многомерных задач.

ИНС представляет собой совокупность простых обрабатывающих элементов, посылающих сигналы один другому по взвешенным связям. Тип связей, допустимых между элементами сети, зависит от конкретной модели. Для каждого элемента сети имеется правило суммирования поступивших сигналов и правило вычисления выходного сигнала, посылаемого затем другим элементам сети. Одним из самых привлекательных аспектов использования ИНС заключается в том, что элементы такой сети имеют очень ограниченные вычислительные возможности, вся сеть в целом, объединяя большое количество таких элементов, оказывается способной выполнять достаточно сложные задачи.

В работе показано, что одно из главных преимуществ ИНС состоит в том, что они предполагают наличие правил, с помощью которых сеть может программироваться автоматически. Типичной формой обучения является управляемое обучение, когда для каждого набора данных, подающегося в процессе обучения на вход сети, соответствующий выходной набор известен. В завершении процесса обучения сеть тестируется на данных, не представленных в фазе обучения: в результате можно оценить, насколько хорошо сеть работает с данными, которые в процессе обучения были ей неизвестны. Таким образом, если сеть хорошо обучена, она приобретает способность моделировать неизвестную функцию, связывающую значения входных и выходных переменных, и впоследствии такую сеть можно использовать для прогнозирования в ситуации, когда выходные значения неизвестны.

Выбор модели ИНС осуществляется в соответствии с особенностями и сложностью задачи. Для решения некоторых отдельных типов задач уже существуют оптимальные, на сегодняшний день, конфигурации. Если же поставленная задача не может быть сведена ни к одному из известных типов, то приходится решать проблему синтеза новой конфигурации. В работе показано, что все задачи, которые решаются с использованием средств вычислительной техники, с точки зрения формализма разработки алгоритма решения, удобно разделить на три класса: **формализуемая**, **трудноформализуемая** и **неформализуемая** задачи. Решение задачи проектирование архитектуры КИС автоматизации процессов делопроизводства является задачей классификации и происходит в условиях недостоверной, неполной и нечеткой информации, а сама задача относится к классу трудноформализуемых. Для решения подобного рода задач естественно использовать методы, позволяющие работать с неопределенностью. К таким методам и относится аппарат теории нейронных сетей.

Для решения задач с использованием искусственных нейронных сетей активно используется методика разработанная А.И. Галушкиным со своими сотрудниками и учениками, которая успешно применялась для решения многих классов задач и доказала свою эффективность. В соответствии с этой методикой можно выделить несколько этапов в решении задач на основе нейросетевого подхода, в том числе и задач классификации:

1. Этап подготовки данных

Формирование обучающего и тестового наборов данных. В некоторых случаях для предотвращения переобучения необходимо сформировать и контрольный набор данных.

2. Этап предварительной и заключительной обработки данных

Выбор способа представления обучающих, тестовых и контрольных наборов данных, выбор способа интерпретации ответов сети, отбор информативных данных.

3. Этап обучение сети

- Выбор топологии сети: общее число нейронов в сети, число нейронов по слоям, структура связей;
- Выбор функции активности нейрона;
- Определение подходящей стратегии обучения;
- Формирование критериев останова обучения;
- Проведение процедуры обучения сети на обучающем множестве;
- Оценка качество работы сети по контрольному множеству;
- Выбор сеть с наилучшими способностями к обобщению.

4. Этап диагностики

- Тестирование работы сети на тестовом множестве;
- Вычисление ошибки классификации;
- При необходимости вернуться ко второму этапу, изменив способ представления обучающих данных.

Эта методика успешно применяется для решения многих классов задач и доказала свою эффективность. В четвертой главе настоящей диссертационной работы были произведены эксперименты по применению методики А.И. Галушкина для решения общей задачи проектирования архитектуры КИС в рамках проекта создания системы автоматизации процессов делопроизводства "Делопроизводство-М" Аппарата Правительства Российской Федерации. На основании стратегии "победитель забирает все" генерировался вариант проектного решения.

В **четвертой главе** проводилось исследование параметров функционирования КИС на примере системы автоматизации процессов делопроизводства "Делопроизводства-М" Аппарата Правительства Российской Федерации. Для того чтобы оценить какое-либо свойство КИС при заданной ее конфигурации и условиях функционирования, необходимо рассмотреть протекающие в системе информационные процессы, рассчитать их характеристики с учетов взаимного влияния информационных процессов друг на друга и вычислить необходимые показатели эффективности функционирования КИС, т.е. характеристик, определяющих степень приспособленности системы к решению возложенных на нее задач. Категория **информационный процесс** (ИП) в настоящей работе определяется формальным образом в виде последовательности этапов передачи и обработки ин-

формации на средствах сети ЭВМ, инициируемой при реализации заявки пользователя на выполнение запрашиваемых от сети информационно-вычислительных работ (ИВР). При этом понятие ИВР трактуется достаточно широко, включая реализацию процедур сбора, обработки, накапливания и выдачи пользователям необходимой информации, в том числе и в обобщенном виде, выполнение различного рода расчетов по запросам пользователей и т.д. В настоящей диссертационной работе рассматриваются два ИП протекающие в системе автоматизации процессов делопроизводства "Делопроизводство - М" и они связанны с модификацией регистрационной карточки и текста отдельного документа.

Очевидно, что декомпозиция процесса моделирования совокупности взаимодействующих ИП в вычислительной системе должна быть связана с уровнями представления ИП. В настоящей научной работе была предложена двухуровневая формализованная модель расчетов параметров функционирования систем автоматизации процессов делопроизводства, ориентированных на использование объектно-ориентированной технологии CORBA (см. Рис. 3).

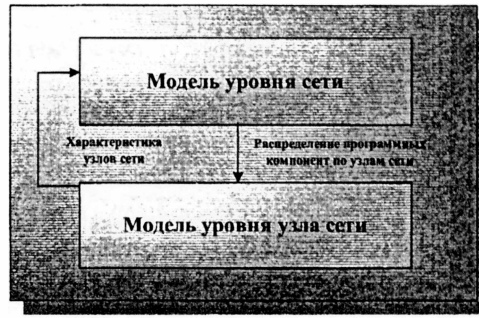


Рис. 3 Двухуровневая модель расчета

Указанный подход предполагает общие методы формализации и моделирования ИП для различных уровней представления системы: уровня сети, где отдельные ЭВМ являются ресурсами системы и уровня узла сети, где в качестве ресурсов выступают устройства ЭВМ. При этом на каждом уровне модели расчета представляется возможным задачи статической и динамической оптимизации ИП. Задачи статической оптимизации связаны с оптимизацией структурно-временных характеристик ИП для различных уровней их представления, определяющих число и взаимосвязи этапов ИП (структуру ИП) и временные оценки этапов. Задачи динамической оптимизации относятся к взаимодействию ИП с известными структурно-временными характеристиками и связаны с оптимальной организацией управления ИП в динамике их протекания.

На уровне узла сети основу для сравнения различных типов ЭВМ между собой дают стандартные методики измерения производительности. К числу таких стандартных методик на сегодняшний день относятся **MIPS**, **MFLOPS**, **SPEC**, которые и использовались для решения задач статической и динамической оптимизации на уровне узла сети по выбору архитектуры серверов приложений и баз данных. В качестве основного показателей эффективности использовалась **пропускная способность узла сети** - Λ.

На уровне сети задача статической оптимизации сводится к задаче по выбору архитектуры локальной вычислительной сети, для решения которой в настоящей диссертационной работе использовался аппарат теории нейронных сетей. Математическое описание взаимодействия совокупности ИП в сети – задача динамической оптимизации - в настоящей научной работе было получено посредством использования модели Джексона в рамках теории систем массового обслуживания. В качестве основного, или главного, показателя эффективности выступало **среднего времени цикла обработки заявки** пользователя в системе - $T_Ц$. В качестве вспомогательных показателей использовались **пропускная способность системы** - Λ и **среднего времени реакции** - t_P (см. Таблица 1).

Таблица 1 Формулы расчета показателей эффективности работы сети МО

Название показателя эффективности	Формула расчета
Среднее время цикла обработки заявки	$T_Ц(N) = \sum_{i=1}^{M} e_i \cdot t_i(N)$
Пропускная способность	$\Lambda(N) = \frac{N}{T_Ц(N)}$
Среднее время реакции системы	$t_P(N) = T_Ц(N) - \tau_n$ где N – общее число заявок в сети; M – общее число СМО в сети; e_i - частота посещений i - й СМО заявкой за цикл обработки; $t_i(N)$ - среднее время обслуживания в i – ом СМО; τ_n - время обработки заявки на сервере приложений и баз данных.

На выбранные показатели эффективности влияет большое количество параметров различных типов. В наибольшей степени на производительность сети влияют:

- используемые сетевые протоколы и связанные с ними среды передачи данных (**FDDI, Fast Ethernet, 100VG-AnyLAN**);
- топология сети и используемое коммуникационное оборудование;
- ранг сети;
- конфигурация программного и аппаратного обеспечения, определяющие в конечном итоге производительность конечных узлов сети.

В настоящей диссертационной работы была предложена формальная постановка задачи проектирования архитектуры локальной вычислительной сети с учетом зависимости между общей и частными задачами проектирования на основе

использования нейросетевого подхода. На основе методики А.И. Галушкина в диссертационной работе приводится решение следующей основной задачи исследования:

- выбор первоначальной конфигурации сети в условиях неточной и неполной информации о требуемой конфигурации;
- определение степени влияния исходных параметров сети на выбор конфигурации с целью корректировки первоначальных требований к этим параметрам.

Решение основной задачи проектирования формируется на основе решений полученных в результате работы нейронных сетей, использующихся для решения отдельных ее подзадач. В качестве частных задач проектирования архитектуры локальной вычислительной сети в работе рассматривались следующие:

- выбор ранга сети;
- выбор топологии сети;
- выбор среды передачи данных.

В рамках решения каждой частной задачи в отдельности строилась соответствующая нейронная сеть персептронного типа с использованием программного пакета **Statistica**, выбиралась ее модель, устанавливались взаимосвязи между параметрами проектируемого объекта и параметрами нейронной сети. Количество нейронов в выходном слое зависело от количества вариантов решения конкретной задачи. Например, в случае решения задачи выбора ранга сети число нейронов в выходном слое равно трем, каждый нейрон связан с одним из трех классов сетей: одноранговая сеть, сеть с выделенным сервером, комбинированная сеть. При этом максимальный уровень сигнала среди всех выходных нейронов трактовался как соответствующее решение отдельной частной задачи - стратегия "победитель забирает все", а разность между максимальным уровнем и вторым по величине – как достоверность решения. Входными параметрами для нейронной сети, определяющие число нейронов во входном слое, являются такие характеристики, как число пользователей, надежность передаваемой информации, скорость передачи данных и т.д. Количество входных параметров может быть легко изменено путем удаления или добавления новых нейронов во входной слой, а также изменением соответствующей кодировки исходных данных. Результаты проведенного аналитического моделирования на уровне сети показывают, что полученный с использованием нейросетевого подхода вариант проектного решения по выбору архитектуры локальной вычислительной сети является приемлемым, а значения показателей эффективностей удовлетворяют требованиям, определенным в рамках Технического задания на разработку системы автоматизации процессов делопроизводства Аппарата Правительства Российской Федерации. Таким образом, нейросетевой подход позволяет решать задачи проектирования архитектуры КИС в условиях неопределенности.

В **заключении** диссертации сформулированы основные выводы и результаты, полученные автором, намечен ряд перспективных направлений дальнейшего исследования.

Основные выводы по работе.

1. В работе предложена методика проектирования и анализа параметров функционирования систем автоматизации процессов делопроизводства с использованием объектно-ориентированной технологии CORBA. В со-

ответствии с предлагаемой методикой можно выделить два основных этапа проектирования:

- Этап проектирования архитектуры системы автоматизации;
- Этап исследования параметров ее функционирования.

2. Наиболее предпочтительным подходом к проектированию систем автоматизации процессов делопроизводства является использование распределенной одноранговой архитектуры КИС и объектно-ориентированной технологии CORBA, которые позволяют построить масштабируемую и отказоустойчивую систему делопроизводства корпоративного масштаба.

3. Используемая в рамках предлагаемой методики двухуровневая итеративная модель расчетов параметров функционирования систем автоматизации процессов делопроизводства позволяет решить основные задачи исследования, связанные с проектированием их архитектуры и анализом параметров функционирования, поскольку достоверность полученных с ее использованием результатов подтверждена экспериментальными данными.

4. Решение задачи по проектированию архитектуры системы автоматизации процессов делопроизводства в нейросетевом базисе подтверждено результатами аналитического моделирование в рамках представленной двухуровневой итеративной модели расчетов, что позволяет использовать нейросетевой подход для решения задач проектирования архитектур систем автоматизации в условиях неопределенности.

5. Результаты проведенных в настоящей диссертационной работе исследований доведены до уровня, позволяющего непосредственное их использование при проектировании систем автоматизации процессов делопроизводства.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в пяти печатных изданиях:

1. Иванов И.П., Самарский Д.А. Принципы построения систем управления делопроизводством с использованием технологии CORBA // Вестник МГТУ. Приборостроение. – 2002. - №2. - С. 95 – 111.
2. Ревунков Г.И., Самарский Д.А., Постников В.М. Исследование систем распределенной обработки данных, построенных с использованием компонентных технологий (COM- и COBRA- технологии) // Интеллектуальные технологии и системы. – 2000. - №2. - С. 40 – 47.
3. Ревунков Г.И., Самарский Д.А. Исследование методов построения систем распределенной обработки данных с использованием объектных технологий // Интеллектуальные технологии и системы. – 2001. - №1. - С. 69 – 84.
4. Углов А.В., Самарский Д.А. Исследование естественно-языкового описание предметной области АСОИУ // Интеллектуальные технологии и системы. – 1998. - №1. - С. 246 – 267.
5. Иванов И.П., Самарский Д.А. Развитие опорной системы интегрированной с высокоскоростными телекоммуникационными каналами // Телематика - 2003 : Труды 10-й Всероссийской НМК. - Санкт-Петербург, - 2003. - С. 244-245.

Д1680402
Самарский Д.А.
Разработка методики проектирования систем автоматизации процессов делопроизводства с исполь...
2004 0-00

Д1680402

ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ
обозначенного здесь срока

Подписано к печати 5.05 2004 г. Объем 1 п.л. Тир. 100 экз.
Заказ № 54т Типография МГТУ им. Н.Э. Баумана