

Лебедев Кирилл Сергеевич

**Разработка метода и инструментальных средств
создания приложений
для системы управления содержанием веб-сайтов**

Специальность 05.13.11 –
Математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Иркутск 2008

Работа выполнена на кафедре Автоматизированных систем
Иркутского государственного технического университета

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор
Петров Александр Васильевич

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Берман Александр Фишелевич
кандидат технических наук, доцент Макагонова Надежда Николаевна

Ведущая организация:

Московский государственный университет приборостроения и информатики

Защита состоится 17 апреля 2008 г. в 15-00 часов на заседании диссертационного совета Д 003.021.1 при Институте динамики систем и теории управления СО РАН по адресу 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 134.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института динамики систем и теории управления СО РАН

Автореферат разослан __ марта 2008 г.

Учёный секретарь

диссертационного совета

д.ф.-м.н

А.А. Щеглова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования обуславливается необходимостью повышения эффективности коллективного доступа к информационным ресурсам Интернет. Необходима системная интеграция существующих программных продуктов, хранилищ информации и вновь создаваемых программных разработок на базе единой среды, обладающей возможностями удобного доступа к разнообразным информационным ресурсам из области производства, науки, образования и других сфер деятельности человека и общества.

Эффективность использования веб-интерфейса для решения задач автоматизации организаций очевидна. Переход к его использованию в программных продуктах для автоматизации деятельности организаций привел к возникновению новых видов ресурсов, позволяющих значительно повысить доступность для пользователей как информации, так и вычислительных ресурсов. В то же время разработка Интернет-приложений остаётся в настоящий момент достаточно сложным и трудоёмким процессом, что не позволяет в полной мере использовать все их преимущества начинающему разработчику.

Однако переход от традиционных программных продуктов к технологии «тонких» клиентов становится все более очевидным. Примером этого может служить возникновение широкодоступных веб-приложений в таких областях, как текстовые редакторы и электронные таблицы, которые ранее считались областью применения традиционных программных продуктов.

В сфере корпоративного и научного программного обеспечения из-за высокой конкуренции существуют жёсткие требования как к срокам разработки, так и к её качеству и стабильности. В случае разработки Интернет-приложения для доступа к существующим информационным ресурсам необходимо обеспечить минимально возможное количество ошибок с целью повышения общей отказоустойчивости системы. Это важно из-за того, что полученные от новой среды доступа преимущества могут быть нивелированы синергетическим ростом нестабильности за счёт взаимного влияния уже существовавших и новых ошибок. В свою очередь, это требует создания новых инструментальных средств и методических подходов, позволяющих систематизировать процесс создания программного продукта.

При разработке Интернет-приложений важным условием заказчиков из всех отраслей народного хозяйства, включая государственное управление, бизнес, образование и науку, является предсказуемость сроков создания программного решения и законченность реализации функциональных требований. Только в данном случае можно говорить об эффективности реализации проекта по разработке. Для обеспечения выполнения данного требования разработка Интернет-приложения должна производиться в соответствии с формальными методами управления процессом разработки на основе проверенной технологической платформы, которые и предложены автором в рамках диссертационной работы.

К настоящему моменту можно выделить различные технологические платформы, служащие основой для создания Интернет-приложений. В качестве примера можно привести Microsoft SharePoint, Apache Struts, JBoss Seam, JBoss Portal, Oracle Portal, IBM WebSphere Portal. Однако частично данные решения являются коммерческими, что накладывает значительные ограничения на их использование. Кроме того, каждый из данных инструментов предъявляет достаточно высокие требования к подготовке разработчиков.

Всё вышеизложенное подтверждает актуальность исследования, которое позволяет формализовать процесс разработки программного обеспечения для системы управления содержанием веб-сайтов.

Целью работы является разработка метода и инструментальных средств для создания веб-ориентированного программного обеспечения на основе открытой технологической базы, позволяющей обеспечить высокое качество, масштабируемость и модифицируемость готового решения.

Для достижения поставленной цели в работе было сделано следующее:

- Адаптированы существующие подходы к созданию программного обеспечения, на базе которых разработан многоуровневый метод проектирования, управления качеством, стандартизации и сопровождения программного обеспечения для системы управления содержанием веб-сайтов i.Portal. Он включает как непосредственно уровень разработки программного кода, регламентирующий архитектурные требования к системе, так и уровни управления качеством и требованиями к программному продукту.

- Реализована на основе разработанных инструментальных средств автоматизированная процедура генерации каркаса приложения, позволяющая в значительной степени уменьшить число архитектурных ошибок компонентного уровня.
- Предложены методические рекомендации в области управления процессом разработки программного продукта для платформы i.Portal, соответствующие базовым требованиям международных стандартов управления качеством.
- Создана технология хранения сложных структурированных данных в реляционной базе, представляющая программный и пользовательский интерфейс управления метаинформацией хранилища.
- Создана открытая платформа i.Portal для разработки Интернет-решений, основанная на стандарте Java 2 Enterprise Edition.

Научная новизна работы.

- Создан новый метод разработки Интернет-приложений для системы управления веб-сайтами i.Portal, включающий новые унифицированные архитектурные решения и способ управления процессом реализации программного обеспечения.
- Разработана новая модель и программный интерфейс технологии хранения структурированных данных в системе i.Portal, которые отличаются возможностью динамического изменения метаинформации приложения без доработки программного кода.
- Создана программная реализация платформы управления содержанием веб-сайтов, позволяющая формировать на языке Java информационные ресурсы, интегрированные в единую информационную инфраструктуру организации.

В качестве **методов исследования** в диссертационной работе применяются принципы объектно-ориентированного программирования, системного анализа, теории графов, теории множеств. Основой для создания работы послужили принципы технологичности, автоматизации процесса разработки, повторного использования, применения шаблонов проектирования. В диссертации используются: архитектура и технологии платформы J2EE, включая Java Management Extensions (JMX), Java Message Service (JMS) и др. В работе использованы стандарты Unified Modeling Language (UML), Ecore и методики разработки Agile.

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается следующим образом:

- Достоверность технических решений, принятых автором, подтверждается:
 - сравнением с конкурирующими программными продуктами;
 - анализом результатов практического использования платформы для создания промышленно-эксплуатируемых решений.
- Соответствие приложений для авторской платформы шаблону проектирования Model-Vision-Controller (MVC) подтверждена экспертизой, проведенной сотрудниками кафедры автоматизированных систем Иркутского государственного технического университета и компанией по разработке программного обеспечения «КВУД».
- Модели, создаваемые для генерации каркаса программного обеспечения, полностью соответствуют стандарту UML.
- Система управления содержанием веб-сайтов i.Portal основана на открытых стандартах и программных компонентах, которые используются во множестве программных продуктов.
- Генерируемый каркас приложения неоднократно проверялся на соответствие требованиям, предъявляемым к приложениям сервера JBoss и системы управления содержанием веб-сайтов i.Portal.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

- Полученные в работе результаты использованы при реализации:
 - Федеральной целевой программы развития образования на 2006-2010

годы, в рамках реализации задачи III «Повышение эффективности управления в системе образования», мероприятия 25 «Организация сетевого взаимодействия образовательных учреждений», проект «Разработка и апробация модели сетевого взаимодействия учреждений профессионального образования в интересах работодателей макрорегиона (на примере Дальневосточного и Байкальского регионов)». Государственный контракт №П657 от 19.09.2007 г.

- Госбюджетной научно-исследовательской работы (§ 47) «Методы и модели управления и организации сложных систем». Код ВНТИ 28.17.31; 28.17.19.
- Хозяйственного договора с Администрацией Иркутской области по реализации информационного ресурса департамента малого и среднего бизнеса.
- Разработанная платформа для обеспечения функционирования веб-ресурсов признана самым «Коммерчески-перспективным продуктом» в первом открытом конкурсе JavaKonkurs компании Sun Microsystem среди программных продуктов на языке Java.
- Предложенный метод создания программного обеспечения для сети Интернет представлен в виде решения, которое используется в практической деятельности коллективом программистов.
- Модель хранения разнородной структурированной информации реализована в виде сервиса системы управления содержанием веб-сайтов i.Portal, нашедшего своё применение в модуле опросов Иркутского государственного технического университета и системе управления информацией о недвижимости Иркутского регионального ипотечного агентства.
- Использование предложенного автором метода позволило сократить сроки создания приложений для системы управления содержанием веб-сайтами i.Portal. Общее снижение времени разработки по экспертным оценкам и экспериментальным данным достигает 30%.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы обсуждались на XI Международной конференции «Информационные и математические

технологии в научных исследованиях» (Иркутск, 2006 г.), XII конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении» (Иркутск, 2007 г.), VIII Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики» (Сочи, 2005 г.), IX Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики» (Сочи, 2006 г.), на семинарах отдела разработки компании i.Point (Иркутск, 2005-2006 гг.) и на семинарах кафедры Автоматизированных систем Иркутского государственного технического университета.

Публикации. Личный вклад автора. По теме диссертации опубликовано 9 печатных работ, среди которых присутствуют издания, входящие в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Результаты работы, связанные с разработкой метода создания программного обеспечения для сети Интернет, с архитектурными решениями системы управления содержанием веб-сайтов, а также с методами автоматизации создания программного обеспечения получены автором самостоятельно. Программная реализация технологической платформы велась автором совместно с Киселёвым Сергеем Сергеевичем, Черных Алексеем Владимировичем и Бутовым Константином Сергеевичем и её результат является неделимым. Научные консультации по вопросам архитектуры систем управления содержанием веб-сайтов были оказаны к.т.н. Ульяновым Дмитрием Александровичем.

Структура и объём работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и 15 приложений. Работа включает в себя 146 страницы основного машинописного текста, 35 рисунков и 13 таблиц. Список литературы содержит 111 наименований. Объём приложений – 53 страницы. Всего страниц 222.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении даётся общая характеристика предметной области, формулируются цели и задачи исследования, приводится актуальность и практическая ценность, отмечается научная новизна.

В первой главе автор даёт обзор существующей ситуации в области разработки программного обеспечения для сети Интернет, уделяя особое внимание особенностям существующих технологических платформ.

Первый раздел главы посвящён основным особенностям Интернет-приложений, их месту в информационной инфраструктуре предприятия, а также решаемому на их базе классу задач.

Во втором разделе приведён перечень работ, посвященных различным методам проектирования сложных информационных систем включая методологии, ориентированные на первоочередное проектирование функций Йордона и Гейна-Сарсона; структурные методологии, ориентированные на первоочередное проектирование данных Джексона, Варнье-Орра; объектно-ориентированные методологии на базе языка UML (Unified Modeling Language) Буча; промышленные методологии фирм разработчиков программного обеспечения, таких, как IBM, Microsoft. Особое внимание уделяется методам проектирования и управления процессом разработки российских авторов, включая В.В. Липаева и И.Н. Скопина.

При разработке интернет-ориентированных информационных систем, обеспечивающих достижение бизнес-целей организаций различного типа, возникает задача выбора языка программирования, эффективной платформы для создания системы и методов её разработки. В третьем разделе произведено сравнение доступных в настоящий момент языков разработки и технологических платформ, включая LAMP, решения .Net от компании Microsoft, Java от Sun и языки C/C++. Также в данном разделе описываются достоинства и недостатки использования различных инструментальных средств для веб-разработки, включая Joomla, SpinPike, JSP/Servlet, Apache Struts, Spring MVC, JBoss Seam, OpenCMS. В результате проведённого анализа автор приходит к выводу, что для решения задачи создания интеграционной платформы, поддерживающей функционирование Интернет-приложений, наибольшими возможностями обладает инфраструктура на базе язы-

ка Java. Однако существующие общедоступные платформы имеют ряд недостатков, что объясняет необходимость разработки собственной платформы для Интернет-приложений и соответствующего ей метода создания программных продуктов для веб-среды.

В четвёртом разделе главы автором формулируется постановка задачи исследования.

Во **второй главе** содержится описание архитектуры разработанной системы управления содержанием веб-сайтов i.Portal. Особенность данного инструментального средства – широкое использование принципа модульности, что предоставляет разработчику возможность создавать приложения из необходимых ему блоков. Основным «строительным блоком» в i.Portal являются следующие типы компонентов: фабрика, модуль, сервис, сайт, тема и раскладка.

Фабрики отвечают за управление данными, их сохранение и извлечение из хранилища. Также на уровне фабрик реализуется бизнес-логика работы с данными.

Модули являются центральными компонентами системы. С их помощью генерируется весь динамический HTML-код приложения. Каждый модуль системы i.Portal является наследником класса ModuleSupport, обеспечивающего механизм для формирования активного содержимого страницы.

Сервисы являются вспомогательными модулями системы для реализации операций, не требующих визуального представления и в то же время используемых другими компонентами системы.

Сайты выступают в системе i.Portal в виде контейнеров для данных о настройках веб-сайта. Так как поддержка множества сайтов на одном экземпляре системы реализована на уровне ядра, развёртывание новых сайтов сводится к созданию файлов конфигурации сайта. Доступ к этой конфигурации осуществляется при помощи данного компонента.

Темы предоставляют возможность динамической смены графического интерфейса сайта, обеспечивая независимость модулей от дизайна. С точки зрения шаблона MVC тема является визуальным представлением.

Раскладки определяют местоположения модулей в темах на основе класса SimpleTheme. При создании раскладки необходимо учитывать имена контейнеров, заданные в шаблонах при создании темы.

Укрупнённый вариант архитектуры системы приведён на рис. 1.



Рис. 1. Архитектура системы i.Portal

В отличие от известных разработок компонентная архитектура i.Portal позволяет динамически формировать веб-ресурс из набора независимых приложений. При этом за счёт механизма тем существует возможность простого сохранения единого дизайна и интерфейса пользователя, что является важным при создании ресурсов, ориентированных на внешних для организации посетителей.

Жизненный цикл компонента системы i.Portal приведён на рис. 2.

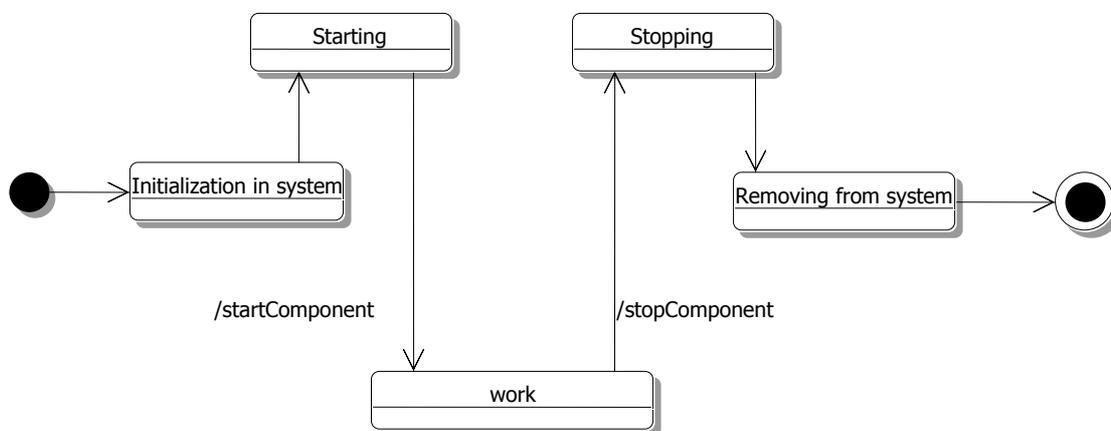


Рис. 2. Жизненный цикл компонента

Таким образом, за счёт проработанного программного интерфейса у разработчиков появляется возможность решать стоящую перед ним задачу не только путём создания новых компонентов, но и расширения набора функций, существующих на базе наследования.

При создании программного обеспечения для сетей Интернет/Инtranет перед разработчиками часто встаёт вопрос хранения сложных структур данных с большим количеством связанных между собой информационных сущностей. В i.Portal данная задача может быть решена одним из следующих способов:

- Прямой доступ к хранилищу информации на основе фабрик с использованием, либо без использования, DAO-компонентов.
- Использование сервиса каталога для хранения данных. Данный способ является рекомендуемым в случае, когда структура метаданных приложения заранее неизвестна.
- Использование внешних ORM-framework (Object-relation mapping – средства отображения объектной модели в реляционную базу).

Таким образом, важным преимуществом системы является отсутствие ограничений на механизм, используемый для управления данными. В частности, на базе технологии ORM возможна быстрая интеграция со многими СУБД. Для случаев, которые требуют удобного хранилища структурированных данных, разработан сервис каталога. Существующие хранилища информации могут быть использованы путём разработки специализированных DAO-компонентов.

Структура представления данных в системе. Для структурирования информации в системе вводится специализированный тип данных – объект-значение. Все объекты-значения в i.Portal должны быть доступны через дерево объектов системы – древовидную структуру, позволяющую уникально идентифицировать данные для реализации механизмов безопасности и индексирования.

Положение каждого из объектов значений, реализующих интерфейс Item в дереве объектов, определяется специализированным классом Dn (от английского Distinguished name), представляющим собой упорядоченную последовательность целых чисел.

Далее рассматривается сервис каталога, который регламентирует программный и пользовательский интерфейс управления метаданными для хранения древовидной информации различного типа. Отличительные особенности архитектуры сервиса включают в себя:

- Возможность наследования атрибутов по дереву каталога от родителя к потомкам.
- Наличие механизма поиска элементов каталога, поддерживающего два варианта запросов:
 - атрибутивные запросы, представляющие собой пары: атрибут - значение атрибута;
 - запросы на основе заданного пользователем неструктурированного текста с учётом морфологии русского языка.
- Высокую скорость обработки поисковых запросов при значительной размерности данных в каждом из разделов каталога.
- Возможность динамического изменения метаданных каталога через веб-интерфейс, включая, в том числе, списки атрибутов, описывающих элементы в заданном разделе каталога. При этом сохраняется целостность данных, хранящихся в каталоге.

В **третьей главе** работы автором приводится многоуровневый метод реализации Интернет/Интранет приложений под названием i.Portal MSE – i.Portal model-based software engineering, регламентирующий создание программного кода и управление процессом разработки. Он включает три уровня, которые отображены на рис. 3.



Рис. 3. Уровни i.Portal MSE

Преимуществом предлагаемого автором метода является его узкая ориентация на разработку приложений, служащих для представления данных организации в Интернет-среде, на базе системы i.Portal. За счёт этого у автора появилась возможность регламентации не только самого процесса разработки, но и используемых в нём инструментальных средств. Это, в свою очередь, позволило сократить время, необходимое для начала использования платформы и метода разработки для неё.

Уровень разработки приложения в i.Portal MSE формализует лишь этап, непосредственно связанный с созданием программного обеспечения. Однако создание любой сложной системы подразумевает значительную дополнительную работу, в которой должен принимать активное участие и заказчик программного продукта. Это учитывают два верхних уровня метода.

Уровень непрерывного контроля качества подразумевает под собой проведение активного менеджмента качества программного решения, включая:

- Разработку пакета автоматизированных тестов.
- Верификацию интерфейса системы заказчиком.
- Внутреннее альфа-тестирование программного продукта.
- Внешнее бета-тестирование программного продукта заказчиком.
- Организацию сервисного сопровождения системы на основе системы отслеживания ошибок с момента начала разработки программного продукта.

- Отслеживание процесса разработки программного продукта менеджментом как на планёрках через устное общение, так и через регулярные отчёты.

В соответствии с международными стандартами в области управления качеством продуктов/услуг все производственные процессы должны быть регламентированы. Уровень управления качеством определяет минимально необходимый набор действий для процесса разработки, который позволяет обеспечить заданный заказчиком уровень качества.

Уровень управления требованиями подразумевает формирование перечня требований к программному продукту до начала разработки приложения. На их базе должен быть сформирован план сборок и версий, отраженный в системе управления проектами. При этом обязательным условием является разнесение требований по версиям и согласование данной последовательности разработки с заказчиком.

Управление требованиями в i.Portal MSE включает в себя следующие мероприятия:

- Анализ автоматизируемых бизнес-процессов (обязательная задача).
- Формирование постановки задачи в виде специализированного документа (факультативная задача).
- Создание диаграмм прецедентов автоматизируемых бизнес-процессов (обязательная задача).
- Создание плана сборок и версий (обязательная задача).
- Управление изменениями требований (обязательная задача).

Изменение требований заказчика, как неизбежная составляющая любого проекта по разработке программного продукта, должно управляться и отображаться в документации, включая график сборок и версий.

Важным преимуществом данного уровня, этапы которого в той или иной степени можно найти даже в «гибких» процессах создания ПО, является значительная формализация документального обеспечения процесса разработки. В то же время большое внимание уделено возможности разумного уменьшения количества создаваемых формальных документов.

Непосредственно процесс программной реализации регламентирует третий уровень метода, включающий три этапа, начиная с создания UML-модели и заканчивая доработкой сгенерированного каркаса. Архитектура i.Portal подразумевает создание большого числа программных артефактов. Множество из этих артефактов имеют регулярную структуру, что даёт возможность автоматизировать процесс их создания.

Исходными данными для создания каркаса приложения в i.Portal MSE является набор UML-диаграмм. Таким образом, первый этап создания приложения заключается в формализации требований к программному продукту на основе моделей. При этом формируется как общее представление о предметной области, так и готовятся данные для формирования структуры каркаса.

Важная особенность первого этапа i.Portal MSE – документирование программной реализации. Несмотря на широкое распространение Agile-методик разработки, заказчик программного продукта, как правило, хочет увидеть формализованное описание системы в виде технического задания. При разработке программного обеспечения заказчик часто выбирает фиксированную схему оплаты (fixed costs), что требует чёткого понимания требуемых для разработки ПО ресурсов. Поэтому формализация постановки задачи на языке UML даёт возможность более детально согласовать требования к программному продукту с заказчиком.

На втором этапе в i.Portal MSE происходит генерация программного кода на основе преобразования Model-to-text. При этом формируются основные структуры для работы с данными: фабрики и модули. В программной реализации классов поддержки i.Portal MSE предусмотрена эталонная реализация преобразования модели в SQL-скрипт для генерации базы для СУБД FireBird.

Фактически второй этап является переходом от множества объектов O_G , являющихся моделями сущностей из автоматизируемой предметной области, к программным артефактам SWR' на основе преобразования λ , описанного в виде программного кода плагина для среды Eclipse:

$$O_G \xRightarrow{\lambda} SWR'.$$

Кроме программных артефактов, на этом этапе инструментальным средством генерируются необходимые дескрипторы развёртывания и интерфейсные шаблоны для обеспечения базовой возможности управления данными приложения. Таким образом, на втором этапе создаётся работоспособный каркас приложения, служащий основой для последующей разработки.

На третьем этапе происходит доработка созданного каркаса с учётом требований бизнес-логики и дизайна интерфейса. Данный этап требует полного использования одной из Agile-методик разработки. Автором в данном случае рекомендуется использование процесса разработки SCRUM.

Созданное программное обеспечение в соответствии с i.Portal MSE должно включать автоматизированные модульные и функциональные тесты работоспособности. Причём реализация функциональных тестов, которые базируются на требованиях заказчика, обязательна.

В **четвёртой главе** приводится пример практического применения описанного метода для реализации системы дистанционного обучения (СДО) на базе i.Portal. Данная система внедрена в промышленную эксплуатацию в Иркутском государственном техническом университете и Иркутском институте усовершенствования врачей.

В первом разделе главы приводится описание уровня управления качеством метода разработки на примере системы дистанционного обучения. Особенностью данного уровня является значительное количество требований и ролей пользователя системы. Основные прецеденты, выявленные разработчиками, нашли свое отражение в прецедентах и плане сборок версий, примеры которых приведены в приложениях.

Во втором разделе главы описываются подходы к управлению качеством, использованные при реализации проекта. Важно отметить значительный этап бета-тестирования, на котором было выявлено большинство недоработок и ошибок в программном коде. Отчёт о выявленных ошибках также приведён в данном разделе.

В третьем разделе главы даётся общее описание архитектуры системы дистанционного обучения. Выделены основные логические компоненты, включая

управление группами, управление дисциплинами, управление библиотекой и экспорт/импорт курсов дистанционного обучения и др. Данные компоненты физически в дальнейшем были реализованы в виде модулей i.Portal.

Описан способ хранения информации в системе дистанционного обучения. При этом разделяются информационные сущности между базой данных ядра системы i.Portal, базой данных i.Logos и файловой системой.

База данных ядра i.Portal использована для обеспечения механизма идентификации пользователей и ролевых правил безопасности в приложении. В частности, в ней хранятся данные обо всех учащихся в системе, об административной структуре организации, где используется система, и об учебных группах.

В базе данных i.Logos находится непосредственно информация об учебном процессе, включая сведения о конкретных учебных сеансах, заметки и комментарии пользователей и информация библиотеки учебных курсов.

В файловой же системе хранится статическая составляющая учебных материалов курсов дистанционного обучения.

Для обмена информацией между браузером клиента, в который загружен курс дистанционного обучения, и сервером i.Logos используется технология веб-сервисов. Так как архитектура i.Portal подразумевает использование специализированных компонентов – фабрик, то была разработана ScoFactory, служащая программным интерфейсом к базе данных для разработанной серверной части веб-сервиса. Данная фабрика представляет данные в объектной модели CMI – модели, используемой в стандарте SCORM (стандарт, регламентирующий формат курсов в системах дистанционного обучения) для организации обмена между учебным курсом и серверной частью приложения.

Система дистанционного обучения представляет собой множество модулей, интегрированных в рамках одного информационного ресурса средствами i.Portal. Особенности процесса интеграции и использованные для этого конфигурационные файлы описаны в четвёртой главе.

В заключении главы рассмотрен пример использования созданных автором инструментальных средств для генерации шаблона модуля «Форум», являющегося одним из компонентов i.Logos. Приведена цепочка, начиная от создания модели

информационных сущностей модуля в виде диаграммы классов и заканчивая доработкой полученного шаблона с учётом требований к создаваемому приложению.

В приложениях к диссертационной работе содержится:

- Фрагмент требований к программному продукту.
- Пример диаграммы прецедентов для системы дистанционного обучения i.Logos.
- Пример плана сборок и версий.
- Пример интерфейса системы дистанционного обучения i.Logos.
- Пример кода функционального теста механизма саморегистрации пользователя СДО i.Logos.
- Пример регламента бета-тестирования модуля «сообщения» СДО i.Logos.
- Фрагмент плана бета-тестирования модуля «сообщения» СДО i.Logos.
- Фрагмент кода фабрики ScoFactory.
- Коды артефактов сайта, темы и раскладки СДО i.Logos.
- Фрагмент кода модуля СДО i.Logos и соответствующий ему шаблон.
- Диаграмма классов модуля «форум» СДО i.Logos.
- Структура каркаса приложения для модуля «форум» СДО i.Logos.
- Пример jet-шаблона преобразования для создания xml-дескриптора модуля.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

Главным результатом работы является создание нового метода проектирования, разработки и сопровождения программных систем, а также программных средств для практической реализации данного метода в виде системы управления содержанием веб-сайтов i.Portal и компонентов для среды разработки Eclipse.

Основные научные и практические результаты, полученные в работе:

- Метод создания программного обеспечения для системы управления содержанием веб-сайтов i.Portal, представляющий собой адаптацию известных подходов и технологий создания программных продуктов для конкретной платформы.

- Процедуры управления процессом разработки программного обеспечения для компьютерной сети Интернет, основанная на базовых требованиях международных стандартов управления качеством.
- Метод автоматизации процесса создания каркаса программного обеспечения для системы управления содержанием веб-сайтов i.Portal, включающий функции преобразования UML-модели в программные артефакты, который позволяет в значительной степени уменьшить число архитектурных ошибок компонентного уровня программного продукта.
- Технология хранения разнородных структурированных данных и программный интерфейс, позволяющий разработчикам и конечным пользователям динамически изменять метаданные в процессе промышленной эксплуатации программного обеспечения с использованием веб-интерфейса.
- Платформа для обеспечения функционирования веб-ресурсов, реализующая как компонентный, так и классический подход создания модульных программных продуктов для сети Интернет.
- Реализация ряда интеграционных проектов, включая разработку системы дистанционного обучения i.Logos, на базе созданного в рамках диссертационной работы программного обеспечения.

Таким образом, все поставленные автором задачи были в работе решены, а цель исследования достигнута, что подтверждается апробацией работы на научно-исследовательских конференциях и практическим внедрением результатов работы в процесс разработки программного обеспечения для системы управления содержанием веб-сайтов i.Portal.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Лебедев, К. С.** Метод создания программного обеспечения i.Portal MSE и контроль качества программного продукта в нём. [Текст] / К.С. Лебедев // Программные продукты и системы. - Тверь : НИИ «Центрпрограммсистем», 2007. - №3. – С. 43-47
2. **Лебедев, К. С.** Метод создания программного обеспечения для системы управления веб-сайтами i.Portal [Текст] / К.С. Лебедев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. - Тамбов : ТГТУ, 2007. - №2. – С. 445-448
3. **Лебедев, К. С.** Методика формирования формального описания системы для создания модели на основе структурных графов [Текст] / К.С. Лебедев // Научные труды VIII Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики» / Московская гос. ак-мия приборостроения и информатики. – М., 2005. – С. 110-115
4. **Лебедев, К. С.** Проблемы автоматизации российских предприятий [Текст] / К.С. Лебедев // Выступления участников международной конференции «Проблемы занятости и профессиональной подготовки молодёжи Сибири и дальнего Востока» : сборник. - Иркутск, 2000. – С. 140-141
5. **Лебедев, К. С.** Реализация архитектуры Model 2 в системе управления содержанием веб-сайтов i.Portal [Текст] / К.С. Лебедев // Труды XI Международной конференции «Информационные и математические технологии в научных исследованиях» / Ин-т систем энергетики им. Мелентьева. - Иркутск , 2006. - Т. I. – С. 236-243
6. **Лебедев, К. С.** Решение задачи автоматизации разработки и тестирования комплексных веб-приложений на базе i.Portal MSE [Текст] / К.С. Лебедев // Вестник ИрГТУ / Иркутский гос. тех. ун-т. - Иркутск, 2007. - №1 (29) : Т. 2. – С. 6-9
7. **Лебедев, К. С.** Решение задачи хранения и морфологического поиска каталогизированных данных в системе управления содержанием веб-сайтов i.Portal [Текст] // Научные труды IX Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и

экономики» / Московский гос. ун-т приборостроения и информатики. - Москва, 2006. – С. 71-79

8. **Лебедев, К. С.** Управление требованиями заказчика и планирование архитектуры в процессе разработки для i.Portal CMS [Текст] / К.С. Лебедев // Труды XII Международной конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении» / Ин-т систем энергетики им. Мелентьева. - Иркутск, 2007. - Т. II. – С. 163-170

9. **Кокоуров В. И., Ульянов Д. А., Лебедев К. С.** Применение новых информационных технологий при реализации платформы дистанционного обучения. Пример реализации с использованием стандарта SCORM [Текст] / В.И. Кокоуров, Д.А. Ульянов, К.С. Лебедев // Научные труды V Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики, экономики и права» / Московская гос. ак-мия приборостроения и информатики. - Москва, 2002. – С. 74-78

Формат 60x84 1/16

Уч.-изд. л. 1,5. Усл. печ. л. 1,5

Тираж 100 экз. Заказ ____

Отпечатано в «Оперативная типография Вектор»

664025, г. Иркутск, ул. Ст. Разина 6