

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

Горшкова Екатерина Александровна

Анализ и разработка методов и средств
моделирования интернет-приложений

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Санкт-Петербург
2005

Работа выполнена на кафедре информатики математико-механического факультета Санкт-Петербургского государственного университета.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук,
профессор Новиков Борис Асенович

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,
профессор Терехов Андрей Николаевич

кандидат физико-математических наук
Новиков Федор Александрович

Ведущая организация: Институт системного программирования
РАН

Защита диссертации состоится “___” _____ 2005 года в ___ часов на заседании диссертационного совета Д212.232.51 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук при Санкт-Петербургском государственном университете по адресу: 198504, Санкт-Петербург, Старый Петергоф, Университетский пр., д. 28, математико-механический факультет Санкт-Петербургского государственного университета.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Санкт-Петербургского государственного университета по адресу: 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7/9.

Автореферат разослан “___” _____ 2005 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор физико-математических наук,
профессор

Б.К.Мартыненко

Общая характеристика работы

Актуальность темы

Все больше приложений, обеспечивающих информационную поддержку организаций, реализуются как web-приложения. В таких областях как электронная коммерция, электронные библиотеки или дистанционное обучение использование гипертекстовых интерфейсов давно стало общепринятым стандартом. Данные в web-приложениях часто меняются, хранятся в различных местах, используют различные структурированные и неструктурированные форматы. Практика показывает, что качественная разработка web-приложений невозможна без предварительного проектирования [18].

Web-приложения должны быть спроектированы так, чтобы поддерживать не только изменения в данных, которыми оперирует само приложение, но также быть готовыми к возможному изменению требований, применяемых технологий и общей архитектуры. Все эти обстоятельства требуют хорошо организованного процесса проектирования.

Так как web-приложения – сравнительно новая область, еще не существует проверенных методологий для их разработки и проектирования. В основном для создания web-приложений используется опыт, позаимствованный из разработки другого программного обеспечения: клиентско-серверных систем и объектно-ориентированных приложений [8, 11, 16, 19, 38]. Однако ни одна из таких методологий не поддерживает полный цикл разработки web-приложений и не предоставляет интеграцию с готовыми программными компонентами, такими как библиотеки и каркасы. Поскольку в web-приложениях каркасы являются практически единственным повторно используемым решением, возможность интеграции с ними представляется очень актуальным вопросом.

Создание методологии, ориентированной именно на web-приложения, является актуальной темой и привлекает внимание многих современных исследователей. За последние несколько лет был предложен ряд таких методологий [20, 39, 35, 12, 41], и некоторые из них были поддержаны производителями инструментов для разработки приложений [12].

Актуален и важен вопрос раннего прототипирования web-при-

ложений. Ранее прототипирование полезно для пользователей, которые не являются экспертами в производстве программного обеспечения и не могут понять, как будет выглядеть приложение, пока не увидят его прототип. Другая причина состоит в том, что даже опытным проектировщикам необходимо визуализировать результат их работы перед переходом к фазе реализации.

Весьма важен выбор языка моделирования. В настоящее время особое распространение получают методологии, основанные на универсальном языке моделирования (Unified Modeling Language или UML) [25, 40, 16], поскольку выбор стандартного языка моделирования позволяет использовать инструменты, поддерживающие UML.

Цели работы

Задачей данной диссертации является создание методологии моделирования web-приложений, ориентированных на интенсивную обработку данных, основанную на унифицированном языке моделирования (UML).

Предложенное решение должно удовлетворять следующим требованиям:

- предоставлять средства моделирования различных аспектов web-приложения, включая детальную модель бизнес-логики;
- обеспечивать логическую модель пользовательского интерфейса, не зависящую от применяемых технологий;
- поддерживать процесс прямого проектирования, генерирующий полностью работающий скелет web-приложения, в котором реализована логическая структура web-страниц и логика переходов между страницами;
- обеспечивать интеграцию готовых библиотек и каркасов со сгенерированным программным кодом;
- предоставлять возможность быстро построить прототип пользовательского интерфейса.

Общая методика

Рассматривались известные подходы к разработке методов моделирования, информационных систем, методов моделирования. Был произведен сравнительный анализ разных методологий моделирования и инструментов, результаты были учтены при создании собственной методологии. Апробация системы проводилась на реальных проектах.

Основные результаты

В работе получены следующие основные результаты:

1. Произведен сравнительный анализ методологий, классифицированы инструменты разработчиков, обсуждены их достоинства, недостатки и проблемы интеграции. Результаты анализа учтены при создании собственной методологии.
2. Показано, что многие сложности моделирования Web-приложений вызваны неоднородностью используемых инструментов, в частности отсутствием средств моделирования пользовательских интерфейсов на логическом уровне.
3. Предложена методология моделирования web-приложений, ориентированных на интенсивную обработку данных, основанная на унифицированном языке моделирования (UML). Данная методология разбивает модель приложения на отдельные подсистемы и позволяет детально смоделировать каждую из подсистем и взаимосвязи между ними. Использование унифицированной нотации для описания всех подсистем позволяет проверить целостность модели и избежать многих ошибок на этапе проектирования.
4. Для предложенной методологии разработан процесс прямого проектирования. Результатом генерации программного кода является полностью работающий скелет web-приложения, в котором реализована логическая структура web-страниц и логика переходов между страницами.
5. Создан UML-профиль для моделирования рассматриваемого класса приложения. Формально определена виртуальная метамодель профиля: стереотипы, именованные значения

и ограничения целостности. Данный профиль может быть встроен в любой UML-инструмент, поддерживающий расширение UML.

6. Разработано расширение метамодели UML через MOF. Данное расширение использует семантику объектно-ориентированного моделирования, предоставляемую MOF, позволяя создать более точную модель, чем при UML-профиле. Однако, для поддержки такого расширения требуется создание специального UML-инструмента.
7. Реализован прототип инструмента моделирования, поддерживающий UML-профиль предложенной методологии. Данный инструмент полностью поддерживает все диаграммы UML-профиля, позволяет построить модель каждой из подсистем и провести генерацию программного кода.

Научная новизна

Все основные научные результаты диссертации являются новыми.

Практическая и теоретическая ценность

Теоретическая ценность состоит в том, что разработана пошаговая методология проектирования рассматриваемого класса приложений, предложены модели для гипертекста, пользовательского интерфейса, контроллера приложений.

Практическая ценность состоит в том, что применение методологии формализует способ описания приложения, улучшает взаимодействие между разработчиками, позволяет построить прототип приложения на стадии проектирования. Данное исследование может быть использовано как разработчиками web-приложений, так и производителями инструментов для разработки web-приложений.

Апробация работы

Результаты диссертации докладывались на конференции по базам данных и информационным системам (Baltic DB& IS, 2002, Таллинн, Эстония) и на международной конференции по всемирной паутине (WWW2002, Гонолулу, Гавайи, США).

Апробация данной работы проводилась в компании *eDevelopers Corporation* [3] на нескольких проектах. Для апробации был реализован прототип инструмента, который поддерживает предложенную методологию, позволяя создать модели и сгенерировать необходимые артефакты. Для реализации прототипа инструмента был выбран Together Control Center [13], имеющий открытый интерфейс прикладного программирования.

Публикации

Основные результаты диссертации изложены в четырех работах, перечисленных в конце автореферата.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из 8 глав с нумерацией рисунков и таблиц по главам. Текст диссертации изложен на 96 страницах. Список литературы содержит 62 наименования.

Содержание работы

В **первой главе** кратко охарактеризован общий контекст исследований. Дано определение класса приложений, который будет рассмотрен в диссертации, сформулированы проблемы, возникающие при разработке данного класса приложений. Рассмотрены вопросы применения языков моделирования, дано введение в UML. В частности, описаны два способа расширения языка UML: через создания профиля и через meta object facility (MOF) [22]. В конце главы четко сформулирована постановка задачи.

Во **второй главе** приводится обзор различных методологий разработки web- и гипермедиа-приложений. Делается вывод, что большинство методологий описывает три аспекта web-приложений:

- *Структура* описывает организацию информации в терминах сущностей, отвечающих за содержание приложения, и взаимосвязей между ними.
- *Навигация* описывает способы доступа к информации и перемещение между различными элементами приложения.

- *Представление* отвечает за то, как содержание приложения и команды навигации представлены пользователю.

Производится сравнительный анализ методологий по разным критериям, отмечаются их достоинства и недостатки. Классифицируются различные инструменты для разработки web-приложений.

В **третьей главе** детально описывается предлагаемая методология проектирования web-приложений. Объясняется, что жизненный цикл web-приложений описывается объединением жизненного цикла традиционных информационных систем и процессом моделирования структурированного гипертекста.

Основное внимание уделяется фазе проектирования. Процесс проектирования состоит из последовательности шагов на каждом из которых строится модель некоторого аспекта приложения.

1. *Варианты использования. (Use Cases)* На первом шаге строится модель вариантов использования, которые широко применяются для определения функциональности приложения, видимой внешним пользователям.
2. *Навигационная модель.* На этом шаге проектируется гипертекстовая структура web-приложения. Эта модель описывает, какие страницы входят в приложение и каким образом между ними осуществляется переход.
3. *Концептуальная модель.* В этой модели определяются все сущности приложения и взаимосвязи между ними. Концептуальная модель описывается при помощи диаграммы классов, при этом описывается абстрактно, независимо от выбранных технологий. Также в этой модели описываются все ограничения целостности, которым должны удовлетворять данные приложения.
4. *Композиционная модель.* Эта модель, для построения которой используется диаграмма классов, отвечает за проектирование структуры страниц. Каждой странице соответствует какой-то UML-класс. Все элементы страницы, такие

как ссылки, кнопки, картинки, моделируются как атрибуты этой страницы.

5. *Модель контроллера приложения.* Данная модель используется для детального моделирования бизнес-логики приложения. Модель контроллера приложений представляет собой частный случай модели состояний и переходов. Она уточняет навигационную модель, оставляя неизменными все пользовательские состояния, соответствующие страницам, и топологию переходов.

В **четвертой главе** описываются понятия, необходимые для формального описания UML-профиля. Предложенный в данной работе UML-профиль базируется на метамодели UML и расширяет базовые понятия только там, где это действительно необходимо. Описание UML-профиля сгруппировано по предложенным моделям: навигационной, композиционной и модели контроллера приложений. В тех случаях, где это возможно описание ограничений целостности сформулировано с использованием OCL.

В **пятой главе** описывается MOF-метамодель для предложенного расширения UML. Основным недостатком использования UML-профиля заключается в том, что невозможно использовать всю мощь объектно-ориентированного моделирования. Например, в профиле невозможно определить ассоциации между новыми элементами. Эти недостатки устраняются при создании MOF-метамодели.

В **шестой главе** рассматривается фаза разработки, на которой построенные модели преобразуются в программный код. Показывается, как результаты применения предложенной методологии могут быть использованы для генерации различных выходных артефактов.

В частности, описывается:

- построение прототипа пользовательского интерфейса;
- построение скелета приложения;
- генерирование кода для проверки правильности пользовательского ввода;

- создание проектной документации;

Седьмая глава содержит описание прототипа, и **восьмая глава** представляет основные результаты.

Список литературы

- [1] А.Н. Терехов, К.Ю. Романовский, Д.В. Кознов, П.С. Долгов, А.Н. Иванов. Real: Методология и case-средство для разработки систем реального времени и информационных систем. *Программирование*, (5), 1999.
- [2] А.Н. Иванов, С. А. Стригун. Технологическое решение real-it автоматизированная разработка пользовательского интерфейса информационных систем. *Системное Программирование*, 2004.
- [3] Evelopers corporation. <http://www.evelopers.com>.
- [4] Fedex. <http://www.fedex.com>.
- [5] Александр Вендров. *CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем*. Финансы и статистика, 1998.
- [6] Елена Чулкова. Моделирование и генерация web-приложений, 2004. Дипломная работа, Кафедра Системного Программирования, СПбГУ.
- [7] Александр Иванов. Технологическое решение real-it: создание информационных систем на основе визуального моделирования. *Системное Программирование*, 2004.
- [8] ST Arrington. *Enterprise Java with UML*. Willey Computer Publishing, 2001.
- [9] Batini C., Ceri S., and Navathe S.B. *Conceptual Database Design—An Entity-Relationship Approach*. Benjamin Cummings, 1992.
- [10] Stefano Ceri, Piero Fraternali, and Aldo Bongio. Web modeling language (webml): a modeling language for designing web sites. *Computer Networks*, 33(1-6):137–157, 2000.
- [11] P. P. CHEN. The entity-relationship model: Toward a unified view of data. *ACM Trans. Database Syst.*, 1(1):9–96, 1976.

- [12] J. Conallen. Modeling web application architectures with UML. *Comm. ACM*, 42(10), 1999.
- [13] Borland Corporation. Enterprise studio for java. <http://www.borland.com/estudiojava>.
- [14] IBM Corporation. Rational rose. <http://www-306.ibm.com/software/rational/>.
- [15] Microsoft Corporation. Microsoft FrontPage. <http://www.microsoft.com/frontpage/>.
- [16] M. Fowler and K. Scott. *UML Distilled: Applying the Standard Object Modeling Language*. Addison-Wesley-Longman, 1997.
- [17] Martin Fowler. *Analysis Patterns: Reusable Object Models*. Addison-Wesley, 1997.
- [18] P. Fraternali. Tools and approaches for developing data-intensive Web applications: a survey. *ACM Computing Surveys*, 31(3):227–263, 1999.
- [19] Booch G. *Object-Oriented Analysis and Design with Applications*. Addison-Wesley-Longman, 1994.
- [20] F. Garzotto, P. Paolini, and D. Schwabe. HDM - A model-based approach to hypertext application design. *ACM TOIS*, 11(1):1–26, 1993.
- [21] Tony Griffiths, Jo McKirdy, G. Forrester, Norman W. Paton, Jessie B. Kennedy, Peter J. Barclay, Richard Cooper, Carole A. Goble, and Philip D. Gray. Exploiting model-based techniques for user interfaces to databases. In *VDB*, pages 21–46, 1998.
- [22] Object Management Group. Meta object facility specification, version 1.4. <http://www.omg.org>.
- [23] Object Management Group. Object Constraint Language Specification. <http://www.omg.org/uml>.
- [24] Object Management Group. Object management group – the official web site. <http://www.omg.org>.

- [25] Object Management Group. Unified Modeling Language Specification. <http://www.omg.org/uml>.
- [26] F. Halasz and M. Schwartz. The dexter hypertext reference model. *Commun. ACM*, 3(2):30–39, 1994.
- [27] David Harel. Statecharts: A visual formalism for complex systems. *Science of Computer Programming*, 8(3):231–274, June 1987.
- [28] Macromedia Inc. Macromedia ColdFusion. <http://www.macromedia.com/software/coldfusion>.
- [29] Macromedia Inc. Macromedia Dreamweaver. <http://www.macromedia.com/software/dreamweaver/>.
- [30] Macromedia Inc. Macromedia HomeSite. <http://www.macromedia.com/software/homesite/>.
- [31] Pervasive Software Inc. EveryWare Tango. <http://www.pervasive.com/>.
- [32] Sun Microsystems Inc. Java 2 enterprise edition platform. <http://java.sun.com/j2ee>.
- [33] Website Pros Inc. NetObjects Fusion. <http://www.netobjects.com/>.
- [34] YesSoftware Inc. CodeCharge. <http://www.codecharge.com/>.
- [35] Tomas Isakowitz, Edward Stohr, and P. Balasubramanian. RMM: A methodology for structured hypermedia design. *Comm. ACM*, 38(8):34–44, 1995.
- [36] I. et al. Jacobson. *Object-Oriented Software Engineering, A Use Case Driven Approach*. Addison-Wesley, 1992.
- [37] Jan Jurjens. A uml statecharts semantics with message-passing. In *Proceedings of the 17th symposium on Proceedings of the 2002 ACM symposium on applied computing*, pages 1009–1013, New York, NY, USA, 2002.
- [38] Coad P. and Mayfield M. *Java Design*. Prentice-Hall, 1997.

- [39] G. Rossi, D. Schwabe, and S. Barbosa. Systematic hypermedia design with 00hdm. In *In Proc. of ACM International Conference on Hypertext(Hypertext 96)*, Washington, March 1996.
- [40] J. Rumbaugh, I. Jacobson, and G. Booch. *Reference Manual*. Addison-Wesley, 1999.
- [41] Y. Zheng and M. Pong. Using statecharts to model hypertexts. In D. Lucarella, editor, *Proc. ECHT92*, pages 242–250, Milan, Italy, December 1992.

Работы автора по теме диссертации

1. Горшкова Е.А., Новиков Б.А., Белов Д.Д., Гуров В.С., Спиридонов С.В. Моделирование контроллера web-приложений с использованием UML. *Программирование*, 31(1), 2005. — с. 29-33.
2. Горшкова Е.А., Новиков Б.А. Использование диаграмм состояний и переходов для моделирования гипертекста. *Программирование* 30(1):47–51, 2004. — с. 47-51.
3. Gorshkova E., Novikov B. Exploiting uml extensibility in the design of web applications. *Proc. of the eleventh international World Wide Web conference*. — 2002 Honolulu, Hawaii, USA.
4. Gorshkova E., Novikov B. Exploiting uml extensibility in the design of web information systems. *Proc. of the fifth international conference Baltic DB& IS*, 2002. — с. 49-64.