

УДК 681.3

С. В. ТАРХОВ
АРХИТЕКТУРЫ
СЕТЕВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ

Рассмотрены архитектуры сетевых информационно-обучающих систем, выполнена их классификация, показаны преимущества и недостатки существующих архитектурных решений, сформулированы требования к современным сетевым информационно-обучающим системам, предложена архитектура распределенной сетевой информационно-обучающей системы, функционирующей в Intranet / Internet, предусматривающей хранение учебно-методической информации в реляционной базе данных и обработку информации с использованием объектно-ориентированного подхода, показаны ее преимущества. *Информационно-обучающие системы; автоматизированное обучение; компьютерные обучающие системы; дистанционное обучение*

Широкое использование современных телекоммуникационных технологий компьютерного обучения, в том числе технологий дистанционного обучения, вызывает необходимость поиска новых архитектурных решений сетевых информационно-обучающих систем, позволяющих осуществлять в Intranet / Internet не только доставку учебно-методических материалов, но и интенсивное удаленное интерактивное, в том числе адаптивное, обучение, повысить эффективность и надежность таких систем в целом.

В настоящее время процесс создания сетевых информационно-обучающих систем (СИОС) сопряжен с рядом нерешенных научно-технических проблем. Анализ материалов по данной проблеме [1, 2], опубликованных в Интернет, систем автоматизированного и дистанционного обучения и различного рода образовательных ресурсов показал, что используемые для их создания архитектурные решения обладают рядом недостатков, среди которых следует отметить наиболее существенные: высокую сложность организации адаптивного обучения; высокую сложность, а порой и невозможность информационной увязки обучающих и контролирующих модулей системы; жестко заданную структуру учебно-методической информации (УМИ) и возможность нарушения ссылочной целостности; высокую трудоемкость оперативной корректировки УМИ, невозможность организации нормальной работы системы при низкоскоростных каналах Internet. Большая часть известных образовательных СИОС строится на базе традиционных

статических web-страниц, не допускающих в процессе обучения изменения сценария в зависимости от подготовленности обучаемого и текущего усвоения им учебного материала, что не позволяет повысить эффективность и гибкость таких систем.

Целью настоящей работы является разработка классификации и сравнение существующих архитектурных решений построения сетевых информационно-обучающих систем, а также разработка на их основе новых перспективных архитектурных решений, обеспечивающих эффективное функционирование систем автоматизированного сетевого и дистанционного обучения.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ И СРАВНЕНИЕ
АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ПОСТРОЕНИЯ
СЕТЕВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ОБУЧАЮЩИХ
СИСТЕМ

В настоящее время в Internet имеется множество образовательных ресурсов, в которых реализованы те или иные технологии дистанционного обучения. Выполним классификацию существующих в настоящее время СИОС и покажем их достоинства и недостатки.

Архитектура централизованной системы дистанционного обучения, функционирующей в режиме отложенного доступа (offline), представлена на рис. 1. Здесь и далее на рис. 1–3 жирным шрифтом выделены названия элементов, которые обязательно присутствуют в данной архитектуре системы. Элементы, названия которых приведены обычным шрифтом, могут присутствовать в дан-

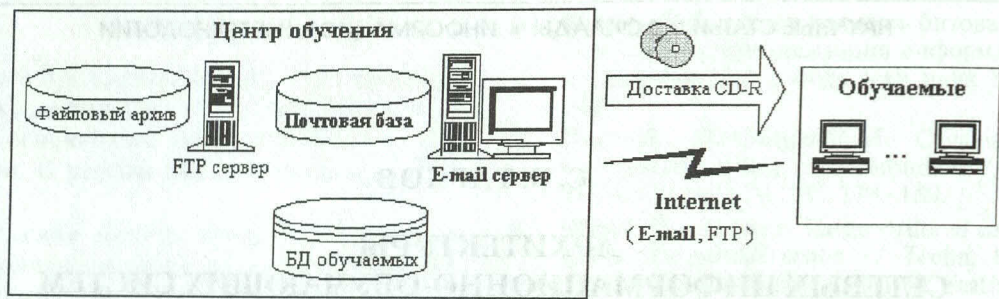


Рис. 1. Централизованная система с доступом off-line

ной архитектуре системы, но их наличие не является обязательным.

Информационный обмен обучаемых с преподавателями (тьюторами) в данной архитектуре системы осуществляется в основном через Internet посредством электронной почты (e-mail). Электронная почта используется для отправки обучаемым заданий, файлов с учебно-методическими материалами, получения от них выполненных заданий, ответа на вопросы обучаемых (проведения консультаций). Наряду с электронной почтой в таких системах могут использоваться средства доставки учебных материалов по протоколу доставки файлов FTP (File Transfer Protocol). Для обучаемых при необходимости могут быть изготовлены компакт-диски с учебно-методическими материалами, которые доставляются с использованием обычной почты или выдаются им в Центре обучения. Использование компакт-дисков целесообразно в том случае, если объемы УМИ, представленной в электронном виде, достаточно велики (десятки или сотни мегабайт), а каналы связи по Internet обучаемых с Центром обучения имеют невысокую пропускную способность, например при связи по коммутируемым линиям. Такая архитектура сетевой информационно-обучающей системы фактически реализует традиционную технологию заочного обучения со всеми ее недостатками, за исключением того, что скорость доставки учебно-методических материалов несравненно выше, а в обучении используются электронные учебно-методические материалы, которые могут оперативно обновляться. Для практической реализации данной архитектуры в общем случае в Центре обучения должен быть создан почтовый сервер (e-mail сервер). В простейшем случае при небольших объемах переписки и отсутствии необходимости в ведении базы обучаемых и жесткого контроля над учебным процессом могут быть использованы бес-

платные почтовые сервисы, предоставляемые большим числом Internet-серверов.

Преимущества: организация оперативно-го информационного обмена с обучаемыми с использованием технологий Internet; простота реализации.

Недостатки: невозможность организации сетевого автоматизированного обучения в режиме реального времени.

Архитектура централизованной системы автоматизированного сетевого и дистанционного обучения, функционирующей в режиме прямого доступа (on-line) к информационным ресурсам статического web-сайта. Это наиболее распространенная в настоящее время архитектура сетевых информационно-обучающих систем дистанционного обучения, реализованных в настоящее время в Internet (рис. 2).

Учебно-методические материалы, в основном электронные учебники, справочники и тестовые задания для самоконтроля, представляются в таких системах в виде готовых web-страниц. Информационный обмен автоматизированной системы с обучаемыми осуществляется через Intranet/Internet с использованием протокола доставки гипертекстовых документов НТТР (HyperText Transport Protocol). УМИ хранится на сервере в деревьях каталогов образовательного сайта в виде гипертекстовых документов. Это наиболее распространенный способ публикации учебно-методического материала в системах дистанционного обучения, базирующийся на использовании формата HTML, позволяющего обеспечить эффективную навигацию по учебным курсам, включающим текст, статические и анимированные графические объекты, аудио- и видеоданные, а также содержащим ссылки на внешние справочные и обучающие ресурсы, размещенные на других www-серверах за пределами Центра обучения.

Такие системы часто содержат модуль идентификации пользователя и администри-

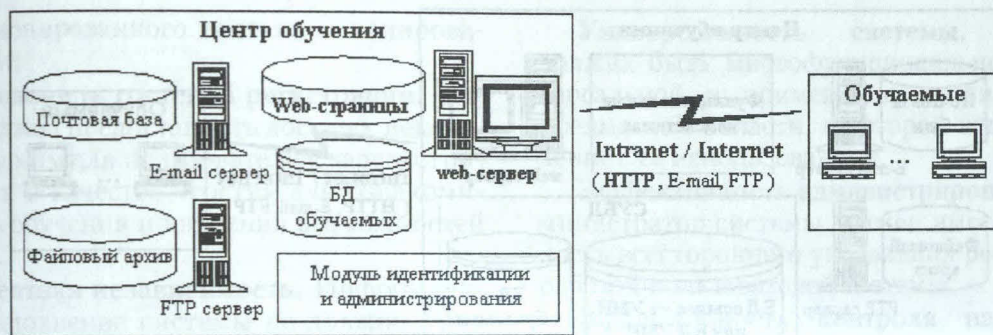


Рис. 2. Централизованная система с on-line-доступом к ресурсам статического web-сайта

рования системы обучения. Модуль идентификации позволяет разграничить доступ различных категорий пользователя к информационным ресурсам системы. Модуль администрирования в таких системах предназначен для определения прав пользователей, модификации системы, наполнения системы УМИ и т.д. В его функции также может входить контроль над учебным процессом и анализ результатов обучения. Для этого в системе ведется база данных обучаемых.

Преимущества: работа с УМИ всех категорий пользователей с использованием стандартных Internet-технологий; возможность организации сетевого автоматизированного обучения в режиме реального времени; простота разработки и публикации УМИ на образовательном Интернет-сервере; удобная навигация с помощью гиперссылок; возможность использования мультимедиаинформации; простота реализации с использованием стандартных бесплатно распространяемых программных средств; возможность разграничения доступа пользователей к ресурсам системы; относительно невысокая сложность создания системы; отсутствие необходимости специальной подготовки разработчиков учебных курсов.

Недостатки: сложность организации адаптивного обучения; жестко заданная структура УМИ и возможность нарушения ссылочной целостности; высокая трудоемкость оперативной корректировки УМИ; высокая сложность поиска фрагмента по контексту и оценки содержательной части УМИ для комплектов учебных материалов; сложность информационной увязки обучающих и контролирующих модулей; дублирование фрагментов УМИ при хранении учебных курсов разного объема; низкая степень защиты от несанкционированного копирования; невозможность организации нормальной работы

системы при низкоскоростных каналах Internet.

Архитектура централизованной системы автоматизированного сетевого и дистанционного обучения, функционирующей в режиме прямого доступа (on-line) к информационным ресурсам динамического web-сайта. Эта архитектура для построения сетевых информационно-обучающих систем применяется в последнее время все чаще (рис. 3).

Информационный обмен автоматизированной сетевой информационно-обучающей системы с обучаемыми осуществляется через Intranet / Internet с использованием протокола доставки гипертекстовых документов HTTP (HyperText Transport Protocol). Учебно-методическая и иная информация может храниться на сервере в деревьях каталогов образовательного сайта в виде гипертекстовых документов в формате HTML (архитектура с БД ссылок на УМИ) или в базе данных (архитектура с БД УМИ). Генерация HTML-страниц с учебно-методическим материалом в таких системах выполняется по запросу обучаемого. Для практической реализации такой архитектуры должны быть разработаны функциональные подсистемы, обеспечивающие доступ различных категорий пользователей к ресурсам СИОС. Как правило, функциональные подсистемы представляют собой программные модули, реализующие функции: авторизации пользователей, автоматизированного обучения, тестирования, контроля над учебным процессом, анализа результатов обучения, администрирования системы, наполнения системы УМИ, проведения on-line и off-line консультаций, доступа к архивам УМИ и др.

Преимущества: работа с УМИ большинства категорий пользователей с использованием стандартных Internet-технологий; возможность организации сетевого автоматизированного обучения в режиме реально-

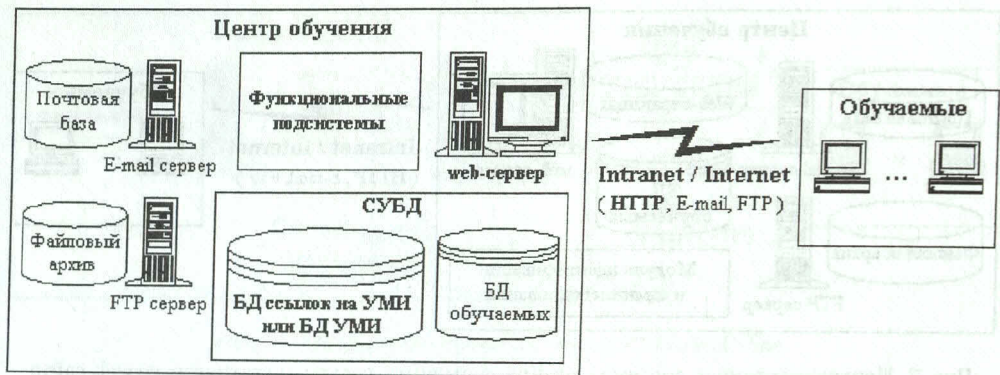


Рис. 3. Централизованная система с on-line-доступом к ресурсам динамического web-сайта

го времени; возможность организации адаптивного обучения; удобная навигация с помощью гиперссылок; возможность использования мультимедиаинформации; простота реализации с использованием стандартных бесплатно распространяемых программных средств; возможность разграничения доступа пользователей к ресурсам системы; простота проверки ссылочной целостности структуры УМИ; возможность корректировки УМИ одновременно во всех учебных курсах, в которые входит корректируемый фрагмент; простота поиска фрагмента по контексту и оценки содержательной части УМИ для комплектов учебных материалов; сложность, возможность увязки обучающих и контролирующих модулей (учебного материала с тестовыми заданиями); исключение дублирования фрагментов УМИ при хранении учебных курсов разного объема; высокая степень защиты от несанкционированного копирования.

Недостатки: проблемы обеспечения и контроля целостности ссылок, хранимых в базе данных на файловую структуру каталогов образовательного сервера (для архитектуры с БД ссылок на УМИ); высокая сложность поиска фрагмента по контексту и оценки содержательной части УМИ для комплектов учебных материалов; сложность информационной увязки обучающих и контролирующих модулей; повышенная сложность разработки и публикации УМИ на образовательном Internet-сервере и необходимость специальной подготовки разработчиков учебных курсов области БД.

Следует отметить, что каждая последующая архитектура из перечисленных выше может включать компоненты предыдущих архитектур. Так, например, архитектура системы автоматизированного сетевого и дистанционного обучения, функционирующей в режиме прямого доступа (on-line) к информацион-

ным ресурсам динамического web-сайта, может также использовать технологию дистанционного обучения посредством e-mail.

Архитектуры, представленные на рис 2 и 3, могут использоваться для реализации технологий: асинхронного индивидуального обучения; асинхронного или синхронного группового обучения (в специально созданных учебных классах, как в Центре обучения, так и за его пределами), синхронного обучения в «распределенном классе» [3].

2. ТРЕБОВАНИЯ К СОВРЕМЕННЫМ СЕТЕВЫМ ИНФОРМАЦИОННО-ОБУЧАЮЩИМ СИСТЕМАМ

Выполненная классификация существующих архитектурных решений построения современных СИОС, а также анализ преимуществ и недостатков, проведенный с целью поиска подходов для повышения их функциональных возможностей и надежности системы в целом, позволяют сформулировать ряд требований к СИОС, среди которых, на наш взгляд, наиболее важными являются рассмотренные ниже требования.

Адаптивность. В процессе взаимодействия обучаемого с системой учебно-методический материал должен предоставляться обучаемому с учетом его первоначального уровня знаний, текущей успеваемости, траектории обучения в системе, среднестатистической траектории обучения контрольной группы обучаемых и др.

Актуальность. Обучаемый должен получать достоверную информацию, с учетом всех ее корректировок и независимо от формата представления данных.

Безопасность. Хранение информационных ресурсов должно быть безопасным. В системе должна быть предусмотрена защита от

несанкционированного доступа и копирования УМИ.

Возможность гостевой регистрации. Система должна предоставлять доступ к некоторым ресурсам для пользователей, зарегистрированных в качестве «гостя» для ознакомительного обучения и изучения возможностей системы.

Контентная независимость. Информационное наполнение системы не должно быть потеряно при переходе на новые технологии обработки информации, т.е. при модернизации или полной переработке функциональных модулей системы.

Масштабируемость. Архитектура системы должна позволять изменять масштаб системы для работы в различных конфигурациях.

Надежность. Хранение информационных ресурсов в системе должно быть надежным. Возможные программные и аппаратные сбои не должны приводить к потере информации.

Простота в использовании. Работа с системой не должна требовать дополнительного обучения основных категорий пользователей.

Развитость коммуникационных сервисов. Система должна обеспечивать работу с гипермедиаданными, включать интерактивные переговоры (чаты), доски объявлений (форумы) и электронную почту, позволять максимально эффективным образом проводить семинары, задавать вопросы по материалам курса, вести дискуссии и обсуждения.

Разграничение полномочий пользователей. Каждая категория пользователей (обучаемые, преподаватели, методисты, администраторы и т. п.) должна иметь строго ограниченный доступ к информационным ресурсам и функциональным возможностям системы.

Распределенность. Система должна быть ориентирована на работу в сетях различных конфигураций (Intranet, Internet) и поддерживать хранение распределенных информационных ресурсов, повышающее надежность системы и снижающее необоснованную загрузку каналов связи, особенно Internet.

Расширяемость. Система должна иметь открытую архитектуру и допускать возможность включения в нее новых функциональных модулей, расширяющих ее технологические возможности.

Универсальность программного обеспечения. Для работы пользователей системы должно использоваться стандартное программное обеспечение, повсеместно применяемое для работы в Internet.

Универсальность системы. Система должна быть многофункциональной и универсальной в применении, независимо от предметной области, в которой ведется обучение с ее использованием.

Эффективность администрирования. Администратор системы должен иметь возможность всестороннего управления ресурсами и работой пользователей системы.

Эффективность контроля над ходом учебного процесса. Система должна содержать средства, позволяющие осуществлять полный контроль процесса обучения: анализировать траекторию обучения; использовать современные средства тестирования знаний обучаемых, выполнять построение разнообразных отчетов о результатах обучения. В системе должны быть средства для самоконтроля обучаемых.

Эффективность работы. Архитектура системы должна подразумевать эффективную ее реализацию на типичной аппаратно-программной платформе.

Эффективные средства планирования учебного процесса. Система должна позволять осуществлять формирование групп обучаемых, индивидуальных программ обучения, графиков учебного процесса и т. д.

При разработке архитектурных решений и практической реализации системы желательно учитывать перечисленные выше требования, поскольку это позволит существенно повысить эффективность сетевых информационно-обучающих систем как на этапе подготовки учебно-методического материала, так и на этапе обучения и анализа результатов работы системы в целом.

3. АРХИТЕКТУРА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СЕТЕВОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ INTRANET/INTERNET

На основе результатов проведенного анализа существующих архитектурных решений сетевых информационно-обучающих систем и современных требований к ним наиболее перспективным направлением, на наш взгляд, является разработка распределенной архитектуры сетевой информационно-обучающей системы.

Архитектура распределенной системы автоматизированного сетевого и дистанционного обучения в режиме прямого доступа (on-line) к ресурсам динамических веб-сайтов показана на рис. 4.

Предлагаемая к рассмотрению архитектура системы автоматизированного сетево-

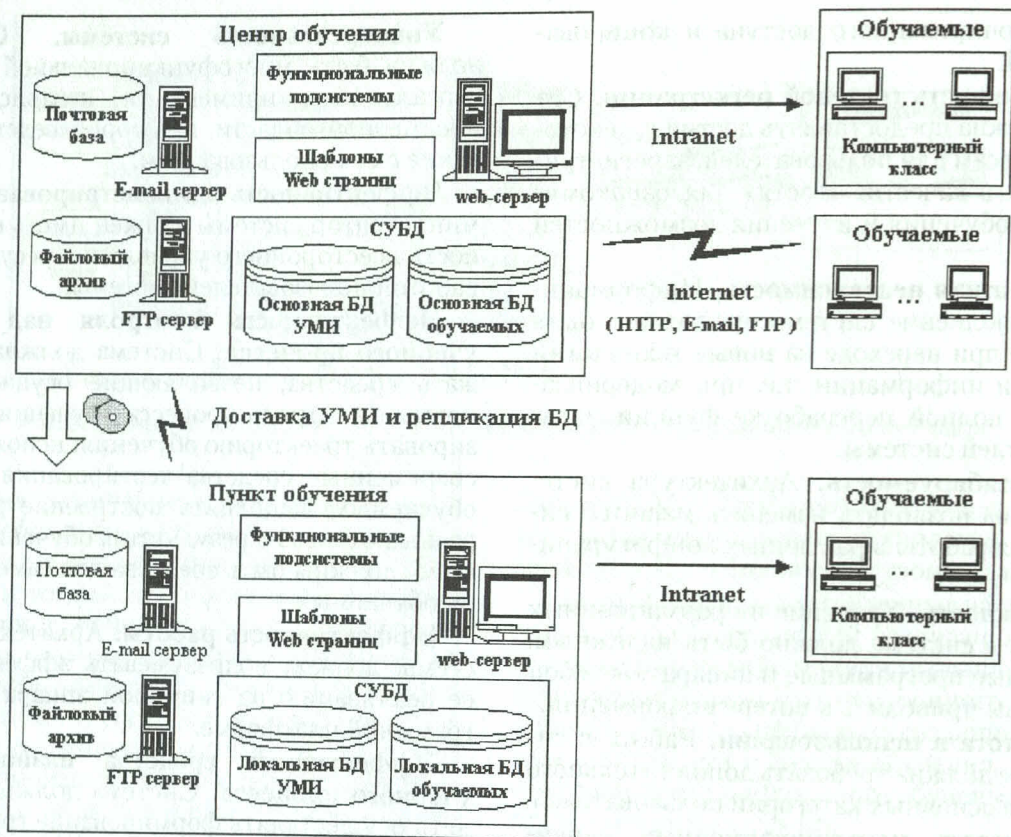


Рис. 4. Распределенная система с on-line доступом к ресурсам динамического web-сайта

го и дистанционного обучения предназначена для проведения занятий с обучаемыми как в Центре обучения, так и в специально создаваемых пунктах обучения. Взаимодействие между компонентами системы осуществляется с использованием кабельного соединения по Intranet или удаленного соединения по Internet.

Центр обучения создается на базе учебного заведения (например, вуза). В Центре обучения размещаются основные компоненты системы – web-сервер и компьютерные классы. Функциональные подсистемы, управляющие работой распределенной СИОС, позволяют:

- разрабатывать новые учебные курсы и модифицировать имеющиеся с использованием распределенных информационных ресурсов – электронных библиотек;
- проводить обучение в компьютерных классах Центра;
- организовывать и проводить обучение с использованием технологий дистанционного обучения, в том числе на базе технологий удаленного доступа в Internet;
- осуществлять актуализацию баз данных распределенной СИОС;

- администрировать СИОС.

Пункты обучения создаются на базе филиалов учебного заведения (например, на филиалах и представительствах вуза) и имеют компьютерные классы. Они должны быть оснащены необходимым техническим и программным обеспечением и иметь связь, как правило, посредством Internet, с Центром обучения. Работа пользователей СИОС за пределами Центра и пунктов обучения может осуществляться по Internet.

Функциональные подсистемы содержат «интеллектуальное ядро», имеющее мультиагентную архитектуру, включающую набор программных агентов (виртуальных агентов), в том числе интеллектуальных, взаимодействующих между собой по заранее описанным правилам. Добавляя новых агентов или изменяя правила работы существующих, можно изменять и расширять функциональные возможности системы. Для построения сценариев взаимодействия СИОС с пользователями их целесообразно рассматривать как агентов (реальных агентов) в сложной человеко-машинной системе, действия которых должны быть формализованы. Примерами программных агентов СИОС могут слу-

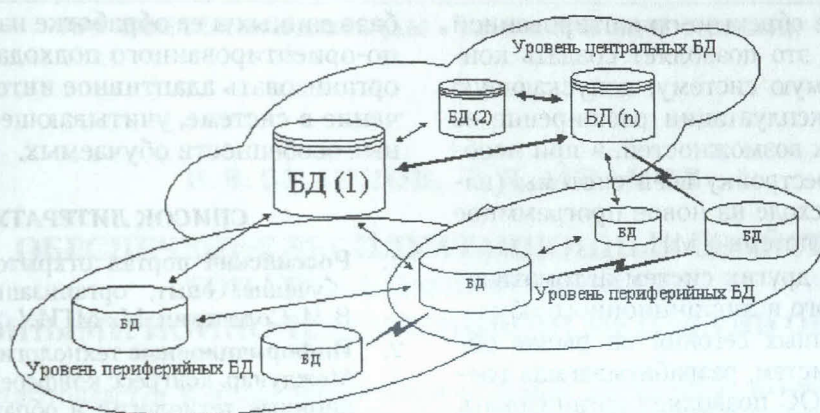


Рис. 5. Пример расположения БД на различных уровнях системы и их взаимосвязь

жить: «Сенсор», обеспечивающий получение информации от пользователя и предоставляющий информацию пользователю; «Менеджер», обрабатывающий информацию, поступающую от «Сенсора», и принимающий решение о том, какой из агентов системы и что должен сделать; «Мастер тестирования», предназначенный для того, чтобы проконтролировать результаты обучения студента посредством тестирования; «Почтальон», работающий с сервером электронной почты и позволяющий обмениваться сообщениями между преподавателями и студентами и др.

Хранение учебно-методической и иной информации в распределенной СИОС осуществляется в реляционных базах данных, а для ее обработки используется объектно-ориентированный подход [4]. Генерация HTML-страниц с учебно-методическими материалами выполняется динамически по запросам пользователей.

Пример структуры распределенных на различных уровнях системы БД и их взаимосвязи показан на рис. 5.

Базы данных центрального уровня — основное ядро системы. Разнесение баз данных таким образом позволяет решить проблемы загрузки серверов БД, нагрузки на каналы связи со стороны серверов БД, получить повышенную надежность хранения учебно-методической информации за счет дублирования курсов на нескольких серверах, вероятность одновременного случайного физического и/или программного разрушения которых стремится к нулю.

Сочетание реляционной БД с объектно-ориентированным подходом к обработке информации позволяет, используя представление объектов УМИ на уровне локальной базы данных и методов, осуществляющих генерацию содержания, воспроизведение и поиск

курсов в базе, обеспечить работу с данными одной БД. В то же время, используя представление объектов на уровне «системы», можно обращаться к совокупности баз данных как к единой БД, не используя при этом специализированных распределенных СУБД.

Использование предложенной архитектуры распределенной СИОС с мультиагентной функциональной подсистемой, наряду с объектно-ориентированным подходом к обработке информации в системе, позволяет обеспечить независимость функциональных модулей от контента, открытость системы для перспектив ее развития, корректную взаимосвязь обучающих и контролирующих модулей, реализовать модели адаптивного интерактивного обучения, учитывающие первоначальный уровень и текущую успеваемость обучаемого, рациональную загрузку Internet, бесперебойное функционирование системы при низкоскоростных каналах связи и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье предложена и обоснована архитектура распределенной сетевой информационно-обучающей системы, функционирующей на базе Intranet / Internet и предназначенной для автоматизированного сетевого и дистанционного обучения студентов как в самом учебном заведении, так и на его филиалах. Функциональные модули подсистемы реализуются с использованием мультиагентного подхода. Использование агентов обеспечивает особо высокую гибкость, эффективность, а также надежность обработки информационных потоков в сетевой информационно-обучающей системе. Хранение учебно-методической информации и иной информации в системе осуществляется в распределенной базе данных. Обработка информации выпол-

няется на основе объектно-ориентированной технологии. Все это позволяет создать контентно-независимую систему, допускающую в процессе ее эксплуатации расширение ее функциональных возможностей, а при необходимости и перестройку всей системы (например, при переходе на новое программное обеспечение) без потери УМИ.

В отличие от других систем автоматизированного сетевого и дистанционного обучения, представленных сегодня на рынке образовательных систем, разрабатываемая распределенная СИОС позволяет организовать эффективное интерактивное адаптивное обучение как в Центре, так и в пунктах обучения, даже в случае низкоскоростных каналов связи по Internet.

Предложенная архитектура системы реализуется на кафедре информатики УГАТУ в рамках внутривузовской программы поэтапного внедрения технологий автоматизированного сетевого и дистанционного обучения студентов. Основной целью Программы является создание учебно-методического модуля открытой интегрированной обучающей среды кафедры и поэтапной организации на его основе автоматизированного сетевого и дистанционного обучения по базовому курсу информатики, читаемому кафедрой на всех факультетах, специальностях и формах обучения как в вузе, так и на его филиалах и представительствах. Реализация Программы предусматривается в четыре этапа в период с 2004–2005 по 2006–2007 учебные годы.

Имеющиеся на кафедре учебные и практические материалы, прошедшие государственную регистрацию в Отраслевом фонде алгоритмов и программ (ОФАП) государственно-координационного центра информационных технологий Министерства образования Российской Федерации (например, электронный учебный курс [5], электронный лабораторный практикум [6] и др.), уже сегодня во многом решают проблему методического обеспечения СИОС.

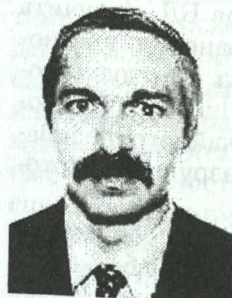
Программный комплекс, предназначенный для проведения учебных занятий с использованием Intranet / Internet технологий и используемый для практической реализации СИОС, строится на базе ядра разработанной информационно-обучающей системы, имеющей свидетельство об официальной регистрации [7]. В нем реализован оригинальный подход к хранению УМИ в реляционной

базе данных и ее обработке на основе объектно-ориентированного подхода, что позволяет организовать адаптивное интерактивное обучение в системе, учитывающее индивидуальные особенности обучаемых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Российский портал открытого образования: обучение, опыт, организация** / Отв. ред. В. И. Солдаткин. М.: МГИУ, 2003. 508 с.
2. **Информационные технологии в образовании: Междунар. конгресс конференций. Информационные технологии в образовании: Сб. тр. участников XIII Междунар. конф. М.: Просвещение, 2003. Ч. V. 344 с.**
3. **Кабальнов Ю. С., Тархов С. В., Минасов Ш. М.** Информационно-обучающие среды образовательных систем // Вестник УГАТУ. 2002. Т. 3, № 2. С. 187–196.
4. **Кабальнов Ю. С., Тархов С. В., Минасов Ш. М.** Способы хранения и генерации учебных курсов в информационно-обучающей среде, функционирующей на базе технологии WWW // Информационные недра Кузбасса: Матер. рег. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию Кемеровск. обл. Кемерово, 2003. С. 169–171.
5. **Свид. об отрасл. рег. разработки № 3650.** Организация интерфейса в человеко-машинных системах: Электронный учебный курс / С. В. Тархов. Зарег. в ОФАП Гос. коорд. центра информац. технологий Минобразования РФ. М., 2004.
6. **Свид. об отрасл. рег. разработки № 3649.** Электронный лабораторный практикум по Visual Basic / Е. А. Кузьмина, Ш. М. Минасов, С. В. Тархов. Зарег. в ОФАП Гос. коорд. центра информац. технологий Минобразования РФ. М., 2004.
7. **Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2003612176.** Информационно-обучающая система дистанционного обучения K-Media (ИОС ДО K-Media) / Ш. М. Минасов, С. В. Тархов, Н. С. Минасова. РосПатент, 2003.

ОБ АВТОРЕ



Тархов Сергей Владимирович, докторант, доц. каф. информатики. Дипл. инж. по технол. машиностроения (УАИ, 1980). Канд. техн. наук по тепловым двигателям ЛА (УГАТУ, 1988). Иссл. в обл. управления сложн. техн. и организац. системами.