

Организационные и методические аспекты обеспечения непрерывного образования

УДК 681.3:658.56

Н.Н. Глибовец

Архитектурные и программные решения построения колаборативного электронного учебного пространства

Рассмотрены архитектурные и программные решения построения платформы колаборативного электронного учебного пространства интеллектуального распределенного типа. Показана целесообразность использования компонентно-ориентированной архитектуры, брокеров контента и сервисов, контекстных моделей и технологий семантического веба. Описана реализация подсистемы управления контентом в виде специализированного репозитория учебных материалов, удовлетворяющая стандарту *DRI*.

The architectural and software solutions for the platform of a collaborative electronic learning space of intelligent distributed type are considered. The feasibility of using the component-oriented architecture, content's and service's brokers, contextual models and Semantic Web technologies, is shown. The implementation of the content management subsystem in the form of a specialized repository of educational materials, which meets the *DRI*'s standard is described.

Розглянуто архітектурні та програмні рішення побудови платформи колаборативного електронного навчального простору інтелектуального розподіленого типу. Обґрунтовано доцільність використання компонентно-орієнтованої архітектури, брокерів контенту та сервісів, контекстних моделей і технологій семантичного вебу. Описано реалізацію підсистеми управління контентом у формі спеціалізованого репозиторія навчальних матеріалів, що задовольняє стандарт *DRI*.

Введение. Под колаборативным электронным учебным пространством (КЭУП) подразумевается комплексный подход к построению программной системы поддержки процесса предоставления образовательных услуг, совмещающий интерактивные возможности компьютерных сетей, интеллектуальных и мультимедийных средств с преподаванием, сосредоточенным на студенте [1]. Термин КЭУП (*Collaborative E-Learning Spaces, CELS*) порой взаимозаменяемо используют с термином дистанционного образования, но их концепция отличается в рамках понятий и целей. В процессе дистанционного обучения участники обычно руководствуются формальным курсом, предлагаемым с очень специфическими и реальными результатами. Что же касается КЭУП, причины участия разнообразнее, и ученики преимущественно более самонаправлены. КЭУП облегчает образовательную парадигму, сосредоточенную на ученике, и способствует активной учебе.

Стандартным подходом к учебе в КЭУП представляется процесс взаимодействия, в котором преподаватели (производители контента) и слушатели (потребители контента) сотрудничают в пределах одной программной

платформы с помощью специализированных телекоммуникационных средств. Важнейшее здесь – расширение возможностей повторного использования контента и передачи знаний путем усиления их социотехнологической функциональности благодаря многократному использованию контента, улучшению передачи знаний, адаптивности среды.

Многократное использование контента обеспечивается: автоматизированной сегментацией (монолитные, неделимые документы разбиваются на атомарные части, над контентом которых будут выполняться операции индексирования, поиска, агрегации, варьирования, изменения); выделением и моделированием знаний, проверкой на противоречие и пр.; использованием декларативной логики, реляционных и постреляционных баз знаний, *SCORM* подобных стандартов, *OWL* подобных языков онтологии; созданием и распространением *XML*-стандартов; развитием специализированных рекомендательных систем, построенных на основе технологий интеллектуальных мобильных агентов; упрощением интерфейса пользователя; приближением к пользователю средств мультимедиа; возможностью манипулирования разнотипной

информацией на основе технологий *Web2.0* и *Web3*; улучшением цикла передачи знаний благодаря повышению роли слушателя на уровне обратной связи; значительным увеличением качественного, свободно распространяемого, программного обеспечения; повышением пропускной способности каналов коммуникации.

Главная цель этого исследования – разработка концептуального виденья программной системы поддержки КЭУП, основанной на современных технологиях и стандартах.

Коллаборативное электронное учебное пространство

Важным компонентом КЭУП есть наличие адаптивного интерфейса пользователя, способного подстраиваться под каждого отдельного пользователя согласно его возможностям и вкусам. Рекомендательные системы позволяют постепенно раскрывать функциональность системы и избавляться от информационного перенасыщения.

Представленные пожелания относительно КЭУП нуждаются в программных решениях с гибкой архитектурой. Существует много подходов к созданию такой архитектуры [2, 3]. Наиболее типичная – это компонентно-ориентированная архитектура (рис. 1) [4]. В этой работе основная функциональность реализована такими модулями, как источник данных (*the data source*), модель контекста (*the context model*) и сегментационный двигатель (*the segmentation engine*), и может быть расширена интеграцией таких новых модулей, как семантические индексы и преобразователи (конвертеры). Ключевой элемент предложенной здесь системы – «брокер контента» (*«content broker»*), контролирующий коммуникацию и поток данных между разными модулями и использующий принятие решений на основе правил для контроля над потоком действий между входными и исходными данными.

Существенное место в системе распространения знаний занимает блок семантического агента. Этот агент отслеживает контекст, в котором работает пользователь, в соответствии с заданной контекстной моделью (рекомендательной системы) для упрощения процесса

распространения знаний и доступа к ним. Рекомендательная система позволяет деактивировать некоторую функциональность и сгенерировать контекстные данные, необходимые для улучшения поиска, генерацию новых метазнаний. Поиск касательного контента для интеграции – одно из заданий встроенных интеллектуальных информационных агентов. Интеллектуальные семантические агенты встраиваются в рабочую среду пользователей и воплощают необходимую связь между жизненным циклом информации и жизненным циклом знаний.

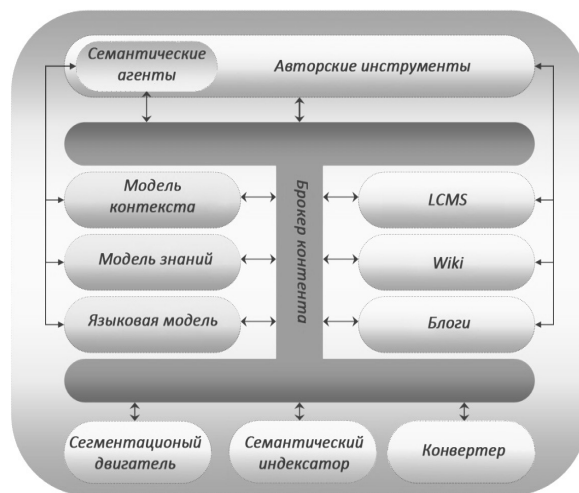


Рис. 1. Архитектура КЭУП

Модели, интегрированные в систему, используются для представления контекста, в котором работает пользователь, и релевантную для предметной области семантику, разъясняя терминологию (что важно для новых пользователей) и делая ее более доступной для пользователей. Контекстные модели могут иметь разную сложность, в зависимости от формы электронного обучения. Они должны учитывать дидактические и методологические особенности формы обучения и личностные характеристики ученика. К источникам информации будут принадлежать все базы данных определенного учебного учреждения (организации, учебной платформы), интегрированные в систему КЭУП, а также вся свободно распространяемая информация сети *WWW*.

«Брокер контента» регулирует операции над данными, контролирует их поток между раз-

ными источниками и передатчиками, обеспечивает защиту данных. Внешние модули подключаются к «брокеру» через *API*. Определив набор правил, «брокер» может определять их функциональность и цель использования. Традиционно он еще включает в себя и учебную компоненту, способную к настраиванию на специфические семантические модели (контекстные модели, модели знаний др.) и использованию возможностей *Web2.0* и *Web3.0*.

Внешние модули (модуль сегментации данных, модуль семантической индексации, конвертер) используются «брокером контента» для реализации нужных пользователю функций.

Какие новые возможности предоставляет КЭУП производителю контента? Во-первых, это персонифицированный интеллектуальный инструментарий (*an authoring tool*) с настраиваемым интерфейсом пользователя в зависимости от его профиля. Во-вторых, использование или неиспользование имеющейся функциональности предоставляет системе обратную связь и позволяет в дальнейшем обнаруживать потенциально полезные (и бесполезные) данные. Наконец, процесс создания контента отслеживается интеллектуальным агентом, предназначенным для работы с конкретным инструментарием. В зависимости от профиля пользователя, активированной функциональности и вспомогательных моделей, агент активно предлагает подходящую информацию и учится. Такая информация содержит учебный контент и близкие по тематике статьи из внешних источников, чем предоставляет производителю контента знания и метазнания. Предоставленные системой данные также могут динамически рекомендовать экспертов для ответов на вопросы и проведение дискуссий. Таким способом возможна поддержка групп по особым интересам.

Контекстные модели используются для принятия решения относительно функциональности, доступное потребителям контента.

Упрощенная архитектура образовательной платформы на базе портала для поддержки КЭУП изображена на рис. 2.

Платформа может постоянно развиваться и эволюционировать. И это – основная черта

экологического подхода к проектированию образовательных сред Джорджа МакКала [5].

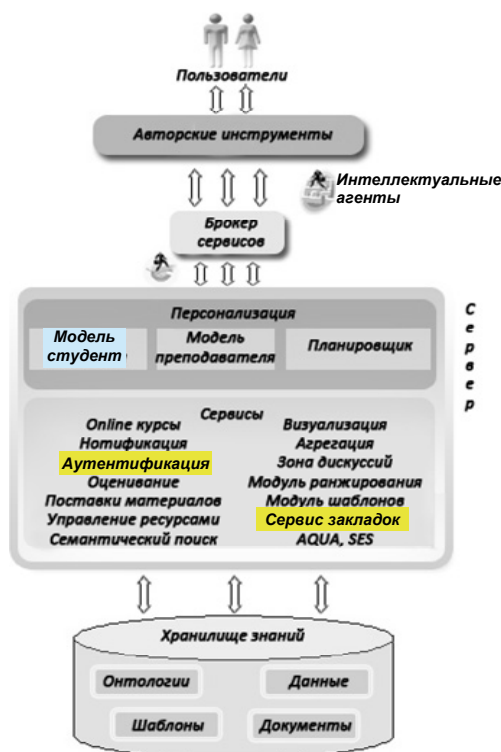


Рис. 2. Архитектура образовательной платформы

Важная ключевая компонента в данной архитектуре – опять брокер сервисов, способствующий коммуникации между поставщиками сервисов и спрашивающей стороной. Более точно, он делает попытку сопоставления запроса сервиса к ближайшему доступному сервису, который может обеспечить функциональность запроса. Сервисы взаимодействуют с хранилищем знаний и присоединяются к соответствующей онтологии. Другие ресурсы в хранилище содержат шаблоны, документы и данные.

Практическая разработка семантических веб-ориентированных сред поддержки КЭУП была инициирована в пределах так называемого *Universal project*. Результатом стал портал *EducaNext* – мультиязычный, академический ресурс [6]. Еще один образовательный проект *Elena project* [7] направлен на разработку «умных пространств для обучения» – *Smart Spaces for Learning (SSL)*, предлагающих интеллектуальные сервисы для пользователей. *SSL* гарантирует доступ к разнообразным образовательным

системам и репозитариям, от семинаров к учебным курсам и от академических лекций к книгам из онлайн-библиотек.

Типичным примером образовательных порталов, построенных на основе технологии Семантического *Web* есть портал *SEAL* [8] (рис. 3).



Рис. 3. Архитектура портала *SEAL*

Основу портала *SEAL* составляют хранилище знаний и система *Ontobroker* – основной механизм вывода. Хранилище знаний содержит онтологию и базу знаний, представленных утверждениями фреймовой логики.

Система *Ontobroker* – это дедуктивная система объектно-ориентированной базы данных, предоставляющая трансляторы для разных языков описания онтологии, правил и фактов. Она читает входные файлы, содержащие базу знаний и онтологию, оценивает входные запросы и возвращает результаты, найденные путем комбинирования онтологии, базы знаний и запроса. То есть, *Ontobroker* используется в качестве машины (сервер) построения логического вывода.

Портал ориентирован на клиентов трех категорий: программных агентов, членов сообщества и других пользователей. Связь всех клиентов с порталом реализуется через *web-сервер*. Удаленным прикладным программам (программным агентам) предоставляется доступ к сохраненной в портале информации на языке

RDF. *RDF*-генератор обеспечивает выдачу *RDF*-фактов через *web-сервер*. Программные агенты с возможностью поиска, основанного на *RDF*, обеспечивают сбор фактов и таким способом позволяют получать прямой доступ к сохраненным на сайте семантическим знаниям.

Пользователям предоставляются две формы доступа к информации на сайте: навигация по portalу с использованием гиперссылок и поиск по запросам. Структура гиперссылок частично задается создателем portalа, но может быть расширена с помощью модуля навигации.

Кроме древовидной структуры гиперссылок, основанной на иерархической декомпозиции предметной области, модуль навигации допускает сложные семантические гиперссылки, основанные на онтологических отношениях между понятиями предметной области. Понятийный подход к гиперссылкам основан на предположении, что семантически релевантные гиперссылки с *web-страницы* соответствуют отношениям между понятиями (*memberOf*, *hasPart*) или атрибутам (*hasName*). Таким образом, экземпляры в базе знаний могут быть представлены связями, которые автоматически генерируются, ко всем связанным экземплярам. Например, на персональной *web-странице* могут быть отмечены гиперссылки на страницы, описывающие соответствующие исследовательские группы, профессиональную активность и др. Для построения структур концептуальных гиперссылок модуль навигации использует машину логического вывода *Ontobroker*.

Поиск и запросы выполняются через модуль запросов. Этот модуль соединяет простой в использовании интерфейс и запросы во фреймовой логике, поддерживаемые интерфейсом запросов *Ontobroker*. Модуль шаблонов генерирует *HTML*-формы для каждого понятия, для которого пользователь может создавать экземпляры. В частности, портал имеет входной шаблон, который генерируется на основе онтологического определения понятия «Человек». В дальнейшем эти данные используются модулем навигации для создания страницы соответствующего индивидуума. Для сокращения вводимых данных разработчик portalа специфици-

цирует, какие атрибуты и отношения вытягиваются из других шаблонов.

Модуль семантической персонализации позволяет переформулировать и обогатить запросы пользователя с использованием онтологии и фреймовой логики. Модуль ранжирования запросов обеспечивает ранжирование корректных ответов на запросы в том случае, когда их несколько, на основе семантического формирования баз знаний.

Все это приводит к возможности создания эффективной программной системы поддержки КЭУП.

Кроме услуг, облегчающих процесс обучения, интерактивная учебная платформа должна иметь функции для управления наполнением, курсами, пользователями, следить за происходящими мероприятиями. Структурно эти функции должны быть реализованы соответствующими компонентами: системой управления учебным процессом (*Learning Management SYSTEM-LMS*); системой управления содержанием учебного процесса (*Learning Content Management SYSTEM-LCMS*); виртуальной средой для обучения и сервисами, связанными с ними.

Эффективная программная система поддержки КЭУП должна иметь возможность объединения в себе этих компонентов таким образом, чтобы они могли продуктивно взаимодействовать. Следует учитывать, что и *LMS*, и *LCMS* – сервисы, требующие специализированных серверов баз данных. Кроме этого, такие платформы должны иметь сервисы отчетности для подробного анализа мероприятий, осуществляемых пользователями. Поэтому архитектура системы должна быть многоуровневой, что гарантирует универсальность, модульность и безопасность.

Отметим, что подсистема управления наполнением – это особый фактор возможностей и стоимости системы. Кроме того, *LMS* и *LCMS* в некоторой степени взаимодополняемы. Проблемы, связанные с доставкой учебного материала, в основном касаются качества связи, которое зависит от диапазона, используемого каналом передачи и от производительности инструментов, предназначенных для передачи.

Нынешняя тенденция заключается в эффективной передаче информации через сети *Internet* и *Intranet* с использованием *IP*-протоколов. Но этот выбор сопровождается некоторыми проблемами относительно непрерывности потока и своевременности передачи информации. В свете этих суждений естественно взаимодействие ведущих разработчиков сетевых инфраструктур (таких как *Cisco*) и лидеров в отрасли производства продуктов интерактивного обучения. Эти «совместные предприятия» допускают воплощение передовых решений, что ярко демонстрирует платформа *Centra-Cisco. Learning Space* и *Centra-Cisco* – наилучшие из платформ, в одном продукте совмещающие наибольшее количество функций с учетом *LMS* и *LCMS*, при этом полностью совместимые со стандартами и архитектурами. *Click2learn*, *Topclass*, *WEBCT*, *Blackboard* и *Intralearn* также достигли поразительных результатов, но, в отличие от предыдущих, у них нет мощных функций, обеспечивающих сотрудничество в реальном режиме времени.

Если управление содержанием позволяет учреждению руководить материалами и максимизировать их ценность, то динамическое управление учебными материалами должно заставить студентов случайно или преднамеренно обеспечивать учреждение полезной информацией о том, как они учатся, как справляются с разными курсами, какие ресурсы чаще всего используют, что они хотят изучать на данный момент и что – потом.

Следовательно, главная проблема создания эффективного КЭУП – универсализация механизмов сохранения, поиска и синтеза учебных ресурсов. Нехватка семантической прозрачности в сети – не новая проблема. Существует несколько основных попыток «привести в порядок» содержание сети. Наиболее распространено на данный момент решение – *XML (extended Markup Language* – расширенный язык разметки). Результат использования *XML* – не только эффективное представление материала (что достаточно неплохо сделано и с помощью *HTML*), но и его понятность и доступность. Группа *IMS* разработала сложный стандарт ме-

таданных, предназначенных для маркировки учебных ресурсов любого типа, формы и размера. Стандарт основан на шаблоне, созданном для описания наиболее общих типов учебных материалов.

Взаимодействие между пользователями и учебными ресурсами не возникает в вакууме. Как правило, взаимодействие имеет место в контексте некоторого курса, использованного в некоторой программе, предлагаемой определенной организацией. С целью облегчения использования учебных ресурсов и удовлетворения разнообразных учебных требований, материалы должны быть сгруппированы в учебные блоки.

Каждая из описанных компонент есть отдельным ресурсом с собственными метаданными. Предусматривается, что автор, преподаватель или издатель может объединить эти компоненты в связный пакет, разработанный для обеспечения преподавания определенного предмета. Поэтому *IMS* разработала стандарты «упаковывания» материалов. Пакет представляет собой собрание учебных материалов с собственными метаданными.

Избежать многих проблем тестирования можно, используя стандартные формы *IMS*-вопросов и стандарты тестирования. Придерживаясь объектно-ориентированной методологии, характеризующей работу *IMS*, каждый вопрос представлен отдельным объектом, содержащим собственные метаданные. Основные метаданные считаются точкой отсчета вопроса и шаблонов тестов.

Учебный процесс состоит из многочисленных средств связи и обмена информацией, которые можно разделить на две категории: синхронные и асинхронные. К сожалению, существующие инструментальные средства основаны на частичной передаче сообщений и нестандартизированных интерфейсных технологиях. Это приводит к тому, что эти средства не обмениваются информацией, и каждое из них занимает лишь небольшую нишу в сфере образования. Для решения этих проблем разработчики *IMS Contents Development Team* предложили единственный стандарт передачи данных, который руководствуется следующим принци-

пом: «полнофункциональная» Система Управления Обучением возможна лишь при условии обмена данными и сообщениями между взаимодействующими прикладными программами в среде распределенной сети.

Реализация подсистемы управления учебным процессом

В этой части статьи опишем реализацию *LCMS* для центра коллаборативного обучения Национального университета «Киево-Могилянская академия» с использованием специализированного портала (интерфейсная часть) и специализированного архива учебных ресурсов, который удовлетворяет стандартам систем управления информацией *DRI*, метаданных и наполнения. Ключевые компоненты последнего соответствуют стандартам интероперабельности. Важна и независимость архитектуры системы от программной платформы и создание организационной инфраструктуры для последующей доработки системы и ее использования независимыми разработчиками. Тестирование системы в реальной среде доказало ее значимость и готовность к усовершенствованию.

Участники системы – разработчики, ученики, менеджеры, программные агенты, модификатор учебных материалов, система управления обучением, система управления учебными материалами, порталы, архив.

Каждый из участников нуждается в собственном интерфейсе. В текущей версии реализованы следующие сценарии использования: поиск метаданных и документаций, пересмотр содержания пакетов, добавление/модификация/удаление пакетов, сбор пакета, установление метаданных на пакет или специфические элементы (рис. 4).



Рис. 4. Работа с материалами в учебной среде

Текущая версия системы состоит из таких модулей: *Common classes & data structures (DRIFramework)*, *Repository (DRIRepository)*, *User web interface (DRIClient)* из *Infoseeker interface*, *Content Creator interface*, *Content Package file assembler*.

DRIClient зависит от *DRIFramework* и через веб-сервис зависит от *DRIRepository*. *DRIRepository* зависит только от *DRIFramework*.

DRIFramework – подсистема состоит из четырех пакетов (*namespaces*): *DataModel* содержит общие данные структур, *Util* содержит необходимые инструменты для работы с файлами, *SqlAccess* имеет фреймворк для работы с базами данных *SQL*, *Sys* содержит системные глобальные классы.

В системе использован стандарт *DRI (Digital Repository Interoperability – Взаимодействующие Электронные Архивы)* который есть одним из ключевых стандартов *IMS*. Он обеспечивает интерфейсы высокого уровня, от клиентов к хранению данных. На самом широком уровне эта спецификация определяет электронные архивы как любой набор ресурсов, доступных через сеть без предыдущих знаний о структуре этой коллекции. Архивы могут содержать материальные активы или метаданные этих активов. Активы и их метаданные не обязательно должны храниться в общем архиве.

В системе реализованы следующие случаи использования учебных материалов для одного архива: поиск/представление (только запросы *XQuery*), сбор (частично), прием/хранение, запрос/доставка (только *HTTP*).

Аутентифицированный разработчик материалов (АРМ) принимает *IMS* Пакет Содержания, имеющий метаданные и ресурсы. Архив принимает и хранит пакеты, а затем возвращает уникальный идентификатор, с помощью которого можно потом вызывать пакет содержания. Отметим, что архив содержит лишь собственно пакет. Вся документация и метаданные должны содержаться внутри пакета.

АРМ инициирует поиск метаданных в архиве набором ограничивающих параметров. Архив возвращает набор метаданных, удовлетворяющих данным критериям. Пользователь пе-

ресматривает записи метаданных и избирает учебный объект из архива, используя его уникальный идентификатор. Архив возвращает учебный объект в виде *IMS* Пакета Содержания, пользователь модифицирует объект и возвращает его на соответствующее место в архиве.

Разработчик/Ученик/Искатель данных ищет метаданные в архиве и посылает запросы на необходимые ресурсы. Реализовано функцией *Search()*.

Программный агент определяет потенциальные архивы для сбора данных и начинает процесс поиска метаданных в разных архивах, используя ряд параметров ограничений, выбирающих лишь новые записи метаданных. Каждый из архивов возвращает множество записей метаданных, удовлетворяющих отмеченным критериям, хранимых агентом в отдельном архиве [9].

Для облегчения поиска и использования учебных ресурсов, они должны быть проиндексированы с помощью определенных описательных меток – метаданных. Спецификация метаданных делает процесс поиска и использования информации эффективнее, обеспечивая структуру элементов, описывающих и упорядочивающих учебные ресурсы, учитывая требования к их представлению.

Для создания данных в системе использовано *DOM (Document Object Model)* доступ к *XML*. Для рендеринга результатов используется *XSL / XSLT*-трансформация для отображения *HTML* в браузере.

Программная часть системы поддержки *PHC* – гетерогенная среда. Используется тонкий клиент из Интернета, написанный для *Microsoft Internet Explorer 5* и выше, или *Netscape 7*. Языки: *HTML 4.0* (с установленной у клиента *JavaScript*) / *MS Web Forms*. Платформы использования – *Unix* и *Windows*.

Приложение клиента (серверная часть) выполнена при помощи *Microsoft Windows Server* из *IIS 5.0* и *.NET Framework 1.0*, написанная на *C#* на платформе *.NET*. Языки поддержки – *XML*, *XSL*, *SQL* и *XQuery*. Система соединяется с репозитарием с помощью веб-сервисов и протокола *SOAP*.

Подсистема создания пакетов (часть клиентского приложения, дающая возможность пользователю создавать пакеты содержания из файлов, хранимых на жестком диске и используемые для создания содержания) написана на Java 1.3, требует наличия *Java Runtime Environment (JRE)* 1.3 на клиентской части.

Репозиторий и серверная часть системы клиентского приложения могут работать на одной машине или же на отдельных.

Как видно на рис. 5, вся система высоко структурирована. Любой компонент можно полностью переписать, и это не нанесет ущерба системе. Также возможно использование как *Windows*, так и *Unix*, так как все критические области общаются через *HTTP* и поддерживают протоколы. Эти же части работают на *Java* и *.NET Framework*. Протокол *SOAP* обеспечивает легкое соединение этих частей.

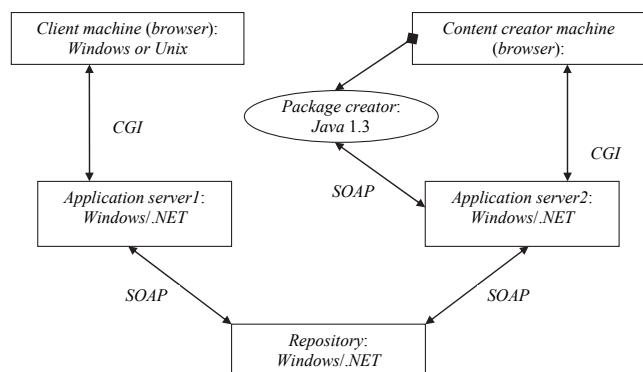


Рис. 5. Схема развертывания системы

HTML 4, *JavaScript*, *DHTML* необходимы для работы клиентского интерфейса. Работает для веб-браузера *IE 5.0* и выше или *Netscape 7.0*.

Заключение. Проанализирован процесс разработки КЭУП. Во время концептуальной разработки виденья и требований к программной системе поддержки КЭУП определено, что ключевыми факторами, влияющими на успешную ее реализацию, есть использование современных средств интеллектуализации (программных мультиагентов), технологий семантического ве-

ба и признанных международных стандартов типа *DRI*.

По результатам исследования предложено концептуальное виденье подсистемы управления учебным контентом и реализованы его ключевые элементы в форме электронного репозитория учебных ресурсов.

Дальнейшая работа будет заключаться в совершенствовании интеллектуализации модели и реализации ее основных компонент.

1. Lopez P.G., Mollar R., Gisbert M., Skarmeta A.G. ANTS: a new Collaborative Learning Framework Available from.– <http://www.ll.unimas.nl/euro-cscl/Papers/54.doc>
2. Глибовец Н.Н. Использование *JADE (Java Agent Development Environment)* для разработки компьютерных систем поддержки дистанционного обучения агентного типа // Элект. журнал «Образовательные технологии и общество». – 2005. – С. 325–345.
3. Глибовец Н.Н., Гломозда Д.К. Формальная модель координационно ориентированной сети для колаборативной системы обучения // Проблемы программирования. – 2006. – № 2–3. – С. 402–412.
4. Teo C.B., Gay R.K.L. A knowledge-driven model to personalize e-learning // In J. on Education Resources in Computing (6), Issue 1. ACM Press – New York, USA, 2006. – ISSN 1531–4278.
5. McCalla G. The Ecological Approach to the Design of E-Learning Environments: Purpose-based Capture and Use of Information About Learners // J. of Interactive Media in Education, 2004 (7) – Special Issue on the Educational Semantic Web. – www-jime.open.ac.uk/2004/7
6. <http://www.educanext.org> – образовательный портал EducaNext.
7. <http://www.elena-project.org> – портал европейской инициативы Elena project.
8. Пантелеев М.Г., Пузанков Д.В., Татаринов Ю.С. Перспективы использования технологий Семантического Web в образовательных порталах. – <http://www.ict.edu.ru/ft/005511/portal3-18.pdf>
9. Глибовец Н.Н., Постников О.С. Использование мобильного агента при поиске в распределенных репозиториях учебных объектов // Вестн. Киев. нац. ун-та им. Т. Шевченко. Сер.: Физ.-мат. науки. – 2004. – Спец. вып. – С. 128–130.

© Н.Н. Глибовец, 2011