

Использование мультиагентного онтологического подхода к созданию распределенных систем дистанционного обучения

И.Н. Келеберда, Н.С. Лесная, В.Б. Репка
кафедра Программного обеспечения ЭВМ
Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина
swell@kture.kharkov.ua

АННОТАЦИЯ

В работе предлагается мультиагентный онтологический подход к созданию распределенных систем дистанционного обучения (СДО), который базируется на принципах проекта Semantic Web и агентных технологиях. Использование стандартов технологий дистанционного обучения (ДО) обеспечит доступ к территориально рассредоточенным информационным обучающим ресурсам от различных поставщиков образовательных услуг в сети Интернет и функционирование СДО в единой информационно-образовательной среде. Отличительной чертой разработанной архитектуры мультиагентной онтологической СДО (МОСДО) является реализация распределенности и персонализации с помощью мультиагентного онтологического подхода. Распределенность обеспечивается за счет программных агентов, территориально рассредоточенных на различных компьютерах: персональные агенты создаются для каждого обучаемого на портале ДО, агент-координатор осуществляет управление СДО на сервере ДО, агент обучающих ресурсов осуществляет доступ к учебным материалам с компьютеров различных поставщиков образовательных услуг. Персонализация в обучении достигается за счет онтологических моделей, которые являются метаэлементами для осуществления индивидуального подбора обучаемому учебных материалов с использованием МОСДО и кодируются на специализированном языке разметки OWL в соответствии с принципами Semantic Web.

Ключевые слова

мультиагентная система, онтология, дистанционное обучение

1. Введение

С 2000 года W3 консорциумом ведутся работы по автоматизации сервиса Web сети Интернет в проекте Semantic Web, поэтому расширены требования создания информационных ресурсов, это касается и информационных обучающих ресурсов. В данное время, в соответствии с этими требованиями многими учебными заведениями разработано множество указанных ресурсов для создания единой информационно-образовательной среды (ИОС), базирующейся на принципах проекта Semantic Web. Данные принципы используют единые подходы к структурированию, взаимосвязи и моделированию предметных областей при создании различного рода информационных систем, использующих соответственно следующие языки разметки XML, RDF и OWL [Келеберда И.Н., 2002a]. Последние два языка разметки RDF [RDF, 2004] и OWL [OWL, 2004] предназначены для создания метаданных информационных ресурсов и моделей предметных областей в виде онтологий при разработке автоматизированных информационных систем в сети Интернет. Однако использование RDF для создания метаданных учебных материалов на информационных обучающих ресурсах не способствует автоматизации процесса дистанционного обучения, поэтому международными организациями разработан стандарт метаданных учебных материалов и 25 июля 2002 года утвержден стандарт IEEE 1484.12.1 «Метаданные учебных материалов» [IEEE, 2002].

На данный момент, в соответствии с этими требованиями разработано определенное множество указанных ресурсов [Downes S., 2001; Dhraief, H., 2001], и многие обучаемые для восполнения недостающих знаний производят самостоятельный поиск данных материалов в сети Интернет с помощью поисковых серверов и порталов, что сопровождается временными затратами и неудовлетворительным качеством найденных материалов.

В связи с этим, во многих странах создается ИОС, в которой объединяются территориально рассредоточенные информационные обучающие ресурсы различных поставщиков образовательных услуг, начиная от школ и заканчивая университетами и центрами повышения квалификации. Однако существующая технология «клиент-сервер», применяемая при создании систем дистанционного обучения (СДО), не обеспечивает обработку учебных материалов с рассредоточенных информационных обучающих ресурсов, поэтому стали использоваться результаты проекта Semantic Web, базирующиеся на мультиагентном онтологическом подходе, для создания распределенных СДО.

На данный момент, успешной реализацией ИОС являются Maricopa Learning Exchange в США, Learning Federation в Австралии, Alexandria, CanCore, CLOE в Канаде, Advanced Distributed Learning (ADL) в Европе и др. За счет финансирования международной организацией ЮНЕСКО проектов в области дистанционного обучения передается опыт указанных стран для создания ИОС в мировом сообществе. ЮНЕСКО предложила субрегиональную программу для государств – участников СНГ «Совершенствование систем образования государств-участников содружества независимых государств на основе применения информационных и коммуникационных технологий», содержащую 7 проектных предложений, среди которых создание распределенной информационной образовательной сети с организацией единого доступа на базе стандартов метаданных учебных материалов [ЮНЕСКО, 2003]. Данная сеть базируется в 34 опорных пунктах, 10 из которых находятся в странах СНГ, на Украине опорным пунктом является Национальный технический университет «Киевский политехнический институт» [<http://www.unesco.ntu-kpi.kiev.ua/index.html>], а также указанный университет является членом координационного совета ассоциации пользователей Украинской научно-образовательной сети УРАН [www.uran.net.ua/], созданной в 1997 г.

Сеть УРАН объединяет 56 высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов Национальной академии наук Украины, среди которых и Харьковский национальный университет радиоэлектроники (ХНУРЭ) [<http://www.kture.kharkov.ua>]. ХНУРЭ принимает активное участие в создании методики дистанционного образования и входит также в Украинскую ассоциацию дистанционного образования [<http://www.uado.org>]. В 2001 в университете организован Центр технологий дистанционного обучения [<http://ctde.kture.kharkov.ua/>], в который вошла лаборатория виртуального дистанционного обучения, созданная в 1998 году для изучения и разработки технологий дистанционного обучения в глобальной сети Интернет.

В связи с этим, ХНУРЭ принимает активное участие в создании единой ИОС как на Украине, так и участвует в международном процессе интеграции образования, что подтверждается реализацией многих международных проектов. Одним из направлений научных исследований университета является мультиагентная программная система в рамках проекта Semantic Web, которая функционирует в ИОС и осуществляет поддержку предоставления услуг дистанционного образования.

2. Принципы проекта Semantic Web

Динамическое развитие новых информационных технологий, связанных с глобальной сетью Интернет, обеспечивает создание распределенной СДО на базе проводимой консорциумом W3 реорганизации сервиса Web в Semantic Web сети Интернет. Целью проекта Semantic Web [Berners-Lee T., 2001a; Berners-Lee T., 2001b; Hendler J., 2001; Hendler J., 2000] является создание информационной среды в глобальной сети для автономной работы программных агентов, что позволит автоматизировать многие задачи, решаемые с использованием сети Интернет, например, в сферах электронного бизнеса, медицины, финансовых операций,

электронных библиотек, дистанционного образования и др. [McIlraith, S., Т., 2001; Terziyan, V., 2003,] Проект Semantic Web включает следующие уровни функционирования [Berners-Lee Т., 2001a; Berners-Lee Т., 2001b; Hendler J., 2001, Келеберда И.Н., 2002a], представленные на рис. 1: XML, RDF+RFFS, словарь онтологий, логика, тест, разрешение, а также существующие уровни кодирования информации Unicode и уникальной идентификации ресурсов URI.

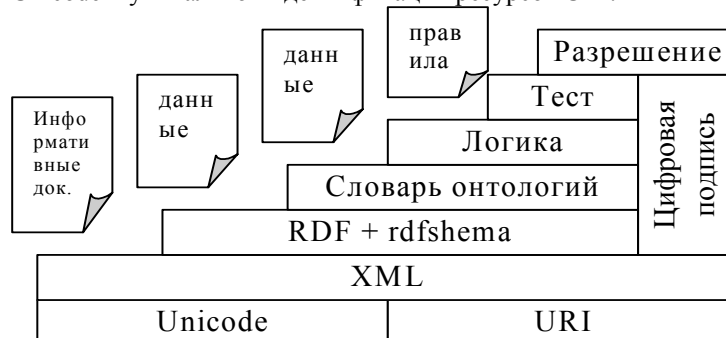


Рис. 1. Уровни Semantic Web

XML предназначен для создания структурированных документов и является первым шагом при формировании информационных ресурсов в Semantic Web. Отличие XML от HTML состоит в том, что в данном языке позволяет определить синтаксис с помощью введения новых тегов, что обеспечивает конструирование новых языков разметки Web-документов (Chemical ML, MathML, и др.), а также возможность программным агентам обрабатывать XML-документы.

RDF является дополнительным средством определения синтаксических соглашений и простой модели данных для обработки программными агентами семантики данных. RDF – стандарт для метаданных в Web, разработанный консорциумом W3, который определяет модель данных, основанную на объекте, свойстве и значении. Дальнейшим развитием данного стандарта является RDF Schema (RDFS), который вводит базовые онтологические модели примитивов в Semantic Web.

На данном этапе работы над проектом Semantic Web разрабатывают средства для создания словаря онтологий. Онтология состоит из иерархии важных понятий в предметной области с описанием свойств каждого концепта. В Semantic Web она образует множество понятий, включая словарь, семантические взаимосвязи и простой набор правил вывода для определенного информационного ресурса. На рис. 2 приведена модель существующих языков разметки для Semantic Web.

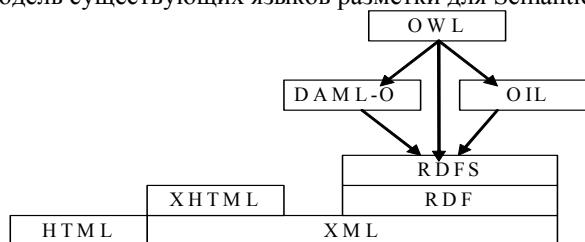


Рис. 2. Модель языков разметки для Semantic Web

При реализации онтологий для программных агентов используется язык разметки DAML+OIL, который разработан US Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) и основан на RDF и RDFS. Данный язык разметки обеспечивает обработку сложных таксономических и логических отношений между сущностями. DAML+OIL разработан для описания структуры информационного ресурса (предметной области) и использует объектно-ориентированный подход (структура ресурса описывается в терминах классов и свойств). Впоследствии консорциумом W3 предложена спецификация языка разметки онтологий OWL (Web Ontology Language) для Semantic Web.

3. Стандартизация технологий дистанционного обучения

Международным институтом IEEE, в частности, Комитетом стандартизации технологий обучения (IEEE Learning Technology Standards Committee – IEEE LTSC) [<http://ltsc.ieee.org/>], объединяющим множество организаций и коммерческих компаний в области предоставления образовательных услуг, разрабатываются стандарты технологий дистанционного обучения, что обеспечивает возможности интеграции СДО различных учебных заведений в единую ИОС посредством глобальной сети Интернет. Разрабатываются стандарты, касающиеся единообразного представления информации об учебных материалах и обучаемых, которые базируются на следующих концептуальных моделях.

Первым утвержденным стандартом является IEEE 1484.12.1 «Метаданные учебных материалов» [IEEE, 2002], который содержит концептуальную модель информации для создания метаданных учебных материалов. На базе данного стандарта указанным комитетом разрабатывается представление метаданных учебных материалов в формате XML в виде стандарта IEEE 1484.12.3 «Представление модели данных метаданных учебных материалов с использованием XML», что обеспечивает создание указанных метаданных для обучающих ресурсов в рамках проекта Semantic Web.

Стандарт [IEEE, 2002] содержит концептуальную модель в виде следующих категорий информации:

1. общая (General) – информация, которая описывает учебные материалы в целом: идентификатор, язык изложения, краткое текстовое описание, ключевые слова, область описания, структура, уровень агрегации;
2. жизненный цикл (Life Cycle) – возможности прошлого и текущего состояния учебных материалов: версия, статус, информация о разработчиках;
3. мета-метаданных (Meta-Metadata) – информация о метаданных учебных материалов: информация о разработчиках метаданных, схема представления, язык метаданных;
4. техническая (Technical) – технические параметры и характеристики учебных материалов: формат, размер, местоположение, технические требования, описание установки, необходимое оборудование или программное обеспечение, продолжительность изучения;
5. образовательная (Educational) – образовательные и педагогические характеристики учебных материалов: способ изучения, тип учебных материалов, уровень интерактивности, семантическая плотность, категория пользователя (школьник, студент, преподаватель и т.д.), возрастная категория, сложность, типичное время изучения, описание, язык изложения;
6. правовая (Rights) – авторские и смежные права на учебный материал, а также соглашения на их использование: стоимость, авторское право и другие ограничения на использование, описание;
7. отношений (Relation) – возможности, которые определяют взаимосвязи между учебными материалами: вид связи, ресурс (источник);
8. аннотация (Annotation) – предоставляет комментарии на учебное использование материалов и описывает, где и кем созданы комментарии: информация о разработчиках аннотации, дата создания, краткое текстовое описание;
9. классификационная (Classification) – описывает учебные материалы в отношении к специфическим классификационным системам: цель классификации, информация о таксономии, описание, ключевые слова.

В связи с этим, при использовании указанной концептуальной модели многими учебными заведениями производится объединение собственных информационных обучающих ресурсов в ИОС сети Интернет, что способствует улучшению ДО за счет использования обучаемыми различных курсов ДО для восполнения недостающих знаний при изучении определенной темы.

Европейскими странами осуществляется расширение описанного стандарта для создания информационного обучающего ресурса, который содержит не только метаданные, но и учебные материалы в виде модели SCORM [Qu C., Nejd W.,

2002;Engelbrecht, J., 2003; SCORM, 2004], предложенной в проекте ИОС Advanced Distributed Learning (ADL).

SCORM (Shareable Content Object Reference Model) – промышленный стандарт для обмена учебными материалами на базе концептуальной модели стандарта IEEE 1484.12.1 [IEEE, 2002]. Целью создания SCORM является обеспечение многократного использования учебных материалов, интероперабельности учебных курсов (их использования в ИОС разными СДО), сопровождения и адаптации курсов, ассемблирования информации отдельных учебных материалов в учебные курсы или дисциплины в соответствии с индивидуальными запросами пользователей. В SCORM достигается независимость учебных материалов от программ управления.

Основой модели SCORM является модульное построение учебного материала. Модули учебного материала в SCORM называются разделяемыми объектами контента (SCO - Shareable Content Objects). SCO – автономная единица учебного материала, имеющая метаданные и содержательную часть. Совокупность модулей определенной предметной области называется библиотекой знаний (Web-репозиториум). Модули (SCO) могут в различных сочетаниях объединяться друг с другом в составе учебного материала, для компиляции которых создается система управления (сервер управления контентом), наиболее часто используемое ее название – Learning Management System (LMS).

В SCORM используется язык XML для представления содержимого модулей, определяются связи с программной средой и API (Программным интерфейсом приложений – Application Programming Interface), предоставлены спецификации создания метаданных, базирующиеся на стандарте IEEE 1484.12.1 [IEEE, 2002].

Следует отметить, что SCORM базируется на еще одном стандарте для программного доступа к информационному обучающему ресурсу IEEE 1484.11.2 Standard for Learning Technology – ECMAScript Application Programming Interface for Content to Runtime Services Communication, однако в ИОС других стран реализуется программный интерфейс отличный от европейской модели SCORM, например, в Канаде посредством peer-to-peer соединения, в Австралии с помощью SOAP. Поэтому для доступа обучаемого посредством мультиагентной онтологической системы дистанционного обучения (МОСДО) к различного рода информационным обучающим ресурсам разрабатывается посредник в виде программного агента обучающего ресурса, который реализует различные модели доступа к указанным ресурсам.

В связи с этим, разработана архитектура МОСДО, которая обеспечивает взаимодействие обучаемого с информационными обучающими ресурсами, территориально рассредоточенными в ИОС сети Интернет. Для функционирования программных агентов в соответствии с принципами проекта Semantic Web разработаны онтологическая модель обучающего ресурса, базирующегося на стандарте метаданных учебных материалов [IEEE, 2002], а для взаимодействия с пользователем МОСДО – онтологическая модель обучаемого, которая также базируется на рабочих документах соответствующих стандартов [IEEE, 2001].

4. Онтологические модели обучаемого и обучающего ресурса

Для агентных систем в основном использовались специальные языки представления онтологий Knowledge Interchange Format (KIF) [Genesereth M.R., 1992] и протокол передачи информации Knowledge Query and Manipulation Language (KQML) для организации логики функционирования и взаимодействия программных агентов.

Однако KIF не предназначен для использования в качестве конечного языка хранения онтологических моделей внутри агентных систем. Если указанная система использует для своей работы онтологические модели, описанные на KIF, то она, перед тем как работать с ними, конвертирует их во внутренний формат, а уже при передаче информации другим системам или компонентам внутри данной системы, конвертирует информацию из внутреннего формата в KIF.

В связи с чем, для взаимодействия и управления программных агентов используется KQML, а также предложенная FIPA спецификация ACL, которая состоит из набора типов сообщений и описания их прагматики. KQML и FIPA ACL

идентичны относительно основных концепций и принципов. Они отличаются, прежде всего, их семантическими структурами [Labrou Y., 1999; Ermolayev, V.A., 2002].

Однако модель языков разметки проекта Semantic Web, описанная в разделе 2, базируется на спецификации XML, поэтому FIPA разработала ACL с поддержкой XML [FIPA, 2000], что гарантирует использование языка разметки онтологий для Web (OWL) [Knublauch H., 2003; Кафтанников И.Л., 2003] для кодирования онтологических моделей с целью организации взаимодействия программных агентов с внешними объектами (обучаемыми и ресурсами).

Рассмотрим на примере фрагмент онтологической модели обучаемого O_L – персональной информации – с помощью языка разметки онтологий OWL, который приведен на рис. 3.

```

<rdf:RDF>
<owl:Ontology rdf:about="" />
<owl:Class rdf:ID="Персональная_информация">
  <rdfs:label xml:lang="en">Personal_information</rdfs:label>
  <rdfs:label xml:lang="ua">Особиста_інформація</rdfs:label>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="ФІО">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about="#Персональная_информация" />
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Обращение">
<rdfs:range df:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string" />
<rdfs:domain rdf:resource="#ФІО" />
</owl:DatatypeProperty>
<owl:Class rdf:ID="Имя">
  <rdfs:label xml:lang="en">Name</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about="#ФІО" />
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:label xml:lang="ua">Ім'я</rdfs:label>
</owl:Class>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Дата_рождения">
<rdfs:domain rdf:resource="#Персональная_информация" />
<rdfs:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#FunctionalProperty" />
<rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string" />
<rdfs:label xml:lang="ua">День_народження</rdfs:label>
<rdfs:label xml:lang="en">birthday</rdfs:label>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="Пол">
<rdfs:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty" />
<rdfs:label xml:lang="en">sex</rdfs:label>
<rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string" />
<rdfs:domain rdf:resource="#Персональная_информация" />
<rdfs:label xml:lang="ua">стать</rdfs:label>
</owl:FunctionalProperty>
</rdf:RDF>

```

Рис. 3. Представление фрагмента персональной информации онтологической модели с помощью языка разметки OWL

Онтологическая модель обучаемого в виде таксономии представляет тройку, как показано в формуле $O = \langle X, \mathcal{R}, \Phi \rangle$, [Гаврилова Т.А., 2000], из концептов X и отношений \mathcal{R} между ними, а также пустого множества аксиом $\Phi = \emptyset$. Концепты описываются классами и их свойствами, причем отношение ‘*is-a*’ образуется между классами при определении подклассов, как между категорией информации – персональная информация и входящий в нее *ФИО*, который содержит в свою очередь *Имя*, а также отношение “*part-of*” между классом и его свойствами, например, в классе *ФИО* присутствуют свойства *Обращение*, *Фамилия*.

Для обеспечения поддержки поиска учебных материалов на дополнительном языке используется дополнение в онтологической модели в виде словаря при преобразовании запросов русскоязычных в англоязычные или в другие языки. Уже используются переводы стандарта метаданных учебных материалов на немецком, русском и украинском языках, что кодируется следующей конструкцией в OWL[OWL, 2004]:

```

<rdfs:label xml:lang="en">Name</rdfs:label>
<rdfs:label xml:lang="ua">Ім'я</rdfs:label>

```

Рис. 4. Конструкция языка представления онтологий OWL

На рис. 4. представлен словарь концептов в онтологической модели обучаемого, который направлен на поддержку создания мультязычного интерфейса взаимодействия с обучаемым.

В связи с чем, в онтологических моделях обучаемого и обучающего ресурса содержится также уровень словарной статьи концепта, определяющей представление концепта на различных языках.

С помощью разработанных онтологических моделей [Келеберда И.Н., 2003а] МОСДО формирует профили обучаемых и учебных материалов [Келеберда И.Н., 2002б; Келеберда И., 2003б] для осуществления индивидуального подбора учебных материалов в процессе ДО.

5. Архитектура мультиагентной онтологической системы дистанционного обучения

Предлагается архитектура МОСДО [Келеберда И., 2003; Келеберда И., 2003б] которая не зависит от ПК, платформы и предоставляет доступ обучаемым в любое время, с любого компьютера без потери важной информации, собранной системой о них в их профилях. Данная архитектура представлена на рис. 5.

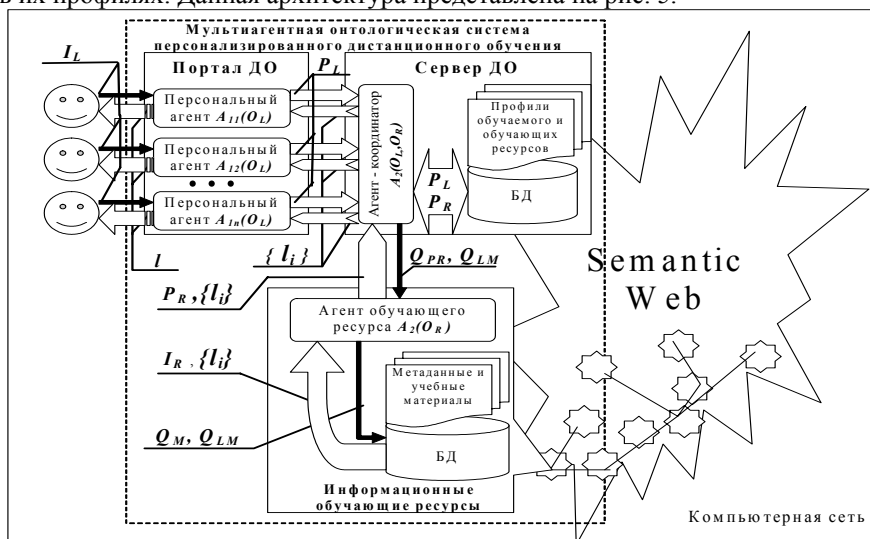


Рис. 5. Архитектура МОСДО

Отличительной чертой разработанной архитектуры является реализация распределенности и персонализации с помощью мультиагентного онтологического подхода. Распределенность обеспечивается за счет программных агентов территориально рассредоточенных на различных компьютерах, например, персональные агенты создаются для каждого обучаемого на портале ДО, агент-координатор осуществляет управление СДО на сервере ДО, на котором хранится текущая информация процесса обучения в виде профилей, а также агент обучающих ресурсов осуществляет доступ к учебным материалам с компьютеров различных поставщиков образовательных услуг.

Алгоритм функционирования МОСДО при индивидуальном подборе учебного материала с использованием онтологических моделей для работы с профилями обучаемого и обучающего ресурса состоит из следующих этапов.

Этап 1. Посредством web-интерфейса производится регистрация пользователя в МОСДО и персональным агентом A_1 на базе онтологической модели обучаемого и информации от него (I_L, O_L) создается профиль P_L данного пользователя, который содержит информацию об обучаемом в соответствии со стандартами: $A_1(I_L, O_L) \rightarrow P_L$ и записывается в БД для постоянного хранения в системе.

Этап 2. Программным агентом-координатором A_2 формируется запрос Q_{PR} на получение профилей учебных материалов P_R с использованием метаонтологии O^{meta} ,

онтологической модели обучающего ресурса O_R и профиля обучаемого P_L : $A_2(O^{meta}, O_R, P_L) \rightarrow Q_{PR}$.

Этап 3. Программным агентом обучающего ресурса A_3 строится запрос Q_M к обучающим ресурсам в сети Интернет на поиск метаданных учебных материалов с использованием Q_{PR} и метаонтологии O^{meta} для формирования профиля P_R : $A_3(O^{meta}, Q_{PR}) \rightarrow Q_M$.

Этап 4. Обучающие ресурсы предоставляют метаданные учебных материалов для проведения анализа о необходимости их использования в процессе обучения и программным агентом обучающих ресурсов A_3 формируется профиль P_R с использованием информации I_R и онтологической модели обучающих ресурсов (I_R, O_R): $A_3(I_R, O_R) \rightarrow P_R$.

Этап 5. Индивидуальный подбор учебных материалов осуществляется программным агентом-координатором A_2 при пересечении профилей обучаемого P_L и учебных материалов P_R посылается запрос на получение необходимых учебных материалов Q_{LM} : $A_2(O^{meta}, P_R, P_L) \rightarrow Q_{LM}$.

Этап 6. Впоследствии программным агентом обучающих ресурсов A_3 формируется множество учебных материалов $\{l_i\}$, рекомендуемых обучаемому на основании запроса Q_{LM} : $A_3(O^{meta}, Q_{LM}) \rightarrow \{l_i\}$.

Этап 7. На заключительном этапе программным агентом-координатором A_2 передается множество учебного материала $\{l_i\}$ персональному программному агенту A_1 для отображения его с целью изучения обучаемым: $A_1(\{l_i\}) \rightarrow l$.

Рассмотрим подробно работу программного агента обучающего ресурса, так как он отвечает за поиск и доставку учебного материала в МОСДО. Реализация программного агента обучающего ресурса производилась для электронной библиотеки университета, однако подключение указанного программного агента возможно к любому информационному обучающему ресурсу, который поддерживает стандарт метаданных [IEEE, 2002].

6. Реализация программного агента обучающего ресурса в электронной библиотеке

В связи с необходимостью плавного перехода от стандартных Интернет-технологий к технологиям Semantic Web, предлагается осуществить реорганизацию информационного ресурса электронной библиотеки с использованием агентных технологий и стандартов технологий дистанционного обучения.

В [Milashenko D.A., 2003] подробно описывается использование программных агентов в проекте реорганизации электронной библиотеки, в котором предложен программный агент и онтологическая модель обучающего ресурса для осуществления доступа к информационному обучающему ресурсу в электронной библиотеке (рис. 6).



Рис. 6. Доступ к информационному обучающему ресурсу в электронной библиотеке посредством программного агента

Традиционно электронная библиотека представляет информационный ресурс и средства поиска на данном ресурсе, такая же схема организации доступа к учебным материалам без механизма поиска преобладает и для СДО, что позволит осуществить внедрение разработанного программного агента и в СДО.

Программный агент обучающего ресурса, внедренный в электронную библиотеку ХНУРЭ, обрабатывает запросы как от программных агентов МСДО, так и от обучаемого, полученные посредством графического интерфейса электронной библиотеки. Для улучшения механизма поиска предлагается использовать отдельную БД метаданных учебных материалов, которая содержит информацию об учебных материалах в соответствии со стандартом [IEEE, 2002].

В последнее время сместился акцент от использования реляционных БД к объектно-ориентированным, которые базируются на представлении информации с помощью языка разметки XML. В связи с этим, разработчики СУБД, такие как Oracle, MS SQL и др., вводят поддержку типа данных XML-документа, что позволило воспользоваться стандартом метаданных учебных материалах [IEEE, 2002], представленного XML-схемой, для хранения информации об учебных материалах в современных БД. При реализации обучающего ресурса (рис. 1) в электронной библиотеке используется СУБД Oracle, которая поддерживает не только интеграцию XML-документов в БД, но и осуществление доступа посредством Java-технологий, что гарантирует эффективное подключение программного агента обучающего ресурса к БД, который реализован с помощью программно-инструментального средства JADE.

Для формирования метаданных учебных материалов рекомендуется использовать программное средство редактор «Reload», графический интерфейс которого на представлен рисунке 7.

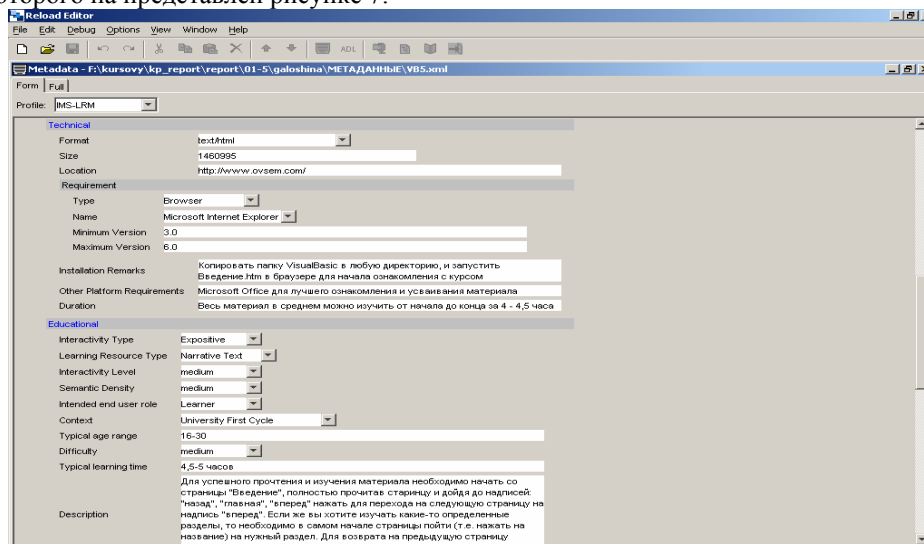


Рис. 7. Программное средство редактор «Reload»

Данное программное средство обеспечивает создание метаданных в соответствии со стандартом [IEEE, 2002] посредством ввода информации об учебных материалах в соответствующие поля, а также формирует модули учебных материалов для Европейского типа СДО, базирующихся на модели SCORM.

Разработанная онтологическая модель в соответствии с принципами проекта Semantic Web и стандартами технологий дистанционного обучения обеспечивает унифицированный доступ к информационным обучающим ресурсам, поддерживающих метаданные учебных материалов по стандарту [IEEE, 2002].

Внедрение программного агента обучающего ресурса в электронные библиотеки и существующие СДО обеспечит организацию территориально рассредоточенных обучающих ресурсов в ИОС. Для реализации программного агента обучающего ресурса использовалось программно-инструментальное средство JADE, которое включает поддержку стандартов FIPA и находится по адресу <http://jade.tilab.com>.

7. Программно-инструментальное средство JADE для создания мультиагентных систем

На данный момент разработано несколько агентных платформ, ориентированных на использование спецификации FIPA – 2000 [Willmott S. N., 2000; Bellifemine F., 1999; Burg B., 2000], которые сведены в табл.1

Таблица 1. Агентные платформы с поддержкой FIPA.

Компания	Агентная платформа	Адрес в Интернете (URL)
BTexact Technologies (Великобритания)	ZEUS	http://www.labs.bt.com/projects/agents/zeus/
Comtec (Япония)	Comtec Agent Platform	http://fipa.comtec.co.jp/glointe.htm
CSELT (Италия)	JADE	http://jade.tilab.com/
Fujitsu Labs (США)	AAP	http://www.sourceforge.net/
Nortel Networks (Великобритания)	FIPA-OS	www.nortelnetworks.com/fipa-os

Рассмотренные агентные платформы имеют модель в соответствии со спецификациями FIPA (рис. 8.).



Рис. 8. FIPA –модель агентной платформы

Предлагаемые в табл. 1 агентные платформы, соответствующие модели на рис. 8., содержат систему управления агентами, программные агенты, маршрутизатор каталогов и систему транспортировки сообщений.

Система управления агентами (СУА) представляет агента, который осуществляет контроль доступа и использования агентной платформы. В каждой агентной платформе присутствует одна СУА, которая предоставляет сервис жизненного цикла программных агентов и их реестр с идентификаторами, а также содержит состояния каждого программного агента.

Маршрутизатором каталога является программный агент, который обеспечивает направление запросов в другие агентные платформы.

Система транспортировки сообщений, или канал коммуникации агентов, является программным компонентом для управления потоками сообщений с агентной платформой, содержащих также сообщения от/во внешние платформы.

В качестве программно-инструментального средства для программной реализации персонализированной распределенной СДО на основе мультиагентного подхода выбрана JADE, как одна из агентных платформ, наиболее полно поддерживающих спецификацию FIPA-2000 [FIPA, 2000]. Активность программного агента в JADE описывается набором классов, каждый из которых соответствует элементарному поведению агента.

Опираясь на концепции JADE [Bellifemine F., 1999; Bellifemine F., 2003], сформулировано представление о поведении, которое позволяет программному агенту оперировать не только концептами предметной области, но и концептами на уровне своей конфигурации. Предлагаемый тип поведения программного агента позволяет выполнять такие операции как динамическая загрузка/выгрузка, изменение параметров и приоритетов текущих задач, запуск/приостановка загруженных задач.

Агентная платформа JADE для создания программных агентов предоставляет базовый класс Agent, который реализует функции взаимодействия с агентной платформой (регистрация, конфигурация, удаленное управление и др.), а также основной набор методов для организации поведения программного агента (например, послать/принять сообщения, использование стандартных протоколов взаимодействия, регистрация в нескольких каталогах и т.д.).

Взаимодействие между программными агентами происходит посредством сообщений, которые кодируются в соответствии со спецификацией «FIPA ACL Message Structure Specification» [FIPA, 2000]. Формат сообщений представлен в табл. 2.

Таблица 2. Структура ACL сообщения

Элемент	Описание
Performative	Тип сообщения
Sender	Отправитель сообщения
Receiver	Получатель сообщения
Reply-to	Адреса агентов, которым отправлять ответ
Content	Содержание сообщения
Language	Язык кодирования сообщения
Encoding	Кодировка содержания сообщения
Ontology	Онтология, используемая для интерпретации сообщения
Protocol	Протокол взаимодействия агентов
Conversation-id	Идентификатор сообщений
Reply-with	Строка, идентифицирующая сообщение
In-reply-to	Строка, идентифицирующая сообщение соответствует параметру reply-with при ответе на сообщение
Reply-by	Время, к которому необходимо получить ответ

В связи с чем, для взаимодействия с другими программными агентами базовый класс Agent реализует набор методов, в частности, Agent.send позволяет посылать ACLMessage, которые соответствуют формату в табл. 2. по спецификации FIPA. В агентной платформе JADE осуществляется поддержка асинхронных сообщений, реализуемых классом ACLMessage.

При взаимодействии программных агентов онтологические модели используются для интерпретации передаваемых данных. По умолчанию, для кодирования содержания используется язык FIPA Semantic Language (SL), который позволяет строить запросы агенту в виде логических выражений, но также можно использовать и любой другой язык, для которого разработана система кодирования (декодирования) объектов, например, OWL, RDF, XML, LEAP и др.

Соответственно, взаимодействие происходит по схеме, приведенной на рис. 9. Как показано на указанном рисунке, с помощью языка коммуникации программных агентов ACL организуется их взаимодействие не только внутри одной агентной платформы, но и с другими внешними платформами, реализованными в соответствии со спецификациями FIPA.

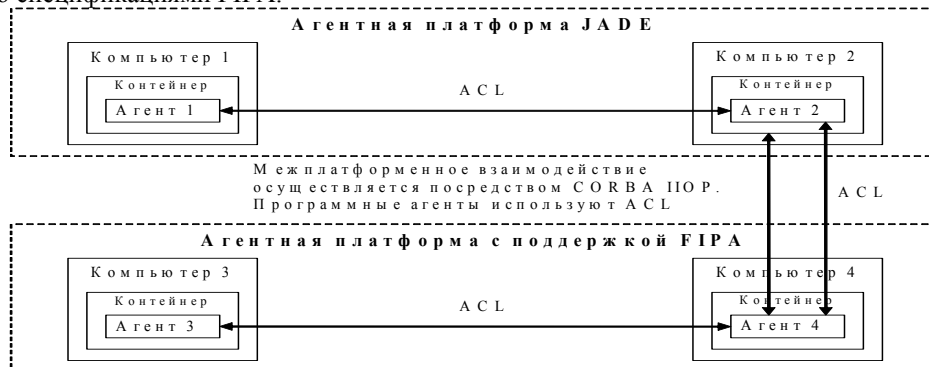


Рис. 9. Схема взаимодействия программных агентов с использованием языка коммуникации ACL

Использование программно-инструментального средства JADE обеспечивает эффективное создание мультиагентной СДО.

8. Реализация персонального программного агента

В связи с развитой сетевой инфраструктурой во многих учебных заведениях создается корпоративная сеть [Перроун П.Дж., 2001; Дейтел Х. М., 2003]. Поэтому предоставляется возможность организации персонализированного обучения в корпоративной сети университета, которое заключается в предоставлении доступа к электронным учебным материалам на информационных обучающих ресурсах, находящихся в разных территориально рассредоточенных подразделениях, а также осуществлении первоначального анализа и выбора учебных материалов в МОСДО для удаленного пользователя.

В разделе 6 описывается создание сети территориально рассредоточенных информационных обучающих ресурсов посредством внедрения программных агентов обучающих ресурсов и БД метаданных учебных материалов, что позволяет осуществить доступ к информационным ресурсам по единым принципам, посредством программного агента, который к тому же производит первоначальный анализ и выбор учебных материалов, а также формирует профили учебных материалов для МОСДО.

Однако, доступ обучаемых к указанной сети информационных обучающих ресурсов в МОСДО осуществляется посредством персонального программного агента по следующей схеме (рис. 10.).

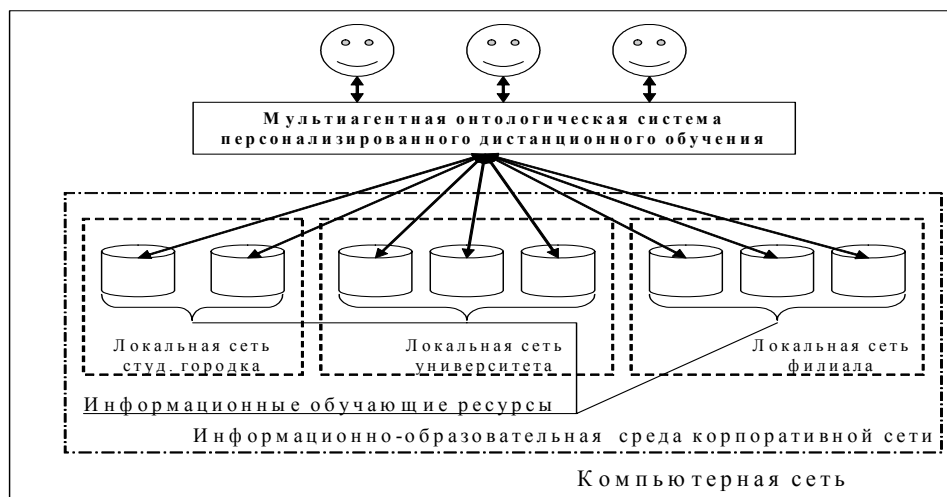


Рис.10. Схема взаимодействия обучаемых с территориально рассредоточенными информационными обучающими ресурсами

При создании интерфейса взаимодействия пользователя МОСДО используется технология сервлет-агент, позволяющая осуществлять двустороннее взаимодействие (рис. 11.).

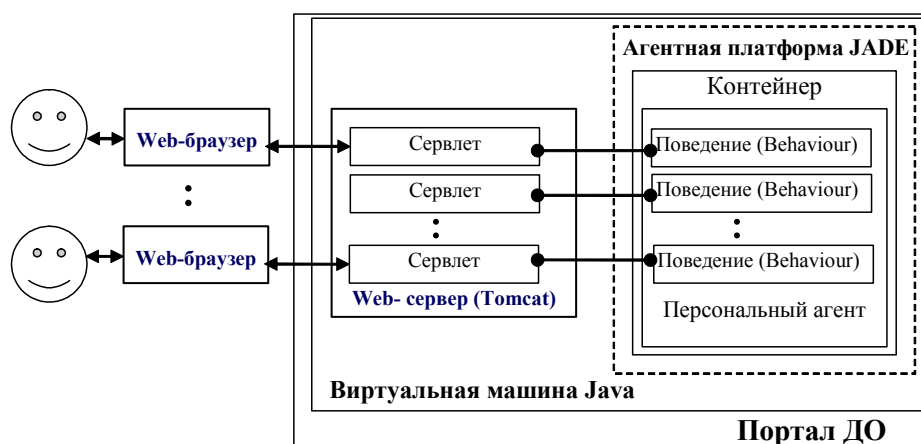


Рис. 11. Схема взаимодействия сервлет - агент

Пользователь через Web-интерфейс [Дейтел Х.М., 2003] делает запрос к сервлету, который переадресовывает запрос персональному программному агенту. Особенность этого взаимодействия заключается в том, что контейнер, содержащий персонального программного агента и Web-сервер, должны находиться внутри одной виртуальной машины Java. Во время инициализации сервлета на Web-сервере в JADE-платформе создается экземпляр персонального агента обучаемого. Каждый экземпляр сервлета, вызываемый при поступлении запроса пользователя на Web-сервер, инкапсулирует ссылки на объекты классов `HttpServletRequest` и `HttpServletResponse` во внутреннем классе, и передает их персональному программному агенту, который, разбирая параметры запросов, формирует полученную информацию в профиле обучаемого. После получения учебных материалов персональный программный агент формирует ответ и сообщает ожидающему сервлету, что ответ можно переслать пользователю.

Персональный программный агент посредством сервлетов динамически генерирует графический интерфейс, в соответствии с таксономией разработанной онтологической модели обучаемого, который направлен на получение информации в его профиль. В связи с этим, используются соответствующие web-страницы:

- `Personal.jsp` (Персональная информация) – используется при регистрации обучаемого в МОСДО для передачи личных данных.
- `Relation.jsp` (Информация об отношениях) – используется для получения информации об отношениях обучаемого с другими субъектами процесса дистанционного обучения.
- `Security.jsp` (Информация безопасности) – предназначена для передачи авторизационных сведений, таких как логин, пароль.
- `Preferences.jsp` (Информация предпочтения) – передается информация о возможностях обучаемого, таких как знание языков, в какой стране находится, используемую программно-аппаратную платформу.
- `Learnprocess.jsp` (Информация о процессе обучения) – формируется цель обучения, в соответствии с которой производится поиск учебных материалов на территориально рассредоточенных информационных обучающих ресурсах.
- `Progress.jsp` (Информация о достижениях) – информация о полученных сертификатах, дипломах и других документах, подтверждающих квалификацию и профессионализм обучаемого.

Результатом работы персонального программного агента являются динамически сформированные web-страницы (рис. 12.), которые формируются на основании онтологической модели обучаемого.

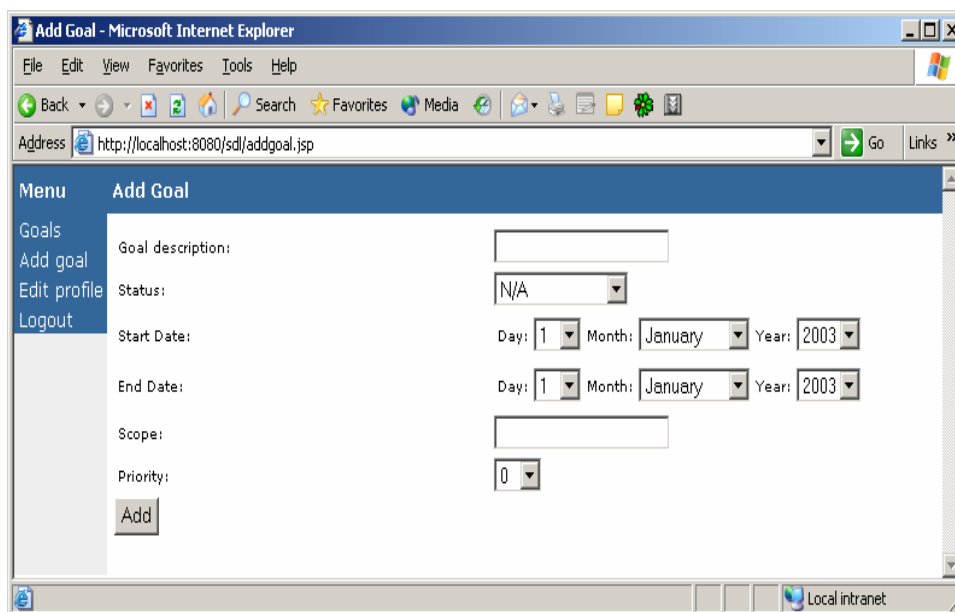


Рис.12. Графический интерфейс программного персонального агента

Персональный агент осуществляет взаимодействие с обучаемым посредством графического интерфейса, а также отображение учебных материалов, которые передаются программным агентом обучающих ресурсов в МОСДО.

Заключение

МОСДО предназначена для получения учебных материалов с территориально рассредоточенных информационных обучающих ресурсов в сети Интернет, объединенных в ИОС с использованием образовательных стандартов международного института IEEE по созданию технологий дистанционного обучения. Для организации единого доступа к информационным обучающим ресурсам в сети Интернет, разработанными различными поставщиками образовательных услуг, используется стандарт IEEE 1484.12.1 «Метаданные учебных материалов». Проведенный анализ существующих потребностей обучаемых в осуществлении поиска интересующих их учебных материалов на территориально рассредоточенных информационных обучающих ресурсах определил необходимость решения задачи индивидуального подбора учебных материалов. В связи с чем, разработаны онтологические модели обучаемого и обучающего ресурса в соответствии с принципами проекта Semantic Web с целью их применения при формировании соответствующих профилей в МОСДО. Программно реализованные агенты осуществляют взаимодействие с обучаемыми и территориально рассредоточенными информационными обучающими ресурсами в сети Интернет. Предложенная архитектура МОСДО, которая базируется на трех агентах: персональном агенте, агенте-координаторе и агенте обучающих ресурсов, позволяет решить задачу персонализации в процессе ДО.

Литература

- [Гаврилова Т.А., 2000] Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб: Питер, 2000. – 334 с.
- [Кафтаников И.Л., 2003] И.Л. Кафтаников, Коровин С.Е. Перспективы использования web-онтологий в учебном процессе // Educational Technology & Society 6(3) 2003 – с.134-138.

- [Келеберда И.Н., 2002а] Келеберда И.Н., Лесная Н.С. XML, RDF, DAML+OIL применение к созданию информационных ресурсов для дистанционного обучения в Интернет // Сб. науч. труд. 6-й Междунар. конф. Укр. ассоциации дистанционного образования "Виртуальность и образование" (Вирт – 2002). Харьков-Ялта: УАДО.– 2002. – С. 68-71.
- [Келеберда И.Н., 2002б] И.Н. Келеберда, Н.С. Лесная, В.Б. Репка, Т.Б. Шаговская Информационная технология дистанционного обучения на базе мультиагентной системы // Вестник Национального технического университета «ХПИ». Сборник научных трудов. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2002 - № 20 - С. 23-26.
- [Келеберда И.Н., 2003а] И.Н. Келеберда, Н.С. Лесная, В.Б. Репка Разработка информационно-онтологических моделей при организации персонализированного дистанционного обучения // Вестник ХГТУ. – 2003. - №2(18).- с. 455-459.
- [ЮНЕСКО, 2003] Совершенствование систем образования государств-участников содружества независимых государств на основе применения информационных и коммуникационных технологий // Субрегиональная программа ЮНЕСКО для государств – участников СНГ, институт ЮНЕСКО по ИТО – М., 2003.
- [Келеберда I., 2003б] I. Келеберда, Н. Лесна, В. Репка Розробка багатоагентної онтологічної системи дистанційного навчання // Вісник Національного університету „Львівська політехніка” „Комп’ютерні системи проектування. Теорія і практика”. Львів: Видавництво університету "Львівська політехніка". - 2003, № 471. – с.173-176
- [Keleberda I., 2003] I. Keleberda, N. Lesna, V. Repka Development of the multiagent ontological system for adaptive distance learning // Proceedings of the VII International Conference CADSM. Lviv-Slavske, 2003. – pp.559-560.
- [Milashenko D.A., 2003] D.A. Milashenko, S.D. Makovetskiy, R.V. Boblovskiy, I.N. Keleberda, N.S. Lesna Software agents for learning resources of digital library. // Proceedings of 2nd International Conference ISTA’2003. Lecture Notes in Informatics. – Bonn: Kolen Druck+Verlag GmbH., 2003. – pp.77-84.
- [Willmott S. N., 2000] S. N. Willmott and B. Burg. Agentcities. FIPA Inform Newsletter, 1(2):1–2, April 2000. Available: <http://www.fipa.org/resources/inform.html>.
- [Bellifemine F., 1999] Fabio Bellifemine, Agostino Poggi, and Giovanni Rimassa. JADE – A FIPA-compliant agent framework // In Proceedings of the 4th International Conference on the Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems (PAAM-99), pages 97–108, London, UK, 1999. The Practical Application Company Ltd. <http://sharon.csel.it/projects/jade/PAAM.pdf>.
- [Burg B., 2000] Bernard Burg Agents in the World of Active Web-services // Hewlett-Packard Laboratories, 2002.
- [Bellifemine F., 2003] F. Bellifemine, G. Caire, T. Trucco, G. Rimassa JADE Programmer’s Guide, 2003.
- [Перроун П.Дж., 2001] Пол Дж. Перроун, Венката С.Р. `Кришна` Р. Чаганти. Создание корпоративных систем на основе Java 2 Enterprise Edition. Руководство разработчика. : Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 1184 с.
- [Дейтел Х.М., 2003] Х. М. Дейтел, П.Дж. Дейтел, С.И. Сантри Технологии программирования на Java 2. Книга 3. Корпоративные системы, сервлеты, JSP, Web-сервисы – М.: Бином, 2003 – 672 с.
- [Berners-Lee T., 2001a] T. Berners-Lee and J. Hendler. Publishing on the Semantic Web. // Nature, April 2001, pp. 1023-1024.
- [Berners-Lee T., 2001b] Berners-Lee, T. , Hendler, J. and Lassilla O. (2001) The Semantic web - A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities // Scientific American, May 2001.
- [Dhraief, H., 2001] Dhraief, H. Nejd, W., Wolf, D. and Wolpers, M. Open Learning Repositories and Metadata Modeling // Semantic Web Working Symposium (SWWS), 2001, Stanford University, California, USA, 2001, <http://www.semanticweb.org/SWWS/program/full/paper38.pdf>.
- [Downes S., 2001] S. Downes Learning Objects: Resources For Distance Education Worldwide // International Review of Research in Open and Distance Learning, 2001.
- [Engelbrecht, J., 2003] Engelbrecht, J., SCORM Deployment Issues in an Enterprise Distributed Learning Architecture. The eLearning Developers’ Journal, Feb. 18, 2003, <http://www.elearningguild.com/pdf/2/021803MGT-H.pdf>.
- [Ermolayev, V. A., 2002] Ermolayev, V. A., Plaksin, S. L.: Cooperation Layers in Agent-Enabled Business Process Management. Problems of Programming 1-2 (2002) 354-368.

- [**FIPA, 2000**] The FIPA Standard for Interoperating Software Agents. The Foundation for Intelligent Physical Agents, 2000, www.fipa.org.
- [**Genesereth M. R., 1992**] M. R. Genesereth and R. E. Fikes. Knowledge Interchange Format, Version 3.0 Reference Manual / Technical Report Logic-92-1, Computer Science Department, Stanford University, Stanford, CA, USA, June 1992, <http://www-ksl.stanford.edu/knowledge-sharing/papers/kif.ps>.
- [**Hendler J., 2000**] J. Hendler and D. L. McGuinness. «The DARPA Agent Markup Language», IEEE Intelligent Systems., November 2000, 15 (6), pp. 67-73.
- [**Hendler J., 2001**] James Hendler Agents and the Semantic Web // IEEE Intelligent Systems, Vol. 16, No. 2, March/April 2001.
- [**IEEE, 2001**] IEEE LTCS, “Draft Standard for Learning Technology — Public and Private Information (PAPI) for Learners (PAPI Learner)”, IEEE P1484.2/D8, 2001.
- [**IEEE, 2002**] IEEE 1484.12.1 “Standard for Learning Object Metadata”, PISCATAWAY, NJ, 2002. – p. 44.
- [**Knublauch H., 2003**] Holger Knublauch, Mark A. Musen, Natasha F. Noy Creating Semantic Web (OWL) Ontologies with Protégé // Tutorial: 2nd International Semantic Web Conference (ISWC2003), Sanibel Island, Florida, USA, October 20-23th, 2003.
- [**Labrou Y., 1999**] Yannis Labrou, Tim Finin, and Yun Peng. Agent communication languages: The current landscape // IEEE Intelligent Systems, 14(2): 45–52, March/April 1999, <http://www.csee.umbc.edu/~jklabrou/publications/ieeeIntelligentSystems1999.pdf>.
- [**McIlraith, S., T., 2001**] McIlraith, S., T. Cao Son and H. Zeng, “Semantic Web Services”, IEEE Intelligent Systems, March/April, 2001. – pp.46-53.
- [**OWL, 2004**] <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>.
- [**Qu C., Nejd W., 2002**] Towards Interoperability and Reusability of Learning Resource: a SCORM conformant Courseware for Computer Science Education. In: Proc of the ICALT
- [**RDF, 2004**] <http://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar/>.
- [**SCORM, 2004**] SCORM, Sharable Content Object Reference Model, Version 1.3, Advanced Distributed Learning (<http://www.adlnet.org>), 2004.
- [**Terziyan, V., 2003**] Terziyan, V., Kononenko, O.: Semantic Web Enabled Web Services: State-of-Art and Industrial Challenges. In: M. Jeckle and L.-J. Zhang (eds.), Web Services - ICWS-Europe 2003, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2853, Springer-Verlag, 2003. – pp.183-197.