

УДК 004.588

А. Г. ЧУХРАЙ, М. О. ШАТАЛОВА

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

Данная статья посвящена формулированию технических требований к современной интеллектуальной обучающей системе, основанной на применении агентного подхода, а также проектированию архитектуры данной системы. Основное содержание статьи составляет описание функционирования модулей, составляющих систему, а также взаимодействий между ними. Значительное внимание уделяется основным задачам для каждой части в составе системы, а также способам их решения. В заключение представлен возможный вариант последовательности взаимодействий между частями системы при решении общей задачи, а также предложены дальнейшие этапы разработки данной обучающей системы.

Ключевые слова: интеллектуальная обучающая система, архитектура распределённой системы, об-
лачные вычисления.

Введение

Автоматизация рутинных операций, как правило, позволяет существенно удешевить производство, а в большинстве случаев и повысить его качество. Внедрение элементов автоматизации в обучение может сделать его доступнее, благодаря чему произойдёт повышение общего уровня образованности населения.

Проведение исследований в области применения современных технологий в обучении показало необходимость создания интеллектуальной системы для изучения физики, которую можно было бы использовать как дополнительный инструмент повышения знаний по этому предмету среди учеников средней школы и абитуриентов технических ВУЗов.

Выполненный ранее анализ обучающих программ по физике, доступных на рынке ПО в 2015 году показал [1], что существующие подходы, применяемые в подобном ПО, нуждаются в усовершенствовании. Очередным этапом работы над интеллектуальной системой для обучения физике является разработка архитектуры системы.

1. Постановка задачи

Целью данной статьи является разработка и описание архитектуры интеллектуальной системы для обучения физике.

Среди стратегических технологий, которые будут активно внедряться в повседневную жизнь до 2020 года, аналитики выделяют развитие сетевых соединений и взаимодействия между устройствами, перетекающее взаимодействие (включая мобильные технологии), продвинутое машинное обучение, ав-

тономные агенты и виртуальные помощники, а также микросервисную архитектуру [2]. Использование перечисленных инструментов в целях обучения позволит создать современную конкурентоспособную систему, отвечающую последним требованиям в области информационных технологий.

Многолетний опыт разработки обучающих систем, изучение современных стандартов в разработке ПО, а также исследование лучших из существующих практик реализации подобных программ позволили сформулировать следующие требования к системе, отличающие её от аналогичных обучающих программ:

- система должна повышать уровень знаний пользователя по физике, предлагая ему для решения различные задания;
- система должна обеспечивать индивидуальный подход к каждому пользователю, учитывать текущий уровень его подготовки, прогресс в обучении и т.п. Также система отвечает за подбор последовательности задач, которые предлагается решить каждому конкретному пользователю;
- обучение должно происходить в цикле «Демонстрация → Обучение с подсказками → Самостоятельное решение для проверки усвоенного материала». В ходе обучения, при появлении трудностей в понимании, ученик должен получать советы от системы для повышения эффективности взаимодействия (обеспечение интерактивности);
- для повышения интереса к системе требуется внедрение игровых элементов в учебный процесс, а также реализация взаимодействия между пользователями;

– система должна обеспечивать централизованное хранение данных, их обработку, а также доступность из различных мест. Таким образом, предполагается использование облачных технологий в составе системы;

– поскольку система будет многопользовательской, может потребоваться её неоднократное масштабирование, поэтому структура системы должна позволять выполнение подобных действий;

– с целью популяризации системы и её распространения необходимо позаботиться о том, чтобы клиентская часть была не очень требовательна к ресурсам, работала на различных операционных системах (в том числе мобильных), и распространялась бесплатно.

Несмотря на то, что некоторые из приведённых требований уже реализованы в аналогичных обучающих системах, программы-аналоги не предлагают пользователю комплексное решение, реализующее все перечисленные возможности одновременно. Также нововведением является применение интеллектуальных агентов в образовательных целях. Их задачей будет сопровождение пользователя во время обучения, которое заключается в оценке его знаний, подборе заданий в соответствии с текущим уровнем подготовки пользователя, обеспечении интерактивности (например, выдаче подсказок) и адаптации настроек системы к индивидуальным потребностям учеников. Дополнительной возможностью агентов будет сбор статистической информации о ходе обучения множества доступных пользователей (например, какие задачи вызывают больше всего сложностей или какие ошибки совершаются чаще всего) и её анализа в целях повышения общего качества обучения.

В ходе работы применялись следующие методы исследования: анализ существующих решений в проектировании распределённых систем; синтез полученных при анализе составных частей в общую структуру.

2. Результаты

Исходя из поставленных задач, принято решение о создании клиент-серверной архитектуры, которая сможет обеспечить параллельную работу множества разных пользователей.

Задачами клиентской части будет:

– непосредственное взаимодействие с пользователем: получение вводимых данных, их расшифровка и преобразование; отображение численной и графической информации, например, отрисовка меню, представление задачи, вывод подсказок;

– взаимодействие с серверной частью: пре-

доставление безопасного подключения к серверу и дальнейшего обмена командами/данными в соответствии с поведением пользователя.

Задачи серверной части:

– реализация возможности параллельного подключения нескольких клиентов;

– обработка данных, поступающих от каждого клиента, в индивидуальном порядке, с обеспечением интеллектуальной адаптации системы к потребностям конкретного пользователя (подбор и генерация задания; проверка вводимых данных; поиск ошибок в решении и путей их исправления, а также способов коррекции знаний, чтобы в дальнейшем эти ошибки не повторялись; выдача подсказок по ходу решения, если они требуются и уместны и т.п.);

– хранение базы данных, содержащей сведения о пользователях, которые зарегистрированы в системе, а также содержащей в себе шаблоны заданий, набор диагностических моделей (ДМ) и прочую служебную информацию, необходимую при функционировании интеллектуальной системы.

Для реализации перечисленной функциональности предлагается разделить серверную часть системы на три уровня: уровень, отвечающий за соединение с множеством клиентских частей; уровень, представляющий интеллектуальную часть системы, а также уровень взаимодействия с базой данных. Обобщённая составная структура системы представлена на рисунке 1.

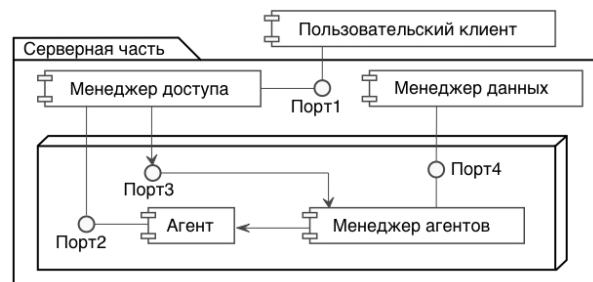


Рис. 1. Составная структура системы

Для реализации интеллектуальной составляющей системы предполагается применение агентного подхода [3, 4]. Каждый агент функционирует как отдельный процесс, обслуживающий конкретного пользователя. Агенты должны иметь встроенную модель мира, которая в нашем случае представляется набором физических понятий и формул. Целью деятельности агента является повышение прогнозируемого уровня знаний пользователя во время каждого сеанса работы с системой, а также в долгосрочной перспективе. Для достижения своей цели агент обладает набором возможностей:

Например, возможно проведение педагогических экспериментов с участием некоторого количества пользователей, поделённых на экспериментальную и контрольную группу. После проведения эксперимента полученная информация об итоговом качестве знаний может быть использована для повышения эффективности дальнейшего обучения всех пользователей. Для этого потребуется перенастройка системы. Предполагается, что она будет выполняться администратором системы. Диаграмма вариантов использования менеджера данных представлена на рисунке 3.

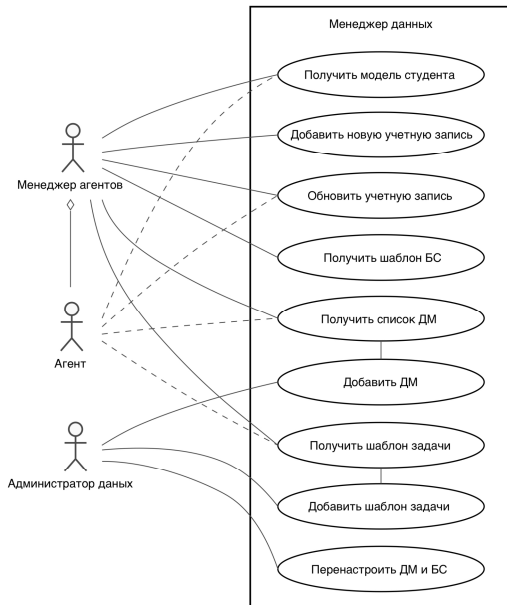


Рис. 3. Диаграмма вариантов использования менеджера данных

Теперь, на примере процесса авторизации пользователя в системе (рисунок 4), можно рассмот-

реть последовательность взаимодействий между перечисленными модулями.

Пользовательский клиент отправляет менеджеру доступа запрос авторизации с информацией о конкретном пользователе (например, логин и пароль). Для начала работы менеджер доступа запрашивает у менеджера агентов выделение нового агента для обслуживания пользователя, сообщая менеджеру агентов идентификационные данные пользователя. Обладая идентификационными данными, менеджер агентов запрашивает подтверждение существования профиля пользователя у менеджера данных. Если ранее пользователь не был зарегистрирован, происходит создание нового профиля, связанного с указанными идентификационными данными. Далее менеджер агентов запрашивает необходимые для запуска нового агента шаблоны и настройки у менеджера данных, после получения которых агент может быть создан. После этого созданный агент оповещает менеджера агентов о завершении собственного создания и соединяется с менеджером доступа для дальнейшей работы непосредственно с пользователем. С этого момента менеджер доступа играет роль посредника, перенаправляя запросы напрямую от пользователя к агенту. После соединения агента с клиентской частью пользователь получает сообщение о подтверждении авторизации.

Основной особенностью реализации системы с указанной архитектурой будет проектирование и реализация модулей с шаблонами задач, диагностических моделей, байесовских сетей, а также модулей для сохранения физических понятий и формул, необходимых для функционирования агентов. Такой подход сложен, но оправдан, поскольку он позволит



Рис. 4. Диаграмма межмодульных взаимодействий в процессе авторизации пользователя

производить перенастройку системы и модификацию её компонентов, не затрагивая реализацию остальных составляющих частей. Также, трёхуровневая структура серверной части позволит при необходимости масштабировать любой из уровней, не затрагивая остальные, если обнаружится, что количество пользователей системы увеличивается и требует повышения доступных вычислительных мощностей [6, 7].

3. Верификация архитектуры

В процессе верификации архитектуры обучающей системы необходимо удостовериться в корректности её реализации.

Верификация должна подтвердить, что в системе реализованы ключевые компоненты – клиентская и серверная части. В составе серверной части должны быть представлены модули менеджера доступа, менеджера данных, а также интеллектуальный модуль с реализацией агентов.

Необходимо убедиться, что установлена взаимосвязь между модулями. Клиентская часть должна иметь общий интерфейс с менеджером доступа. Менеджер доступа должен иметь общие связи с клиентской частью и с интеллектуальным модулем. Интеллектуальный модуль должен иметь общий интерфейс с менеджером доступа и с менеджером данных. Все интерфейсы для межмодульного взаимодействия должны быть унифицированы и документированы.

Также в ходе верификации необходимо удостовериться в безопасности информационного обмена между модулями в процессе работы системы. В частности, недопустимо прямое взаимодействие клиентской части и менеджера доступа с модулем менеджера данных. Это необходимое условие для обеспечения сохранности пользовательской информации.

После проверки указанных межмодульных интерфейсов необходимо удостовериться в том, что они соответствуют собственной документации и корректно выполняют заявленные функции. Предполагается, что данная проверка будет реализована с помощью модульных тестов.

Если готовая система будет полностью соответствовать перечисленным требованиям, можно считать, что верификация архитектуры пройдена успешно.

Выводы

Разработка архитектуры является основополагающим этапом при реализации системы. Представленный вариант архитектуры позволит реализовать обучающую систему, соответствующую поставленным требованиям и способную обеспечить масшта-

бируемость и достаточную гибкость в изменении её функциональности.

Отличительной особенностью системы является применение интеллектуальных агентов, функционирование которых обеспечивается специальным архитектурным решением. Каждый агент является автономным микросервисом в интеллектуальном слое серверной части, привязан к конкретному пользователю и функционирует независимо от остальных агентов. Таким образом обеспечивается индивидуальный подход, а также сбор и обработка доступной информации для дальнейшего усовершенствования обучающей системы.

Представленный перечень работ по верификации позволит определить корректность реализации архитектуры обучающей системы.

Дальнейшим этапом работы в данном направлении является разработка межмодульных интерфейсов, дизайн внутреннего представления серверных уровней, проектирование структуры базы данных, а также проведение исследований в области применения средств машинного обучения в образовательных целях.

Литература

1. Чухрай, А. Г. Анализ разработки обучающих компьютерных программ по физике [Текст] / А. Г. Чухрай, М. О. Шаталова // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2015. – №1 (71). – С. 75–79.
2. Rossi B. Gartner's top 10 strategic technologies for 2016 [Electronic resource] / Ben Rossi. – Access mode: <http://www.information-age.com/it-management/strategy-andinnovation/123460291/gartners-top-10-strategic-technologies-2016>. – 7.10.2015.
3. Рассел, С. Искусственный интеллект: современный подход [Текст] : пер. с англ. / С. Рассел, П. Норвиг. – Москва : Вильямс, 2015. – 1408 с.
4. Weiss, G. Multiagent Systems, second edition [Text] / G. Weiss. – The MIT Press, 2013. – 920 p.
5. Чухрай, А. Г. Методологические основы интеллектуальных компьютерных программ, обучающих выполнению алгоритмических заданий [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.06 : защищена 14.03.2014 / Чухрай Андрей Григорьевич. – Харьков, 2013. – 363 с.
6. Matsudaira, K. Scalable Web Architecture and Distributed Systems [Text] / K. Matsudaira // The Architecture Of Open Source Applications / A. Brown, G. Wilson. – 2008. – P. 1–22.
7. Limoncelli, T. A. The Practice of Cloud System Administration: Designing and Operating Large Distributed Systems [Text] / T. A. Limoncelli, S. R. Chalup, C. J. Hogan. – Addison-Wesley Professional, 2014. – 559 p.

References

1. Chukhray, A. G., Shatalova M. O. *Analiz razrabotki obuchayushchikh komp'yuternykh programm po fizike* [Analysis of computer programs for physics learning development]. *Radioelektronnye i komp'yuternye sistemy – Radioelectronic and computer systems*, 2015, vol. 1(71), pp. 75–79.
2. Rossi B. *Gartner's top 10 strategic technologies for 2016*. Access mode: <http://www.information-age.com/it-management/strategy-and-innovation/123460291/gartners-top-10-strategic-technologies-2016-7.10.2015>.
3. Russell S., Norvig P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 2nd. Prentice Hall Publ., 2002. 1132 p. (Russ. ed.: Rassel, S., Norvig P. *Iskusstvennyy intellekt: sovremennyy podkhod*. Moscow, Williams Publ., 2015. 1408 p.).
4. Weiss, G. *Multiagent Systems*, 2nd. The MIT Press Publ., 2013. 920 p.
5. Chukhray, A. G. *Metodologicheskie osnovy intellektual'nykh komp'yuternykh programm, obuchayushchikh vypolneniyu algoritmicheskikh zadaniy*. Dis. d-ra tekhn. nauk : spets. 05.13.06 : zashchishchena 14.03.2014 [Methodological bases of intelligent computer programs teaching the implementation of algorithmic tasks]. Kharkov, 2013. 363 p.
6. Matsudaira, K. [The Architecture Of Open Source Applications] *Scalable Web Architecture and Distributed Systems*, 2008. pp. 1–22.
7. Limoncelli, T. A., Chalup S. R., Hogan C. J. *The Practice of Cloud System Administration: Designing and Operating Large Distributed Systems*. Addison-Wesley Professional Publ., 2014. 559 p.

Поступила в редакцію 10.02.2016, рассмотрена на редколлегии 18.02.2016

РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ

А. Г. Чухрай, М. О. Шаталова

Дану статтю присвячено формуванню технічних вимог до сучасної інтелектуальної навчальної системи, яка базується на використанні агентного підходу, а також проектуванню архітектури даної системи. Основний зміст статті складає опис функціонування модулів, що складають систему, а також взаємодій між ними. Значна увага приділяється основним завданням для кожної частини у складі системи, а також способам їх вирішення. У висновку наведено можливий варіант послідовності взаємодій між частинами системи при вирішенні загальної задачі, а також запропоновано подальші етапи розробки навчальної системи.

Ключові слова: інтелектуальна навчальна система, архітектура розподіленої системи, хмарні обчислення.

DEVELOPMENT OF THE ARCHITECTURE OF INTELLIGENT SYSTEM FOR TEACHING PHYSICS

A. G. Chukhray, M. O. Shatalova

This article focuses on the formation of the technical requirements for modern agent-based intellectual learning system, as well as designing its architecture. The main content of the article is the description of functioning of units constituting the system, and interactions between them. Considerable attention is paid to the main tasks for each part in structure of system, as well as methods for their solutions. Finally, a possible embodiment of sequence of interactions between the parts of the system when solving the general problem is presented, as well as further steps for the development of the training system offered.

Key words: intelligent tutoring system, distributed system architecture, cloud computing.

Чухрай Андрей Григорьевич – д-р техн. наук, доцент, профессор каф. систем управления летательными аппаратами, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: achukhray@gmail.com.

Шаталова Мария Олеговна – аспирант каф. систем управления летательными аппаратами, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: radeon4650main@gmail.com.

Chukhray Andrey Grigorevich – Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of Aircraft Control Systems, National Aerospace University named after N. Ye. Zhukovsky “KhAI”, Kharkov, Ukraine, e-mail: achukhray@gmail.com.

Shatalova Mariia Olegovna – PhD student, Department of Aircraft Control Systems, National Aerospace University named after N. Ye. Zhukovsky “KhAI”, Kharkov, Ukraine, e-mail: radeon4650main@gmail.com.