

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №4 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-4>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/102TVN415.pdf>

DOI: 10.15862/102TVN415 (<http://dx.doi.org/10.15862/102TVN415>)

УДК 004.9

Двоглазов Дмитрий Викторович¹

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
информационных технологий, радиотехники и электроники»
Россия, Москва²
Ведущий инженер
E-mail: dvd@mirea.ru

Дешко Игорь Петрович

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
информационных технологий, радиотехники и электроники»
Россия, Москва
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: dip@mirea.ru

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=109076

Кряженков Константин Геннадьевич³

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
информационных технологий, радиотехники и электроники»
Россия, Москва
Кандидат технических наук
E-mail: konstantin@mirea.ru

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=133428

Тихонов Анатолий Алексеевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
информационных технологий, радиотехники и электроники»
Россия, Москва
Ведущий программист
E-mail: anatoliy@mirea.ru

¹ <https://ru.linkedin.com/in/ddvoeglazov>

² 119454, г. Москва, Проспект Вернадского, д. 78

³ <https://www.linkedin.com/pub/konstantin-kryazhenkov/2a/369/348>

https://mirea.academia.edu/KonstantinKryazhenkov?c_p=t

http://www.researchgate.net/profile/Konstantin_Kryazhenkov

Применение технологии WebSocket в системе удаленного доступа к лабораторным стендам с инфокоммуникационным оборудованием

Аннотация. Важным компонентом современных сред поддержки дистанционного обучения по инфокоммуникационным технологиям является система удаленного доступа к стендам с реальным оборудованием. Такая система должна обеспечивать удаленным пользователям все возможности по управлению изучаемыми устройствами и стендами на их основе.

Одной из технологий построения систем удаленного доступа является использование пользовательских приложений на основе Java-апплетов. Это решение широко используется и достаточно хорошо зарекомендовало себя при эксплуатации системы TermILab и других систем аналогичного назначения. Однако развитие веб-технологий открывает возможности для новых реализаций, отличающихся большей эффективностью.

Применение технологии WebSocket для передачи данных позволяет приблизиться к эффективности протокола TCP в рамках обычного веб-браузера, без установки каких-либо дополнительных программных средств, а также избежать потенциальных проблем с межсетевыми экранами и информационной безопасностью.

Приведена схема работы разработанного пользовательского приложения с применением WebSocket, состав и краткая характеристика его модулей, использование событийно-ориентированной архитектуры при взаимодействии модулей и другие особенности реализации системы удаленного доступа к реальному инфокоммуникационному оборудованию TermILab.

Ключевые слова: удаленный лабораторный практикум; система TermILab; Java-апплеты; протокол RFB; протокол VT100; технология WebSocket; язык HTML5; ajax-запросы; VNC клиент; событийно-ориентированная архитектура.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Двоеглазов Д.В., Дешко И.П., Кряженков К.Г., Тихонов А.А. Применение технологии WebSocket в системе удаленного доступа к лабораторным стендам с инфокоммуникационным оборудованием // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №4 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/102TVN415.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/102TVN415

Введение

Удаленный лабораторный и исследовательский практикум в сфере телекоммуникаций должен предоставлять возможности полноценного взаимодействия с учебными стендами с реальным инфокоммуникационным оборудованием. Он позволяет существенно повысить коэффициент использования дорогостоящего оборудования за счет доступа к нему в режиме 24/365, реализовать преимущества смешанного обучения (Blended Learning) [1], исследовательского обучения (Inquiry Learning) [2, 3], обеспечить достижение необходимого уровня практических навыков.

Технологии построения систем удаленного доступа к реальному оборудованию находятся в фокусе внимания многих исследователей и разработчиков. Так, ассоциация EATEL (The European Association of Technology Enhanced Learning) выполняет проект FORGE, направленный на реализацию инициативы FIRE (Future Internet Research and Experimentation) в целях расширения возможностей онлайн выполнения лабораторного практикума и экспериментов в интерактивном обучении [4].

Проект OneLab реализуется консорциумом из пяти европейских университетов и исследовательских организаций [5]. В рамках этого проекта предоставляется удаленный доступ к множеству различных лабораторных стендов.

Вопросы построения систем удаленного доступа к реальному оборудованию также нашли свое отражение в значительном числе источников. Применительно к сфере инфокоммуникаций среди них отметим [6, 7, 8, 9].

Авторами разработана и успешно эксплуатируется система TermILab для удаленного доступа к стендам с различным оборудованием, используемым при реализации академических инициатив компаний Cisco, VMware, EMC и др. [10]. Изначально она была построена с использованием клиентского Java-апплета, запускаемого на веб-браузере пользователя [11, 12].

Стандартизация новой веб-технологии WebSocket [13] позволяет использовать альтернативный подход. В настоящей статье обсуждается его реализация и преимущества в сравнении с Java-апплетами применительно к системе TermILab.

Основная часть

Система TermILab предоставляет полнофункциональный удаленный доступ к стендам с различным инфокоммуникационным оборудованием. В состав стендов входят коммутаторы, маршрутизаторы, межсетевые экраны, точки беспроводного доступа, сетевые хранилища, хосты и виртуальные машины (ВМ) с различными приложениями, другое оборудование. Любое устройство можно включать и отключать, загружать и конфигурировать. Примеры ряда действующих стендов приведены в [10].

Работа с устройствами в стендах осуществляется в режиме клиент-сервер, где клиентская часть представлена пользовательским приложением, запускаемым в веб-браузере. В коммуникационном взаимодействии пользователя и системы TermILab, осуществляемом посредством локальной или глобальной сетевой среды, выделяется три типа потоков данных, рис. 1.

К первому типу относятся текстовые команды пользователя и символьные потоки данных с консолей удаленных устройств, переносимые средствами терминала VT100. Второй тип образуют бинарные потоки видеоданных от входящих в состав стендов удаленных хостов или ВМ, передающиеся средствами протокола RFB (Remote FrameBuffer) [14]. Наконец,

третий тип представлен служебными управляющими командами пользователя, например, включения/отключения устройств или ВМ в стенде.

Наиболее требовательным к скорости передачи и обработки является поток видеоданных с ВМ. Как уже отмечалось, в первой версии системы TermILab пользовательский клиент был разработан на языке Java и представлял собой апплет, запускаемый в веб-браузере. Для приема данных и передачи служебного трафика апплет устанавливал несколько TCP-соединений с сервером системы TermILab. При этом каждому из перечисленных типов потоков выделялось отдельное TCP-соединение, что минимизировало накладные расходы при передаче данных между сервером и клиентом.

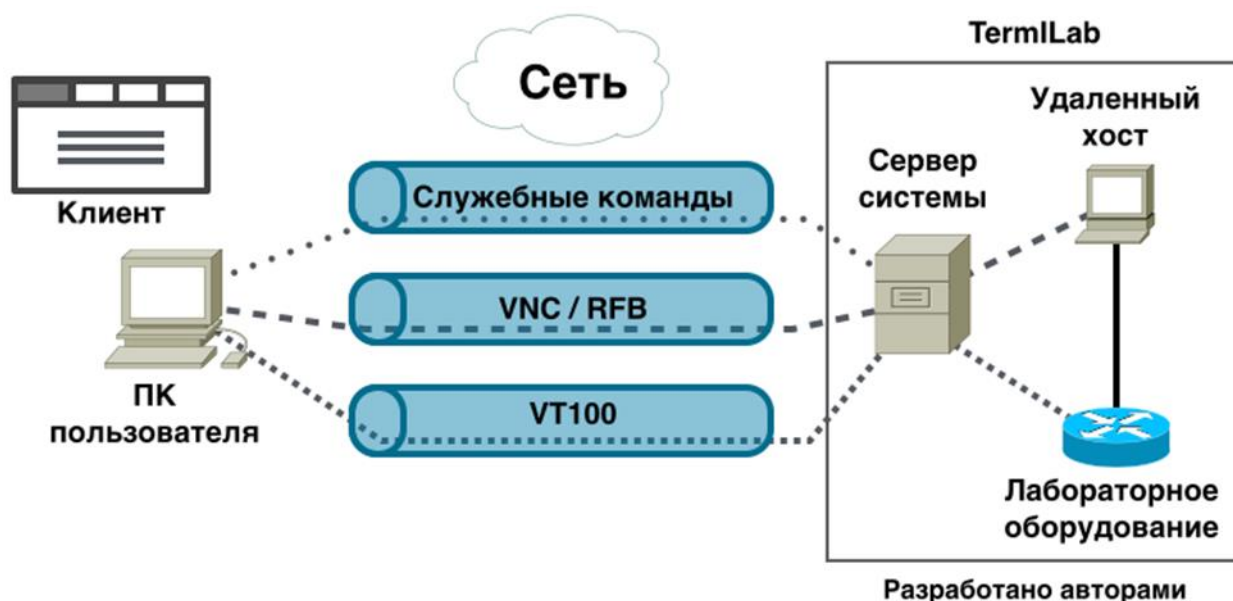


Рис. 1. Типы потоков данных между клиентской и серверной частями системы

Несмотря на хорошую производительность, использование Java-апплета в качестве клиентского приложения имеет ряд недостатков. Так, пользователь должен иметь у себя необходимую для работы апплета версию Java. Хотя этот продукт является свободно распространяемым, а его установка не имеет сложностей, лучшая ситуация заключается в отсутствии необходимости в каких-либо дополнительных средствах помимо стандартного веб-браузера. Более серьезная проблема связана с наличием корпоративных или пользовательских межсетевых экранов, поскольку инициирование TCP-соединений со стороны Java-апплета к серверу осуществляется на нестандартный порт и требует повышенных привилегий, которые пользователь должен разрешить Java-апплету при его запуске. Повышенные привилегии необходимо подтвердить цифровым сертификатом, самостоятельно сгенерированные неподтвержденные цифровые сертификаты могут быть запрещены актуальной политикой безопасности на компьютере пользователя. Получение же удостоверенного цифрового сертификата в настоящее время сопряжено с определенными финансовыми расходами. С общих позиций безопасности наличие Java или Flash апплетов создает потенциальные точки уязвимостей.

Новая версия системы TermILab свободна от этих недостатков. Она разработана с применением технологий WebSocket, поддерживаемых в языке HTML5. Здесь не требуется пользовательских апплетов, поскольку соединение устанавливает сам веб-браузер на стандартные TCP порты (80 или 443) с использованием HTTP-протокола. Использование одного порта на транспортном уровне обеспечивается мультиплексированием пользовательских соединений, выполняемым веб-сервером системы. Отметим, что ранее, при использовании Java-апплета, механизм мультиплексирования было необходимо

реализовывать самостоятельно. Сведение всех клиентских потоков на один стандартный TCP порт сервера системы практически снимает проблему межсетевых экранов.

Рассмотрим работу веб-интерфейса клиента. На основании данных текущего сеанса пользователя сервер системы TermILab определяет список зарезервированных им устройств в каком-либо стенде и помещает блоки с их описанием в разметку html-страницы. После загрузки и обработки страницы в веб-браузере на основе этих блоков при помощи javascript формируется интерфейс для взаимодействия пользователя с каждым зарезервированным устройством. Как и ранее, работа с каждым устройством ведется в отдельной вкладке. При этом упростился механизм аутентификации пользователя и его подключений к устройствам. В HTML5 апплете используется общая HTTP-сессия, в то время как в Java-апплете необходимо было реализовывать отдельный механизм аутентификации соединений от клиента к серверу.

Для передачи информационных потоков в HTML5 клиенте устройств задействуются отдельные WebSocket соединения. Они устанавливаются при инициализации клиента и в нормальных условиях остаются открытыми до конца пользовательской сессии. Служебные управляющие команды передаются асинхронным способом при помощи ajax-запросов.

Для взаимодействия с устройствами, управляемыми через интерфейс RS-232, был разработан базовый модуль Terminal терминального клиента с поддержкой ограниченного подмножества управляющих последовательностей (CSI-кодов) ANSI/VT100. Терминальный модуль обеспечивает отображение поступающих от устройства данных в указанном контейнере на странице HTML5-клиента. Также он обеспечивает регистрацию последовательности символов пользовательского ввода и формирование необходимых CSI-кодов для последующей передачи их на сервер и далее на устройство в стенде.

Схема взаимодействия модулей при передаче данных приведена на рис. 2.

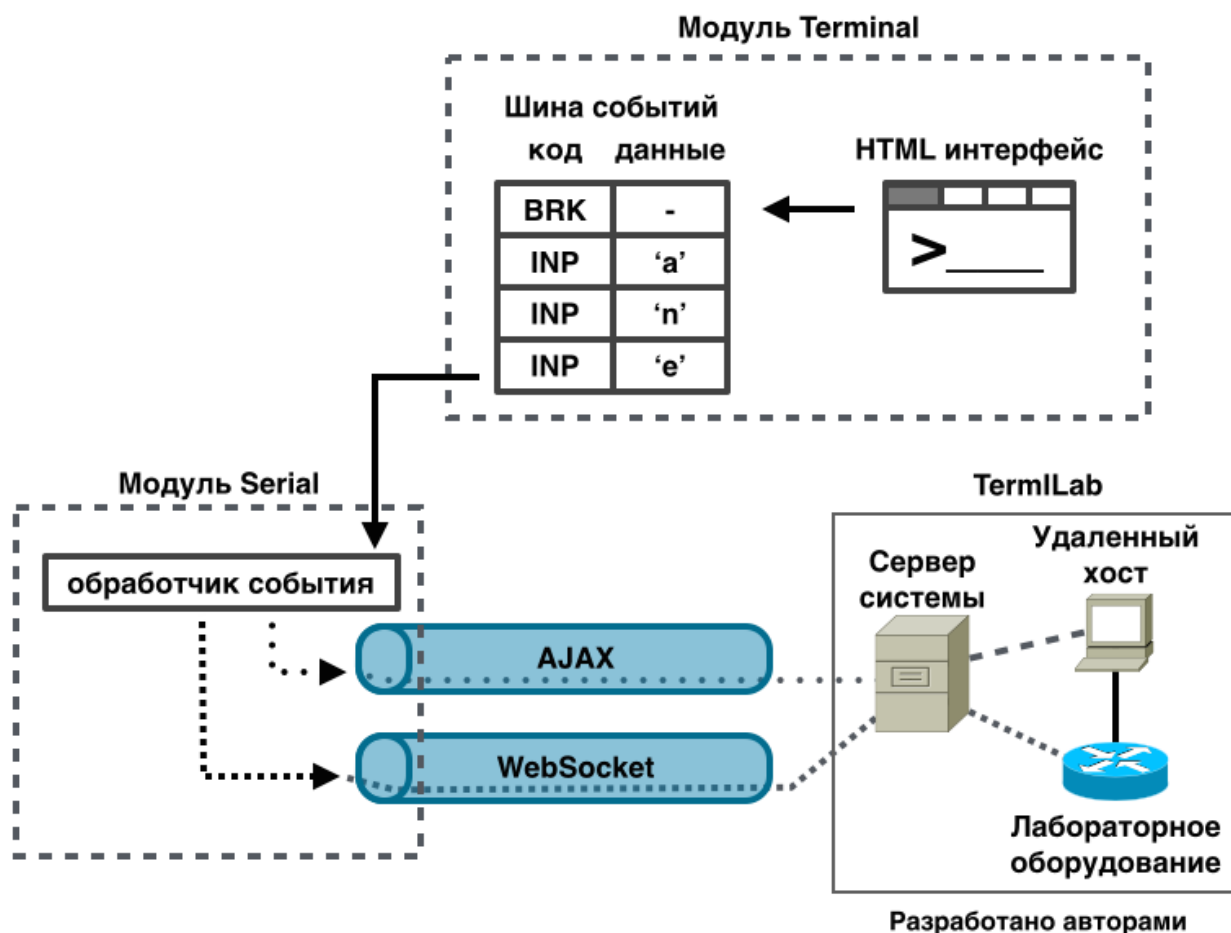


Рис. 2. Схема взаимодействия модулей при передаче данных

Непосредственной отправкой данных через WebSocket соединение занимается вспомогательный модуль Serial. Модуль Serial является программной оберткой над объектом класса WebSocket объектной модели документа html страницы. В его задачи входит инициация установления WebSocket соединения с сервером, настройка параметров соединения с удаленным устройством (например, скорости порта), а также отправка специального сигнала прерывания устройству (break-последовательность). В настоящее время конфигурация консольного подключения и передача команды break реализованы внеполосным методом при помощи ajax-запросов, что требует поддержки на сервере дополнительных точек обработки. В перспективе же будет возможным передавать эти данные внутриполосным способом путем добавления несколько собственных расширений к управляющим последовательностям протокола VT100.

Для работы из веб-браузера с лабораторными хостами и VM используется открытый HTML5 VNC клиент – noVNC [15]. Видеоданные передаются через WebSocket соединение и декодируются при помощи библиотеки noVNC, а управляющие команды, такие как, например, включение/выключение удаленных машин, передаются при помощи ajax-запросов.

Взаимодействие между модулями реализовано при помощи событийно-ориентированной архитектуры, что позволило организовать слабую связность между ними. Каждый модуль имеет внутри себя так называемую «шину событий» (event bus), а также список подписчиков на те или иные события. При изменении состояния модуля, например, при поступлении данных от пользователя, создается соответствующее событие и вместе с необходимыми данными публикуется в шине событий. Опубликованное событие затем

доставляется всем зарегистрированным подписчикам. Такой подход позволил упростить обработку информационных потоков и внутреннюю архитектуру клиента.

Заключение

Представлено новое решение для удаленного доступа к устройствам в стендах с реальным инфокоммуникационным оборудованием, основанное на технологии WebSocket и языке HTML5.

Данное решение внедрено в систему удаленного доступа TermILab. Оно позволяет отказаться от использования Java-апплета, что повышает уровень информационной безопасности и комфорта работы пользователей, а также снимает проблемы, связанные с наличием межсетевых экранов.

Отсутствие необходимости в установке на пользовательских местах дополнительных программ помимо обычного веб-браузера отвечает требованиям построения облачного лабораторного практикума LaaS (Laboratory as a Service) [16] и облегчает интеграцию с корпоративной инфраструктурой виртуальных рабочих столов [17].

ЛИТЕРАТУРА

1. Blended Learning Environments [Электронный ресурс]: Электрон. текстовая документация / Charles R. Graham, Charles Dziuban, – Электрон. дан. – США, [200-?] – Режим доступа: http://www.aect.org/edtech/edition3/ER5849x_C023.fm.pdf, свободный. – Загл. с экрана. — Яз. англ.
2. Learning by Experience. Режим доступа: <http://www.go-lab-project.eu/frontpage> (дата обращения 18.08.2015).
3. de Jong et al.: Innovations in STEM education: the Go-Lab federation of online labs. Режим доступа: <http://www.slejournal.com/content/1/1/3> (дата обращения 18.08.2015).
4. SIG Remote Labs and Online Experimentation. Режим доступа: <http://eatel.eu/special-interest-groups/sig-remote-labs-and-online-experimentation/> (дата обращения 18.08.2015).
5. Your Easy Access to Computer Networking Testbeds: A wide variety of world class testbeds available through your one account. Режим доступа: <https://onelab.eu/> (дата обращения 18.08.2015).
6. Klimovski, Dragi; Jones, Glyn and Cricenti, Antonio. Is It Worth Investing in Remote Online Network Accessible Laboratory Devices? // Proceedings of the 21st Annual Conference for the Australasian Association for Engineering Education. Sydney, N.S.W.: Engineers Australia, 2010: pp.132-137.
7. C. Caicedo, W. Cerroni Design of a Computer Networking Laboratory for Efficient Manageability and Effective Teaching // 39th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, San Antonio, TX, October 18-21, 2009.
8. Дешко И.П. Системы удаленного доступа к учебным телекоммуникационным комплексам // Новые информационные технологии и менеджмент качества (NIT&QM'2010). Материалы международной научной конференции / Редкол.: А.Н. Тихонов (пред.) и др.; ФГУ ГНИИ ИТТ «Информика». - М.: ООО «Арт-Флэш», 2010 - С. 58-60.
9. S. Sendra, E. Granell, I. Climent, J. Lloret. A Remote Control System to Configure Network Devices UBICOMM 2012: The Sixth International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies, pp. 169-174, ISBN: 978-1-61208-236-3.
10. Терминальная Интернет Лаборатория [Электронный ресурс]: Учебный центр МИРЭА – Россия, [201-?] – Режим доступа: <http://www.it-train.ru/termilab>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. Рус.
11. Двоглазов Д.В., Дешко И.П. Архитектура и программная модель реализации дистанционного взаимодействия с комплексами учебного телекоммуникационного оборудования // Журнал «Дистанционное и виртуальное обучение. 2011. №1» - М.: СГУ, 2011 - С. 89-98.
12. Двоглазов Д.В. Программная модель обеспечения дистанционного внеполосного доступа к учебным телекоммуникационным устройствам // Научно-методический журнал «Информатизация образования и науки». №2 (10)/2011. – М.: ФГУ ГНИИ ИТТ «Информика», 2011 – С. 38-45.

13. The WebSocket Protocol. Режим доступа: <http://tools.ietf.org/html/rfc6455> (дата обращения 18.08.2015).
14. The RFB Protocol. Режим доступа: <http://www.realvnc.com/docs/rfbproto.pdf> (дата обращения 18.08.2015).
15. noVNC. Режим доступа: <https://kanaka.github.io/noVNC> (дата обращения 18.08.2015).
16. Дешко И.П., Кряженков К.Г. Лабораторный практикум как сервис в курсах по информационно-коммуникационным технологиям [Электронный ресурс] // Международный электронный научный журнал «Перспективы науки и образования», Воронеж: 2015. - №1 (13). – С. 70-74. – Режим доступа: https://pnojournalfiles.wordpress.com/2014/12/pdf_150111.pdf.
17. Двоеглазов Д.В., Дешко И.П., Кряженков К.Г., Тихонов А.А. Инфраструктура виртуальных рабочих столов на открытых программных продуктах // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №4 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/37TVN415.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/37TVN415.

Рецензент: Статья рецензирована членами редколлегии журнала.

Dvoeglazov Dmitry Victorovich

Moscow State University of Information Technologies, Radioengineering and Electronics
Russia, Moscow
E-mail: dvd@mirea.ru

Deshko Igor Petrovich

Moscow State University of Information Technologies, Radioengineering and Electronics
Russia, Moscow
E-mail: dip@mirea.ru

Kryazhenkov Konstantin Gennad'evich

Moscow State University of Information Technologies, Radioengineering and Electronics
Russia, Moscow
E-mail: konstantin@mirea.ru

Tikhonov Anatoly Alekseevich

Moscow State University of Information Technologies, Radioengineering and Electronics
Russia, Moscow
E-mail: anatoliy@mirea.ru

WebSocket technology usage in remote ICT labs access system

Abstract. An important components of today's blended distance learning environments for information and communications technology is a system that allows remote access to the hardware pods with educational equipment. Such system needs to offer full control of the studied devices and pods to the remote users.

Usage of java-applet based applications is one of the solutions for building remote access systems. This solution is well established and has proved itself in operation of TermILab and similar systems. Improvements in web technologies open new possibilities to implement more efficient remote access.

Using WebSocket protocol for data transfer allows to reach TCP-like efficiency within web-browser without the need install additional plugins and avoid potential problems with firewalls and informational security.

Shown diagram of operation for developed user application based on WebSockets, composition, and a brief description of its modules, the use of event-oriented architecture in the interaction of modules and other implementation details of remote ICT equipment access system TermILab.

Keywords: remote lab practice; TermILab system; Java-applet; RFB protocol; VT100; WebSocket; HTML5 language; ajax-requests; VNC client; event-oriented architecture.

REFERENCES

1. Blended Learning Environments [Elektronnyy resurs]: Elektron. tekstovaya dokumentatsiya / Charles R. Graham, Charles Dziuban, – Elektron. dan. – SShA, [200-?] – Rezhim dostupa: http://www.aect.org/edtech/edition3/ER5849x_C023.fm.pdf, svobodnyy. – Zagl. s ekrana. — Yaz. angl.
2. Learning by Experience. Rezhim dostupa: <http://www.go-lab-project.eu/frontpage> (data obrashcheniya 18.08.2015).
3. de Jong et al.: Innovations in STEM education: the Go-Lab federation of online labs. Rezhim dostupa: <http://www.slejournal.com/content/1/1/3> (data obrashcheniya 18.08.2015).
4. SIG Remote Labs and Online Experimentation. Rezhim dostupa: <http://ea-tel.eu/special-interest-groups/sig-remote-labs-and-online-experimentation/> (data obrashcheniya 18.08.2015).
5. Your Easy Access to Computer Networking Testbeds: A wide variety of world class testbeds available through your one account. Rezhim dostupa: <https://onelab.eu/> (data obrashcheniya 18.08.2015).
6. Klimovski, Dragi; Jones, Glyn and Cricenti, Antonio. Is It Worth Investing in Remote Online Network Accessible Laboratory Devices? // Proceedings of the 21st Annual Conference for the Australasian Association for Engineering Education. Sydney, N.S.W.: Engineers Australia, 2010: pp.132-137.
7. C. Caicedo, W. Cerroni Design of a Computer Networking Laboratory for Efficient Manageability and Effective Teaching // 39th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, San Antonio, TX, October 18-21, 2009.
8. Deshko I.P. Sistemy udalennogo dostupa k uchebnym telekommunikatsionnym kompleksam // Novye informatsionnye tekhnologii i menedzhment kachestva (NIT&QM'2010). Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii / Redkol.: A.N. Tikhonov (pred.) i dr.; FGU GNII ITT «Informika». - M.: OOO «Art-Flesh», 2010 - S. 58-60.
9. S. Sendra, E. Granell, I. Climent, J. Lloret. A Remote Control System to Configure Network Devices UBICOMM 2012: The Sixth International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies, pp. 169-174, ISBN: 978-1-61208-236-3.
10. Terminal'naya Internet Laboratoriya [Elektronnyy resurs]: Uchebnyy tsentr MIREA – Rossiya, [201-?] – Rezhim dostupa: <http://www.it-train.ru/termilab>, svobodnyy. – Zagl. s ekrana. – Yaz. Rus.
11. Dvoeglazov D.V., Deshko I.P. Arkhitektura i programmaya model' realizatsii distantsionnogo vzaimodeystviya s kompleksami uchebnogo telekommunikatsionnogo oborudovaniya // Zhurnal «Distantsionnoe i virtual'noe obuchenie. 2011. №1» - M.: SGU, 2011 - S. 89-98.
12. Dvoeglazov D.V. Programmaya model' obespecheniya distantsionnogo vnepolosnogo dostupa k uchebnym telekommunikatsionnym ustroystvam // Nauchno-metodicheskiy zhurnal «Informatizatsiya obrazovaniya i nauki». №2 (10)/2011. – M.: FGU GNII ITT «Informika», 2011 – S. 38-45.

13. The WebSocket Protocol. Rezhim dostupa: <http://tools.ietf.org/html/rfc6455> (data obrashcheniya 18.08.2015).
14. The RFB Protocol. Rezhim dostupa: <http://www.realvnc.com/docs/rfbproto.pdf> (data obrashcheniya 18.08.2015).
15. noVNC. Rezhim dostupa: <https://kanaka.github.io/noVNC> (data obrashcheniya 18.08.2015).
16. Deshko I.P., Kryazhenkov K.G. Laboratornyy praktikum kak servis v kursakh po informatsionno-kommunikatsionnym tekhnologiyam [Elektronnyy resurs] // Mezhdunarodnyy elektronnyy nauchnyy zhurnal «Perspektivy nauki i obrazovaniya», Voronezh: 2015. - №1 (13). – S. 70-74. – Rezhim dostupa: https://pnojournalfiles.wordpress.com/2014/12/pdf_150111.pdf.
17. Dvoeglazov D.V., Deshko I.P., Kryazhenkov K.G., Tikhonov A.A. Infrastruktura virtual'nykh rabochikh stolov na otkrytykh programmnykh produktakh // Internet-zhurnal «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №4 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/37TVN415.pdf> (dostup svobodnyy). Zagl. s ekrana. Yaz. rus., angl. DOI: 10.15862/37TVN415.