

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЧИ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННЫХ РЕСУРСОВ

В. А. Крисилов, Е. А. Писаренко, Ву Нгок Хуи
Одесский национальный политехнический университет

Аннотация. В работе разработаны модели для системы приемо-передачи информации, которые могут быть использованы в условиях ограниченных ресурсов. Для оценки качества разработанных моделей был проведен эксперимент с участием студентов кафедры системного программного обеспечения. В результате эксперимента, доказано, что качество процесса ППИ увеличилось на 97% за счет использования разработанных моделей.

Ключевые слова: дистанционное обучение, мобильное обучение, контент, прием данных, передача данных.

Введение

Благодаря стремительно развивающимся технологиям, все большая аудитория пользователей имеет возможность просматривать текст, изображения, видео, работать с мультимедиа в сети Интернет в реальном времени.

Но, все еще существует проблема отображения контента [1-5], в случае плохого канала связи или недостаточных характеристик устройств пользователей, что существенно сказывается на качестве воспроизведения информации: задержка изображения и его качество, отсутствие синхронизации видео и звука и т.п.

В последнее время исследования, разработка и применение методов и средств адаптации контента к характеристикам программно-аппаратных средств определенной системы приемо-передачи информации (СППИ) направлены на создание новых, более мощных, методов сжатия информации, новых протоколов приемо-передачи информации (ППИ), интеллектуальных средств анализа и динамической настройки процессов ППИ. Еще одним направлением является разработка более мощных аппаратных средств всех компонентов СППИ. Общим недостатком этих подходов является довольно значительные расходы на их реализацию. Кроме того, ряд решений являются специализированными и накладывают жесткие ограничения на использование конкретных программно-аппаратных конфигураций.

Но, такие решения, не могут применяться в большом количестве областей из-за их значительной дороговизны и сложности разработки. К ним относятся, довольно распространенные в настоящее время, торговля в Интернет или дистанционное/смешанное обучение [5-11].

© Крисилов В. А., Писаренко Е. А.,
Ву Нгок Хуи 2019

Поэтому необходимы эффективные, но при этом, бюджетные технические решения (т.е. приемлемые в условиях ограниченных ресурсов), как для передающей, так и для принимающей части СППИ.

Таким образом, исследование, направленное на разработку моделей системы приемо-передачи информации в условиях ограниченных ресурсов, является актуальным.

Целью данной работы является повышение качества процесса ППИ за счет разработки моделей системы приемо-передачи, в условиях ограничения ресурсов.

Для описания системы приема-передачи информации необходимо вначале рассмотреть представление пользователя и информационного ресурса.

1. Представление пользователя

Разделы сайта могут быть доступны не всем пользователям, так, например, для администраторов будет доступен один набор разделов, для авторизованных пользователей другой набор, и для неавторизованных пользователей будет доступно минимальное количество разделов. Исходя из этого было описано представление пользователя.

Пользователь k с точки зрения технических возможностей средств получения контента, предоставляемого информационным ресурсом, может быть представлен следующим образом:

$$k = \langle RD, tk \rangle, \quad (1)$$

где RD – модель приемной части СППИ, tk – тип пользователя с точки зрения прав доступа.

Необходимо обратить внимание на то, что в случае, когда администратор изменяет или добавляет разделы/информацию о пользователях и т.п. с помощью других устройств, а не непосредственно через серверное оборудование, то он

выступает в роли обычного пользователя, который взаимодействует с информационным ресурсом.

2. Модель принимающей части СППИ

Определение значений характеристик системы «клиент - канал связи - сервер» позволяет настроить ресурс таким образом, чтобы взаимодействие с ним было удовлетворительным для пользователя.

В зависимости от характеристик устройства, информация, предоставляемая пользователю, может отображаться по-разному. Поэтому были выделены устройства, используемые пользователем при прохождении дистанционного курса: стационарные компьютеры/ноутбуки, планшеты, смартфоны, телефоны.

Качество отображаемого контента зависит от: скорости ППИ, операционной системы принимающей стороны, программного обеспечения для показа контента (браузера), разрешения экрана.

Кроме того, характеристики устройств можно разделить по их значимости для этого взаимодействия: влияние на удобство взаимодействия и отображения информации (например, разрешения экрана пользователя), влияние на качество взаимодействия передающей и принимающей стороны (например, процессор, объем оперативной памяти устройства пользователя).

На основании этих данных была построена модель принимающей части СППИ:

$$RD = \langle tc, tg, os, srd, p, ms, b, ssb, v_{pp} \rangle, \quad (2)$$

где tc – тип соединения, доступный пользователю, tg – тип устройства, с помощью которого пользователь получает доступ к информации, os – операционная система пользователя, srd – разрешающая способность экрана устройства пользователя, p – процессор устройства пользователя, ms – объем памяти устройства пользователя, b – браузер, ssb – размер окна браузера, v_{pp} – скорость ППИ.

Тип соединения tc и тип устройства tg пользователя могут быть обозначены как фиксированные, если пользователь имеет возможность пользоваться только данным типом соединения или только данным типом устройства. $tc \in TC$, где TC – множество имеющихся вариантов типов соединения и $tg \in TG$, где TG – множество имеющихся вариантов устройств. Типичными вариантами соединения TC могут быть WAP, GPRS, модемная, спутниковая связь. Типичными вариантами устройств TG могут быть стационарный компьютер, ноутбук, план-

шет, смартфон. Важно то, что каждый из наборов TC и TG может расширяться и включать новые типы соединений или устройств, что в будущем потребует минимальных изменений в методе динамического формирования контента.

3. Представление информационного ресурса

Разрабатываемая система рассчитана на большое количество пользователей и предназначена для использования в сети Интернет. В зависимости от характеристик программно-аппаратных средств передающей части СППИ, передача информации может выполняться пятью способами. Рассмотрим их подробнее.

1. Непосредственно от предприятия пользователю (рис. 1)

Подобная архитектура свойственна большей части web-приложений и сервисов в сети Интернет. Каждый из вариантов является, по сути, применением технологии «клиент-сервер». При этом подходе создается выделенный web-сервер, который обслуживает запросы клиентов, сохраняет данные для управления состоянием клиентов и при необходимости выполняет синхронизацию данных между ними. Он отвечает за прием данных от каждого клиента, обработку и хранение, а при необходимости и распространение этих данных между другими пользователями системы. В этом случае все клиенты равноправны по распределению нагрузки и взаимодействуют исключительно с сервером.



Рис. 1. Расположение системы на одном сервере

Выделим основные отличия данного типа архитектуры:

- требуемая пропускная способность канала связи ВУЗе составляет порядка 75 Мбит/с;
- требуемая пропускная способность канала связи в удаленном подразделении составляет порядка 75 Мбит/с;
- не требуется установка дополнительного оборудования и ПО в удаленном подразделении;
- не требуется оплата услуг внешних центров вещания;
- простота настройки ПО на местах слушателей.

2. С помощью децентрализованного вещания на основе пиринговых сетей (рис. 2)

В этом случае ВУЗ транслирует несколько потоков данных высокого качества (2.5 Мбит/сек), а слушатели удаленного подразделения принимают один или несколько потоков видео, которые затем ретранслируют другим пользователям.



Рис. 2. Топология сети вещания на основе пиринговых сетей

Выделим основные отличия данного типа архитектуры:

- требуемая пропускная способность канала связи ВУЗе составляет порядка 25 Мбит/с;
- требуемая пропускная способность канала связи в удаленном подразделении составляет порядка 25 Мбит/с;
- требуется установка дополнительного ПО в удаленном подразделении;

- не требуется оплата услуг внешних центров вещания;
- сложность настройки ПО на местах слушателей.

3. С помощью специализированных центров вещания интернет-порталов для проведения вебинаров: Webinar.ru, SeaMedia.pro и пр. (рис. 3)

В этом случае ВУЗ транслирует единственный поток данных высокого качества (3 Мбит/сек), а интернет-портал принимает этот поток данных и ретранслирует его слушателям в требуемом качестве с помощью ретрансляционного сервера.



Рис. 3. Топология сети вещания с ретрансляцией в удаленном подразделении

Выделим основные отличия данного типа архитектуры:

- требуемая пропускная способность канала связи ВУЗе составляет порядка 2,5 Мбит/с;
- требуемая пропускная способность канала связи в удаленном подразделении составляет порядка 2,5 Мбит/с;
- требуется установка дополнительного оборудования в удаленном подразделении;
- не требуется оплата услуг внешних центров вещания;
- простота настройки ПО на местах слушателей.

4. С помощью интернет-порталов потокового вещания видео: YouTube.com, UStream.tv и пр. (рис. 4)

В этом случае ВУЗ транслирует единственный поток данных высокого качества (3 Мбит/сек), а удаленное подразделение или отдельные пользователи получают от внешнего сервиса поток данных в том качестве которое может обеспечить их канал связи.



Рис. 4. Топология сети вещания с внешним центром вещания

Выделим основные отличия данного типа архитектуры:

- требуемая пропускная способность канала связи ВУЗе составляет порядка 2,5 Мбит/с;
- требуемая пропускная способность канала связи в удаленном подразделении составляет порядка 75 Мбит/с;
- не требуется установка дополнительного оборудования и ПО в удаленном подразделении;
- требуется оплата услуг внешних центров вещания;
- простота настройки ПО на местах слушателей.

Разрабатываемая система должна реализовать механизм качественного отображения контента на всех типах устройств пользователя независимо от скорости передачи данных и характеристик устройства пользователя в реальном времени. В этих условиях для обеспечения обработки запросов и предоставления контента пользователю применение клиент-серверной технологии обоснованно считается лучшим вариантом архитектурного решения.

Информационный ресурс P , с точки зрения элементов, которые могут храниться и передаваться пользователю, может быть представлен следующим образом:

$$P = \langle I, K \rangle, \quad (3)$$

где I – базовая модель контента, K – множество зарегистрированных пользователей, $k \in K$ – пользователь.

4. Базовая модель контента

В модели учтены предшествующие разработки. Так, например, в [4-5, 11-12] введены цели учебного процесса и описаны виды контента, в [5] предложено формирование стиля обучения, основываясь на поведении студента, для определения адаптивности контента, в [13] предложено предъявлять материал пользователю, на основании специальной модели курса и базы знаний.

Базовая модель передаваемого контента содержит описание вида информации (текст, графика, мультимедиа), ее типа и формата, а также ее объема в байтах, что позволило в ходе апробации на примере учебного курса, который преподается с использованием ИТ, обоснованно формировать контент соответственно характеристикам СППИ.

$$I = \langle tp, d, C \rangle, \quad (4)$$

где tp – вид контента, который будет использоваться, в зависимости от характеристик пользователя, d – доступность раздела конкретному пользователю, C – контент.

Доступность раздела конкретному пользователю d определяется в зависимости от типа пользователя с точки зрения прав доступа tk , что определяется в модели пользователя k .

Контент C состоит из множества разделов сайта, каждый из которых может иметь некоторое количество элементов:

$$C = \sum_{i=1}^n R_i, \text{ где } R_i = \sum_{j=1}^m r_{ij}, \quad (5)$$

где R – множество разделов сайта, которые предоставляет информационный ресурс, $r \in R$ – элемент раздела R , i – индекс, который указывает, минимальное количество разделов, n – индекс, который указывает, максимальное количество разделов, j – индекс, который указывает, минимальное количество элементов в конкретном разделе, m – индекс, который указывает, максимальное количество элементов в конкретном разделе.

Элемент раздела r в общем случае можно представить следующим образом:

$$r = \langle tct, v_r, pr, sct, ct \rangle, \quad (6)$$

где $tct \in T$ – вид контента данного элемента, T – вид контента (видео, графика, текст и т.д.), v_r – рекомендуемая скорость ППИ для конкретного tct , pr – приоритет использования этого элемента с другими элементами при равном размере sct , sct – размер элемента содержания передаваемой информации в байтах, ct – содержательная часть элемента.

На основе базовой модели контента представим его модифицированный вариант для учебного курса, который преподается с использованием ИТ, где элемент раздела представляется в следующем виде:

$$r_m = \langle idct, di, tm, oz, tct, v_r, pr, sct, ct \rangle, \quad (7)$$

где $idct$ – идентификатор элемента содержания курса (ЭСК), di – курс, к которому принадлежит элемент ЭСК, tm – тема, к которой относится элемент ЭСК, oz – обязательность изложения, равен 1, если элемент ЭСК обязательный для просмотра и 0 в противном случае.

5. Модель СППИ

На рис. 5 представлена модель системы приемо-передачи информации с учетом представленных выше моделей.

На основе анализа текущего состояния пользователя, с помощью представлений информационного ресурса P и пользователя k , а также моделей RD и I , рассчитывается скорость v , а также содержание учебного материала, предоставляемого пользователю при запросе им учебного модуля по конкретному разделу R на время текущего сеанса.

В каждом сеансе работы рассчитываются характеристики системы приемо-передачи информации: операционная система – os , разрешающая способность экрана – srd , браузер – b , размер окна браузера – ssb , скорость – v_{pp} , по модели RD , для предоставления пользователю такого вида контента, который смогут воспроизвести программно-аппаратные средства, которыми он пользуется.

Из рисунка 5 видно, что базовая модель контента I используется на протяжении всей работы, а именно передачи данных между информационный ресурсом и пользователем, и служит связывающим узлом между ними.

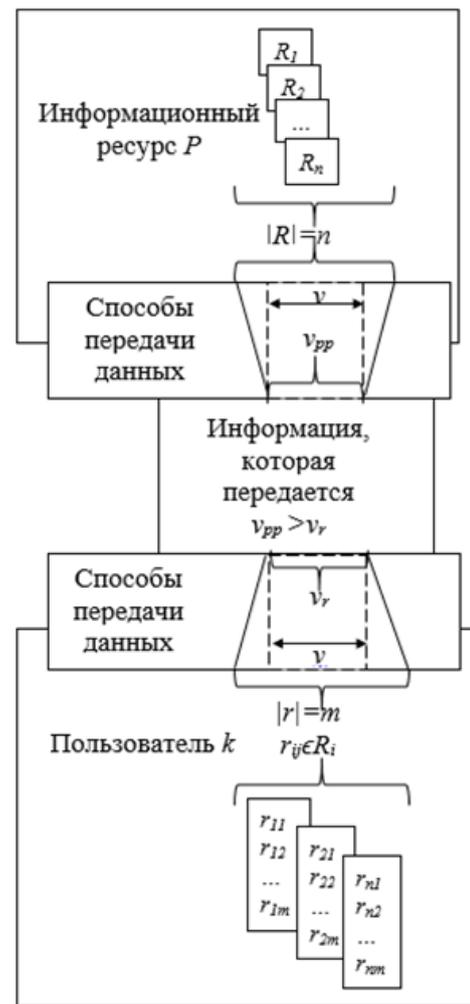


Рис. 5. Модель СППИ

Вывод

Разработаны модель СППИ, которая содержит минимально достаточное множество компонентов, обеспечивающих прием\передачу контента в условиях ограниченных ресурсов (бюджетные решения) и модель приемной части СППИ, которая содержит характеристики канала связи и программно-аппаратных средств пользователя.

Получила дальнейшее развитие базовая модель контента, которая позволяет описать определенный вид контента для передачи в реальном времени. Для корректного отображения информации на конкретных устройствах один и тот же контент представляется в различном виде (текст, графика, мультимедиа и т.д.). Пользователю предоставляется такой вид контента, который позволит воспроизвести его устройство в зависимости от характеристик СППИ в конкретном сеансе работы. Для определения характеристик СППИ используются специальные средства, учитывающие работу пользователя on-line.

Разработанные модели позволяют представить дистанционный курс таким образом, что

пользователь, который пытается обратиться к ресурсу, на котором расположен курс, с устройства с недостаточными характеристиками и/или при некачественном канале связи, все равно сможет просмотреть необходимый контент. При этом, контент будет принимать такой вид, который сможет воспроизвести устройство пользователя с учетом характеристик СППИ, которые определяются в каждом сеансе работы.

Для оценки качества разработанных моделей был проведен эксперимент с участием студентов кафедры системного программного обеспечения. 47% всей аудитории студентов, задействованных в эксперименте, начинали проходить дистанционный курс по выбранному предмету с помощью смартфонов или планшетов. После нескольких попыток обращения к ресурсу, на котором расположен курс, 80% студентов, которые работали с помощью мобильных устройств, переходили на использование ПК или ноутбуков из-за некачественного канала связи или недостаточных характеристик устройств.

После использования разработанных моделей все студенты смогли получить необходимую информацию по курсу с первого раза, которая отличалась только видом контента, (текст, видео и т.д.), при этом было зарегистрировано только 3% перехода студентами с мобильных устройств на ПК.

В общем случае, можно оценивать качество процесса ППИ, как процент пользователей, которые не покидают ресурс, на котором расположен курс, из-за задержки ППИ и качества воспроизведения контента. До использования информационной системы SDDC качество ППИ соответствовало 20%, после ее использования качество ППИ соответствует 97%. Таким образом, качество процесса ППИ увеличилась в 4.85 раза.

Разработанные модели позволяют пользователям получить необходимую информацию, а организациям предоставить ее, независимо от качества канала связи и характеристик устройств пользователей.

Список использованной литературы

1. Углев, В. А. Модель структурной адаптации электронных учебных курсов с помощью обучающего компьютерного тестирования [Текст] / Углев В. А., Устинов В. А., Добронетц Б. С. Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. Новосибирск. 2009. Т. 7 (2). с. 74–87
2. Адаптация контента для разных каналов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://modertrade.news/archives/1293>

3. Оптимизация крупного контента с адаптивных сайтов на мобильных устройствах. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vc.ru/23266-responsive-sites-on-mobile>

4. Крисилов, В. А.. Трехуровневая модель информационного учебного процесса [Текст] / В. А. Крисилов, Салех Аласвад. Холодильная техника и технология, № 4 (144), 2013, с. 99–102

5. Krissilov, V. Information model of distance learning system in terms of data communication in heterogeneous Internet networks [Text] / V. Krissilov, Ngoc Vu Huy, S. Zinovatna. Proceedings of Odessa Polytechnic University, Issue 1(54), 2018, pp. 62–68

6. Lyalina, Y. The interaction model in iLearning environments and its use in the smart lab concept [Text] / Lyalina Y., Langmann R., Krisilov V. International Journal of Online Engineering. 2011. Vol. 7 № 4. pp. 16–19.

7. Coursera. [Electronic Resource]. – Access Mode: www.coursera.org

8. Udacity [Electronic Resource]. – Access Mode: <https://www.udacity.com/>

9. Codecademy [Electronic Resource]. – Access Mode: <https://www.codecademy.com/>

10. MIT OpenCourseWare Electronic Resource]. – Access Mode: <https://ocw.mit.edu/index.htm>

12. Krisilov, V. Method of adapting content by the volume of transmitted information on the Internet [Text] / Krisilov V., Gorodnichaya K., Ngoc Huy Vu //2018 IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). - №2 – 2018. – с. 84–87.

13. Graf, S. Identifying Learning Styles in Learning Management Systems by Using Indications from Students' Behaviour [Text] / Graf S., Kinshuk T. C., Liu. In Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. 2008. 1-5 July. pp.482–486.

14. Delphinanto, Archi. Remote Discovery and Management of End-User Devices in Heterogeneous Private Networks [Text]/ Archi Delphinanto, Ben Hillen, Igor Passchier, Bas van Schoonhoven, Frank den Hartog. 6th IEEE Consumer Communications and Networking Conference – 2009 – pp. 1–5. Las Vegas, USA.

References

1. Uhlyev, V. A., Ustynov, V. A., Dobronets, B. S. (2009) “The model of structural adaptation of electronic training courses with the help of computer training testing” [Model' strukturnoyi adaptatsiyi elektronnykh navchal'nykh kursiv z dopomohoyu

navchal'noho komp'yuternoho testuvannya], Visnyk Novosybirskoho derzhavnoho universytetu. Seriya: Informatsiyni tekhnolohiyi. Novosybirsk. T. 7 (2). pp. 74–87

2. “Adaptation of content for different channels” [Adaptatsiya kontenta dlya raznykh kanalov], available at: <https://moderntrade.news/archives/1293>

3. “Optimization of large content from adaptive sites on mobile devices” [Optimizatsiya krupnogo kontenta s adaptivnykh saytov na mobil'nykh ustroystvakh], available at: <https://vc.ru/23266-responsive-sites-on-mobile>

4. Krisilov, V. A., Salekh Alasvad. (2013) “Three-level model of the information learning process” [Tryrivneva model' informatsiynoho navchal'noho protsesu]. Kholodyl'na tekhnika ta tekhnolohiya, № 4 (144), pp. 99–102

5. Krissilov, V., Ngoc Vu Huy, Zinovatna, S. (2018) “Information model of distance learning system in terms of data communication in heterogeneous Internet networks”. Proceedings of Odessa Polytechnic University, Issue 1(54), pp. 62–68

6. Lyalina, Y., Langmann, R., Krisilov, V. (2012) “Smart lab concept for different training modes as an extension of the remote lab”. 9th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), № 9, pp. 1–4

7. “Coursera”, available at: www.coursera.org

8. “Udacity”, available at: <https://www.udacity.com>

9. “Codecademy”, available at: <https://www.codecademy.com/>

10. “MIT OpenCourseWare”, available at: <https://ocw.mit.edu/index.htm>

11. Krisilov, V., Gorodnichaya, K., Ngoc Huy Vu (2018) “Method of adapting content by the volume of transmitted information on the Internet”//2018 IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). №2 pp. 84–87.

12. Graf, S., Kinshuk, T. C., Liu. (2008) “Identifying Learning Styles in Learning Management Systems by Using Indications from Students’ Behaviour”. In Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. 1–5 July, pp.482–486.

13. Delphinanto, Archi, Hillen, Ben, Passchier, Igor, Schoonhoven, Bas, Hartog, Frank. (2009) “Remote Discovery and Management of End-User Devices in Heterogeneous Private Networks”. 6th IEEE Consumer Communications and Networking Conference (11 Jan - 13 Jan. 2009), pp. 1–5. Las Vegas, USA.

MODEL OF RECEPTION AND TRANSMISSION SYSTEM IN CONDITIONS OF LIMITED RESOURCES

V. Krisilov, K. Pysarenko, Vu Ngoc Huy
Odessa National Polytechnic University

Abstract. *More and more users have the opportunity to work on the Internet in real time. But, there is still a problem of displaying content, in case of a poor communication channel or insufficient characteristics of user devices. This significantly affects the quality of information reproduction: image delay and its quality, lack of synchronization of video and sound, etc. Recently, research, development and application of methods and means of adapting content to the characteristics of software and hardware of a particular transmission and reception information system are aimed at creating new, more powerful, information compression methods, new transmission and reception information protocols, intelligent tools for analyzing and dynamically adjusting the processes of the transmission and reception information. Another direction is the development of more powerful hardware for all components of transmission and reception information system. A common disadvantage of these approaches is quite significant costs for their implementation. In addition, a number of solutions are specialized and impose severe restrictions on the use of specific software and hardware configurations. But, such solutions cannot be applied in a large number of areas because of their considerable high cost and complexity of development. Therefore, effective, but at the same time, budgetary technical solutions are necessary, both for the transmitting and receiving parts of the transmission and reception information system. The work has developed models for a system for receiving and transmitting information that can be used in conditions of limited resources. To assess the quality of the developed models, an experiment was conducted among students of the system software department. As a result of the experiment, it was proved that the quality of the process of receiving and transmitting information increased by 97% due to the use of the developed models.*

Keywords: *distance learning, mobile learning, content, receive data, transmit data*

МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ПРИЙОМО-ПЕРЕДАЧІ В УМОВАХ ОБМЕЖЕНИХ РЕСУРСІВ

В. А. Крисілов, К. О. Писаренко, Ву Нгок Хуї
Одеський національний політехнічний університет

Анотація. *Все більше користувачів має можливість працювати в мережі Інтернет в реальному часі. Але, все ще існує проблема відображення контенту, в разі поганого каналу зв'язку або недостатніх характеристик пристроїв користувачів. Це істотно позначається на якості відтворення інформації: затримка зображення і його якість, відсутність синхронізації відео і звуку тощо. Останнім часом дослідження, розробка і застосування методів і засобів адаптації контенту до характеристик програмно-апаратних засобів певної системи прийому-передачі інформації спрямовані на створення нових, більш потужних, методів стиснення інформації, нових протоколів прийому та передачі інформації, інтелектуальних засобів аналізу і динамічної настройки процесів прийому та передачі інформації. Ще одним напрямком є розробка більш потужних апаратних засобів всіх компонентів системи прийому та передачі інформації. Загальним недоліком цих підходів є досить значні витрати на їх реалізацію. Крім того, ряд рішень є спеціалізованими і накладають жорсткі обмеження на використання конкретних програмно-апаратних конфігурацій. Але, такі рішення, не можуть застосовуватися у великій кількості областей через їх значну дороговизну і складності розробки. Тому необхідні ефективні, але при цьому, бюджетні технічні рішення, як для передавальної, так і для приймаючої частини систем прийому та передачі інформації. В роботі розроблені моделі для системи прийому-передачі інформації, які можуть бути використані в умовах обмежених ресурсів. Для оцінки якості розроблених моделей був проведений експеримент серед студентів кафедри системного програмного забезпечення. В результаті експерименту, доведено, що якість процесу прийому-передачі інформації збільшилася на 97% за рахунок використання розроблених моделей.*

Ключові слова: дистанційне навчання, мобільне навчання, контент, прийом даних, передача даних

Получено 11.04.2019



Крисілов Віктор Анатольевич, доктор технічних наук, професор, зав. кафедри системного програмного забезпечення інститута комп'ютерних систем, Одеський національний політехнічний університет, просп. Шевченко, 1, Одеса, Україна, e-mail: krissilovva2014@gmail.com.

Victor A. Krisilov, Dr. of technical sciences, Professor, Head of the Department of the system software, Odessa national polytechnic university, Shevchenko ave, 1, Odessa, Ukraine, e-mail: krissilovva2014@gmail.com.

ORCID ID: 0000-0003-1092-6977



Писаренко Катерина Александровна, кандидат технічних наук, старший преподаватель кафедри системного програмного забезпечення інститута комп'ютерних систем, Одеський національний політехнічний університет, просп. Шевченко, 1, Одеса, Україна, e-mail: katherine.gorodnichaya@ukr.net.

Pysarenko Katherine – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of the system software, Odessa national polytechnic university, Shevchenko ave, 1, Odessa, Ukraine, e-mail: katherine.gorodnichaya@ukr.net

ORCID ID: 0000-0001-9573-9315



Ву Нгок Хуї, соискатель кафедри системного програмного забезпечення інститута комп'ютерних систем, Одеський національний політехнічний університет, просп. Шевченко, 1, Одеса, Україна, e-mail: vnh8503@yahoo.com.

Vu Ngoc Huy – aspirant of the Department of the system software, Odessa national polytechnic university, Shevchenko ave, 1, Odessa, Ukraine, e-mail: vnh8503@yahoo.com

ORCID ID: 0000-0003-0926-7185