

Костюк Михайло АнатолійовичАспірант кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки, orcid.org/0000-0003-0159-8289

Київський національний торговельно-економічний університет, Київ

**ПРОЄКТУВАННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ СЕРВЕРНОЇ ЧАСТИНИ
ДЛЯ АДАПТИВНОГО МОБІЛЬНОГО НАВЧАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА**

***Анотація** Розглянуто основні підходи до покращення персоналізації освіти в закладах вищої освіти з використанням адаптивних навчальних систем, які базуються на інформаційних технологіях. Підкреслено переваги та ефективність адаптивної системи навчання з використанням сучасних інформаційних технологій. Розроблено загальну схему побудови адаптивного мобільного навчального середовища засобами Інтернет-технології, яка має певну функціональну структуру – набір функціональних алгоритмів, які забезпечують взаємодію користувачів із системою завдяки варіантам використання і ролей в системі та внутрішньої логіки опрацювання даних. Враховуючи функціональні вимоги до створення адаптивного мобільного навчального середовища, виокремлено чотири основних типи користувачів (ролей) системи та проаналізовано прецеденти користування системою. Запропоновано систему розподілення користувачів, яка побудована за принципом ієрархічної структури. Відзначено, що для забезпечення найбільшої швидкості комунікації при синхронних HTTP запитах між сервісами необхідно використовувати протокол зв'язку GRPC. Звернуто увагу при проектуванні серверної частини адаптивного мобільного навчального середовища на правильне розгортання сервісів, при якому кожен запит заради забезпечення безпеки даних системи перевірятиме права доступу через сервіс аутентифікації та авторизації. Охарактеризовано адміністративну частину адаптивного мобільного навчального середовища, сервіс якої має бути максимально захищеним від зовнішніх атак. Окреслено особливу значущість серверів, що розгортають на собі сховища даних. Сховище даних серверної частини мобільного навчального середовища складається з реляційних баз на основі MS SQL Server, а також з документарної бази на основі MongoDB. З урахуванням можливостей середовища хостингу, побудовано узагальнену схему розгортання бекенд-сервісів адаптивного мобільного середовища. Оскільки проектування внутрішньої структури системи зазвичай відбувається на основі відносно відомих і прописаних алгоритмів, відзначено, що схема інфраструктури бекенду побудована на основі трьох алгоритмів, а саме: алгоритму аутентифікації та авторизації; алгоритмів взаємодії з файловою системою (збереження й отримання медійних даних); алгоритмів завантаження й аналізу виконаних завдань.*

Ключові слова: інформаційні системи; інноваційні інформаційні технології; адаптивне мобільне навчальне середовище; типи користувачів; локальні адміністратори; вебсервіс аутентифікації й авторизації; бекенд-сервіс; хостинг

Вступ

Основним підходом до покращення методів персоналізації освіти є використання адаптивних навчальних систем, які базуються на інформаційних технологіях. Використання сучасних інформаційних технологій у навчальному процесі дає змогу підвищити якість навчального матеріалу та підсилити освітні ефекти від застосування інноваційних педагогічних програм і методик, оскільки дає викладачам додаткові можливості для побудови індивідуальних освітніх траєкторій студентів [1–5].

Адаптивна система навчання з використанням інформаційних технологій має низку переваг:

- дає студентам широкі можливості вільного вибору власної траєкторії навчання в процесі набуття знань;
- припускає диференціальний підхід викладача до студентів;
- підвищує оперативність і об'єктивність контролю й оцінки результатів навчання;
- гарантує безперервний зв'язок у відносинах «студент–викладач»;
- сприяє індивідуалізації навчальної діяльності;
- сприяє розвитку в студентів продуктивних, творчих функцій мислення, росту інтелектуальних здібностей [6 – 8].

Проектування адаптивної мобільної навчальної системи – це процес, що спрямований на здійснення окреслених завдань у сфері навчання. Він враховує: педагогічну ідею, дидактичні закономірності, принципи, концепції, методології, можливості використання, індивідуально-типологічні особливості розвитку особистостей [9].

Застосування інформаційних технологій як засобу адаптивного мобільного навчання відбувається за інформаційно-навчальною, контрольно-корегувальною та діагностичною, дослідницькою та комунікативною моделями, викликаючи трансформацію пізнавального процесу та змінюючи діяльність як того, хто навчає, так і того, хто навчається; у межах нової освітньої парадигми використання інформаційних технологій.

Сучасний світ освітнього простору змінюється прискореними темпами, особливо в умовах глобального поширення пандемії, пов'язаної з COVID-19 та необхідністю переходу закладів вищої освіти на on-line навчання.

Саме тому проектування адаптивного мобільного навчального середовища для закладів вищої освіти набуває невідкладної необхідності й актуальності.

Короткий аналіз публікацій

Мобільному навчанню (mobile learning, MLearning) як сучасному напрямку розвитку систем дистанційного навчання із застосуванням мобільних телефонів, смартфонів, КПК, електронних книжок присвячені наукові роботи багатьох фахівців. Так, наприклад, Т. Георгієв характеризує його як «нову стадію розвитку електронного навчання» [10]. Цей напрям прослідковується також в дослідженнях з концептуального мобільного навчання М. Шарплеса, Дж. Тейлора, К. О'Маллі, Д. Кігана, Дж. Тракслера, Д. Абернати та ін. [11 – 13].

Аспекти мобільного освітнього середовища в історичному та сучасному ракурсі досліджували С. О. Семеріков, М. І. Стрюк, Н. В. Моїсеєнко, які довели, що мобільне навчання – це специфічний вид навчання, в якому сам навчальний процес є географічно та ситуаційно залежним. Мобільне навчання на сучасному етапі його розвитку можна визначити як підхід до навчання, за якого на основі мобільних електронних пристроїв створюється мобільне освітнє середовище, де студенти можуть використовувати їх як засіб доступу до навчальних матеріалів, розміщених в Інтернет, будь-де та будь-коли [14].

Отже, на сьогодні питання проектування адаптивного мобільного навчального середовища для вищої школи є дуже актуальним і потребує розроблення суттєво нових підходів.

Мета статті

Метою статті є окреслення аспектів проектування високотехнологічного адаптивного мобільного навчального середовища; розроблення загальної функціональної структури адаптивного мобільного навчального середовища, визначення особливостей її застосування.

Матеріали і методи

Матеріалами і методами проектування адаптивного мобільного навчального середовища є статті журналів, періодичних видань, матеріали тематичних науково-практичних конференцій. Дослідження було проведене із застосуванням загально-логічних методів і прийомів проектування.

Виклад основного матеріалу

Основою будь-якого програмного забезпечення є власне його функціональна структура – тобто набір функціональних алгоритмів, які забезпечують взаємодію користувачів із системою, а також внутрішню логіку опрацювання даних. Але насамперед для розуміння набору функціональних алгоритмів необхідно визначити основних користувачів.

Беручи за основу функціональні вимоги до створення адаптивного мобільного навчального середовища, а також події в світі з пандемією COVID-19, які ще більше підштовхнули до створення автономної системи взаємодії студентів та викладачів, нами визначено чотири основних типи користувачів (ролей) системи:

- глобальні адміністратори системи;
- локальні адміністратори від закладу вищої освіти;
- викладач;
- студент.

Для кожної ролі визначаємо прецеденти користування системою. за принципом ієрархічної структури, на чолі якої стоять глобальні адміністратори системи.

Глобальні адміністратори системи – це люди, які керуватимуть глобальними налаштуваннями системи, їм надані права на управління освітніми організаціями та їх користувачами, управління глобальними правами на будь-які функції системи, а також можливість реєстрації додаткових глобальних адміністраторів у системі.

Наступна сходинка в керуванні системою – адміністратори від закладів вищої освіти. Їх роль в системі – локальні налаштування для конкретного освітнього закладу. Тобто це люди, які працюють в конкретному університеті чи науковому інституті, і їх основні завдання це управління користувачами в рамках свого закладу (викладачами та студентами), управління предметами і додатковими налаштуваннями, що необхідні для правильного

функціонування системи в середині ЗВО. Окрім того, локальні адміністратори мають можливість в будь-який час зв'язуватися та співпрацювати з глобальними системними адміністраторами для запобігання та виявлення проблем із системою та її функціями.

Після локальних адміністраторів у рамках закладу вищої освіти слідує викладачі. Роль викладачів у системі є однією з найважливіших, оскільки саме від них залежить наповненість курсів, які будуть доступні в середині системи. Викладачі створюють on-line – матеріали лекцій, практичних занять, а також додаткових завдань для самостійної роботи студентів. Основним елементом будь-якого предмету, що буде створений викладачем в системі, є завдання для виконання, а також система їх оцінювання. Саме цьому викладач має присвятити найбільше часу під час заповнення своїх матеріалів. Окрім того, викладач здійснює постійний контроль над навчальним процесом своїх студентів.

Останньою сходинкою в системі за доступними можливостями всередині системи є студенти. Основною задачею студентів будь-якого закладу вищої освіти є вивчення нових матеріалів, повторення вивчених курсів, а також отримання практичних навичок при виконанні поставлених завдань. Отже, студент повинен мати можливість отримувати матеріали лекцій, практик, а також додаткових завдань для їх виконання та отримання оцінок. Взаємодія з іншими ролями в системі також

доступна студентам, а для досягнення будь-якої цілі вони мають можливість спілкуватися як письмово, так і on-line за допомогою партнерських сервісів, таких як Microsoft Teams, Viber, Telegram та ін.

Більш детально схема варіантів використання та ролей мобільного навчального середовища проілюстрована на рис. 1.

На основі описаних варіантів використання та ролей в системі адаптивного мобільного навчального середовища можна визначити основні інфраструктурні елементи, а саме:

- вебсервіс аутентифікації й авторизації;
- сервіс адміністративного керування;
- веб та фоновий сервіс повідомлень;
- медійний сервіс;
- користувацький сервіс;
- фоновий аналітичний сервіс;
- шина повідомлень (черга);
- додаткові сторонні сервіси (CDN, сервіси відправки Push та Email повідомлень).

Слід відзначити, що для забезпечення найбільшої швидкості комунікації при синхронних HTTP запитах між сервісами необхідно використовувати протокол зв'язку gRPC. А для забезпечення асинхронної комунікації використовується шина даних (черга), що своєю чергою допоможе зберегти повідомлення навіть у випадку, коли сервіс, що вичитує повідомлення, буде перебувати у стані простою.

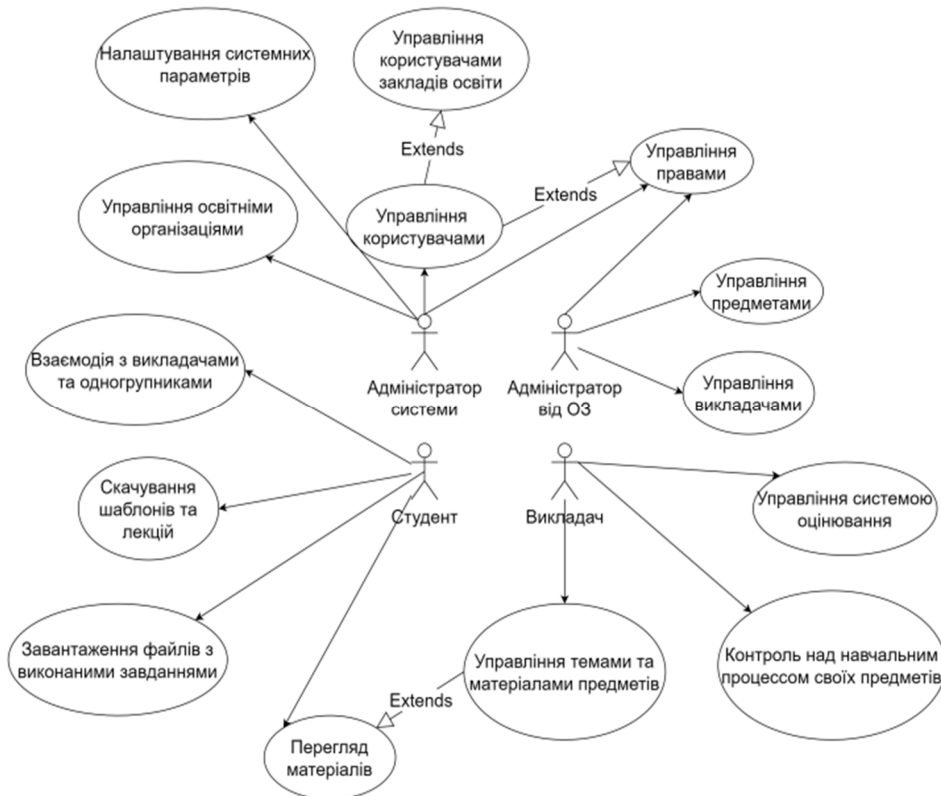


Рисунок 1 – Схема варіантів використання та ролей мобільного навчального середовища

GRPC – це сучасна високопродуктивна платформа RPC з відкритим кодом, яка може працювати в будь-якому середовищі. Вона створена для ефективного підключення служб в центрах опрацювання даних для забезпечення комунікації між ними та підключається для підтримки балансування навантаження, трасування, перевірки працездатності й аутентифікації. Це також застосовується в останній милі розподілених обчислень для підключення пристроїв, мобільних додатків і браузерів до серверних сервісів.

У GRPC клієнтська програма може безпосередньо викликати метод у серверній програмі на іншій машині, неначе це локальний об'єкт, що полегшує створення розподілених додатків і служб. Як і в багатьох системах RPC, GRPC базується на ідеї визначення служби, вказуючи методи, які можна викликати віддалено з їх параметрами і типами повернення. Серверна частина реалізує цей інтерфейс і запускає сервіс GRPC для опрацювання викликів клієнта. Клієнт своєю чергою має заглушку (яку в деяких мовах називають просто клієнтом), яка забезпечує ті самі методи, що і сервер.

Кожний системний сервіс своєю чергою реалізується у мікросервісному форматі. Як наслідок, за необхідності масштабування буде відбуватися лише тих сервісів, на які в конкретний момент часу буде припадати найбільше навантаження. При цьому майже кожен мікросервіс матиме свою базу даних (одну, а для деяких сервісів можуть бути задіяні також додаткові бази), яка своєю чергою буде також за необхідності масштабуватися за рахунок серверного оточення.

На основі всіх висунутих вимог, а також враховуючи всі особливості реалізації протоколів внутрішньої комунікації, була побудована загальна схема інфраструктури серверної частини. Ця схема інфраструктури серверної частини мобільного навчального середовища проілюстрована на рис. 2.

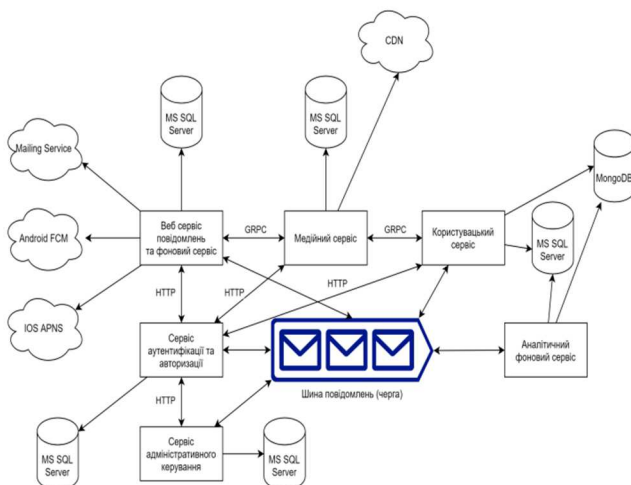


Рисунок 2 – Загальна схема інфраструктури бекенду мобільного навчального середовища

Оскільки інфраструктура серверної частини досить широка, вона працюватиме як «stand-alone backend». Буде задіяний єдиний серверний кластер для забезпечення різноманітної роботи набору клієнтських додатків для різних закладів вищої освіти. Тому доволі важливою вимогою при проектуванні серверної частини адаптивного мобільного навчального середовища є правильне розгортання сервісів.

Основним сервісом зовнішніх логічних операцій є користувацький вебсервіс, а це означає, що найбільша кількість запитів буде надходити саме на нього. Кожен запит заради забезпечення безпеки даних системи буде перевіряти права доступу через сервіс аутентифікації та авторизації. Отже, найбільш логічним рішенням є розміщення користувацького вебсервісу і сервісу аутентифікації й авторизації на одному сервері. У випадку, коли навантаження буде рости, масштабуватися будуть одразу два сервіси: як користувацький, так і сервіс аутентифікації й авторизації.

Адміністративну частину адаптивного мобільного навчального середовища також слід виокремити. Цей сервіс має бути максимально захищеним від зовнішніх атак, тому доступ до цього сервісу може бути гарантований лише за допомогою VPN. Для забезпечення висунутих вимог цей сервіс розгортається на виділеному сервісі з налаштованим на ньому VPN для організації доступу ззовні.

Вебсервіс повідомлень своєю чергою грає роль повністю відокремленого функціонального елемента, а тому за необхідності може бути повністю замінений іншою реалізацією. Більш того, сервісу повідомлень немає необхідності перебувати в тій самій підмережі, що й інші функціональні сервіси, а тому від нього буде винесено за межі функціональних сервісів.

Слід відзначити, що сервіс повідомлень додатково матиме також і частину функціоналу, що працюватиме у фоні. Для того щоб розвантажити частину вебсервісу, фоновий функціонал буде розгорнуто окремо за допомогою функцій (таких як AWS Lambda або Azure Function) на базі середовища хостингу.

Для забезпечення одноманітності підходу до розподілення сервісів, медійний сервіс розгортатиметься за схожою схемою, як і сервіс повідомлень, включаючи фонову частину сервісу, окрім одного моменту – цей сервіс буде перебувати в тій самій підмережі, що і користувацький сервіс, а тому комунікація між сервісами буде максимально швидка.

Особливу увагу необхідно приділити серверам, що розгортають на собі сховища даних. Сховище даних серверної частини мобільного навчального середовища складається з реляційних баз на основі

MS SQL Server, а також з документарної бази на основі MongoDB. Для розгортання баз даних слід використовувати готові рішення, що доступні в середовищі хостингу. Такі рішення дають змогу «з коробки» використовувати всі можливі оптимізації апаратного забезпечення для отримання максимальної продуктивності, крім того, такі сервери зазвичай вже мають попередньо налаштовані функції масштабування.

На основі описаних вище вимог і можливостей середовища хостингу побудована узагальнена схема розгортання бекенд-сервісів адаптивного мобільного середовища. Діаграма розгортання серверної частини мобільного навчального середовища проілюстрована на рис. 3.

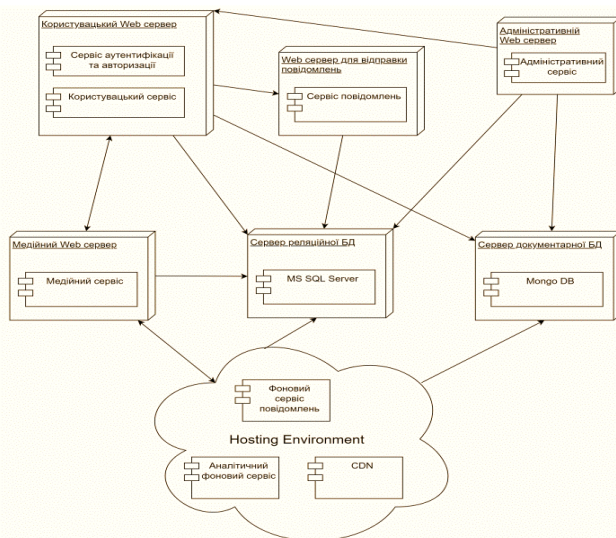


Рисунок 3 – Схема розгортання бекенду мобільного навчального середовища

Оскільки проектування внутрішньої структури системи зазвичай відбувається на основі відносно відомих (за деяких випадків проектування основні алгоритми можуть бути визначені після проектування основної інфраструктури) і прописаних алгоритмів, слід відзначити, що схема інфраструктури бекенду (а в результаті і схема розгортання) побудована на основі алгоритмів, а саме:

- алгоритму аутентифікації і авторизації;
- алгоритмів взаємодії з файловою системою (збереження й отримання медійних даних);

– алгоритмів завантаження й аналізу виконаних завдань.

Таким чином побудована архітектура допоможе вирішити основні проблеми проектування серверної інфраструктури, а саме: гнучкість до масштабування, розподілене розташування та захищеність мереж розгортання, а також повною мірою допоможе використовувати сервіси, що забезпечує середовище хостингу. А використання асинхронної комунікації дасть змогу опрацьовувати запити користувачів з більшою пропускну здатністю.

Висновки

Використання сучасних інформаційних технологій у навчальному процесі дає змогу підвищити якість навчального матеріалу і підсилити освітні ефекти від застосування інноваційних педагогічних програм і методик, оскільки дає викладачам додаткові можливості для побудови індивідуальних освітніх траєкторій студентів.

Сучасний світ освітянського простору змінюється прискореними темпами, особливо в умовах глобального поширення пандемії, пов'язаної з COVID-19 та необхідністю переходу закладів вищої освіти на on-line навчання.

Саме тому проектування адаптивного мобільного навчального середовища для закладів вищої освіти набуває невідкладної необхідності й актуальності.

На жаль, використання звичайних систем дистанційної освіти для досягнення найбільш ефективного процесу навчання молодих спеціалістів недостатньо. Тому пропонується автономна система взаємодії студентів і викладачів, яка забезпечить індивідуальний підхід до кожного зі студентів, а також забезпечить контроль отриманих знань.

Для цього пропонується загальна схема проектування інноваційної моделі комплексної системи адаптивного мобільного навчання за допомогою засобів Інтернет-технологій, яка має певну функціональну структуру – набір функціональних алгоритмів, які забезпечують взаємодію користувачів із системою завдяки варіантам використання і ролей в системі та внутрішньої логіки опрацювання даних.

Список літератури

1. Адаптивное обучение взрослых: дидактический и методический аспекты / под ред. Т. В. Корнер. Санкт-Петербург. ИОВ РАО, 2003. 120 с.
2. Власова Е. З. Адаптивные технологии обучения : монография – Санкт-Петербург: ЛГОУ, 1999. 126 с.
3. Волканова В. Сучасні технології навчання. *Історія та правознавство*. 2008. № 28 : Вкладка. С. 1–8.
4. Ловцов Д. Адаптивная система индивидуализации обучения. *Педагогика*. 2001. № 6. С. 24–28.
5. Мірошкіна Н. Адаптивна школа й можливості мережевого планування. *Біологія і хімія в школі*. 2005. № 5. С. 13–15.

6. Мухіна, Олена. Освітній процес у школі I ступеня за технологією адаптуючого навчання. *Початкова освіта*. 2008. № 45. С. 10–11.
7. Прудка О.В. Адаптивні та інтелектуальні системи для дистанційного навчання. *Актуальні проблеми економіки*. 2006. № 10. С. 184–189.
8. Ціник О. Адаптивно-розвивальне навчання на уроках. *Вивчаємо Українську мову та літературу*. 2007. № 7. С. 8–12.
9. Спірін О. М. Теоретичні та методичні засади професійної підготовки майбутніх учителів інформатики за кредитно-модульною системою : монографія. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2007. 300 с.
10. Georgiev T. Transitioning from e-Learning to m-Learning: Present issues and future challenges. *Proceedings of the Seventh ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking, and Parallel/ Distributed Computing (SNPD '06)*. – 19-20 June 2006. Las Vegas, 2006. P. 349-353.
11. Sharples M. A Theory of Learning for the Mobile Age / Sharples, M., Taylor, J., Vavoula, G. *The Sage Handbook of E-learning Research* / R. Andrews & C. Haythornthwaite (eds.). London : Sage, 2007. P. 21–47.
12. Traxler J. Defining, Discussing, and Evaluating Mobile Learning: The moving finger writes and having writ... [Electronic resource] / John Traxler. *The International Review of Research in Open and Distance Learning*. – 2007. – June, Volume 8, Number 2. – Mode of access : <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/346>.
13. Abernathy D. Get Ready for M-Learning. 2001. February. P. 20–21.
14. Стрюк М. І. Мобільність: системний підхід. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2015. Том 49. № 5. С. 37–70. <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/download/1263/955>. – DOI : 10.33407/itlt.v49i5.1263.
15. Костюк М. А. Сучасні тенденції інформатизації освітнього процесу *Science and Education a New Dimension* / М. А. Костюк, О. В. Криворучко. – Budapest: www.seanewdim.com, 2018. – (Natural and Technical Sciences). – С. 29–32.

Стаття надійшла до редколегії 05.11.2020

Kostiuk Mykhailo

Post-graduate student of the Department of Software Engineering and Cyber Security, orcid.org/0000-0003-0159-8289
Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv

INFRASTRUCTURE DESIGN OF THE SERVER PART OF THE ADAPTIVE MOBILE EDUCATIONAL ENVIRONMENT

Abstract. The articles consider the main approaches for improving the personalization of education in higher education institutions using adaptive educational systems based on information technology. The advantages and efficiency of the adaptive educational system with the use of modern information technologies are emphasized. The general scheme of construction of adaptive mobile educational environment by means of Internet technologies is developed, which has a certain functional structure - a set of functional algorithms that provide user interaction with the system that determines the use and role in the system and internal logic of data blocks. Listening to the functional requirements for creating an adaptive mobile educational environment, 4 main types of users (roles) of systems are identified and previous members of the system are analyzed. The system of distribution of users which is constructed on the principle of hierarchical structure is offered. It is likely that the GRPC communication protocol is required to ensure the highest communication speed for synchronous HTTP requests between servers. Pay attention to the development of server parts of the adaptive mobile educational environment on the correct deployment of services, with each request by ensuring the security of data access control system through service authentication and authorization. The administrative part of the adaptive mobile educational environment is described, the service of which should be as much as possible protected from external attacks. Of particular importance is the servers that deploy the most similar data. Find more data from the server part of the mobile educational environment for creating relational databases based on MS SQL Server, as well as a documentary database based on MongoDB. Considering the capabilities of the hosting environment, a generalized scheme of deployment of backend services of adaptive mobile environment is built. As a result of designing the internal structure of systems, there are basics of relatively known and prescribed algorithms, which indicate that the infrastructure scheme is based on three main algorithms, namely: the algorithm of authentication and authorization; algorithms for interaction with the file system (storage and retrieval of medical data); algorithms for downloading and analyzing completed tasks.

Keywords: information systems; innovative information technologies; adaptive mobile educational environment; user types; local administrators; web service of authentication and authorization; backend service; hosting environment.

References

1. Adaptive adult learning: didactic and methodological aspects. (2003). Edited by T.V. Korner. St. Petersburg : IOV RAO, 120.
2. Vlasova, E.Z. (1999). Adaptive educational technologies: Monograph. St. Petersburg : LGOU, 126.
3. Volkanova, V. (2008). Modern educational technologies. *History and Law*, 28, 1-8.
4. Lovtsov, D. (2001). Adaptive system of individualization of training. *Pedagogy*, 6, 24-28.
5. Miroshkina, N. (2005). Adaptive school and opportunities for network planning. *Biology and chemistry in school*, 5, 13–15.

6. Mukhina, Elena. (2008). Educational process in the school of the first degree on the technology of adaptive learning. *Primary education*, 45, 10–11.
7. Prudka, O.V. (2006). Adaptive and intelligent systems for distance learning. *Actual problems of economy*, 10, 184–189.
8. Tsinyk, O. (2007). Adaptive and developmental learning in the classroom. *We study the Ukrainian language and literature*, 7, 8–12.
9. Spirin ,O.M. (2007). Theoretical and methodical principles of professional training of future teachers of informatics in the credit-modular system. Zhytomyr: ZhSU Publishing House. I. Franko, 300.
10. Georgiev, T., Georgieva, E., & Trajovski, G. (2006). Transitioning from e-Learning to m-Learning : Present issues and future challenges. *Proceedings of the Seventh ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking, and Parallel/ Distributed Computing (SNPD '06)*. 19-20 June 2006. Las Vegas, pp.349–353.
11. Sharples, M., Taylor, J., Vavoula, G. (2007). A Theory of Learning for the Mobile Age. *The Sage Handbook of E-learning Research*. R. Andrews & C. Haythornthwaite (eds.). London : Sage, 21–47.
12. Traxler, J. (2007). Defining, Discussing, and Evaluating Mobile Learning: The moving finger writes and having writ. *Procc. The International Review of Research in Open and Distance Learning*, 8, 2. Mode of access : <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/346>.
13. Abernathy, D. (2001). Get Ready for M-Learning. *Training & Development*, 20-21.
14. Stryuk, M.I., Semerikov, S.O., Stryuk, A.M. (2015). Mobility: system approach. *Information technologies and teaching aids*, 49, 5, 37–70. Mode of access: <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/download/1263/955>. – DOI : 10.33407/itlt.v49i5.1263.
15. Kostyuk, M.A., Kryvoruchko, O.V. (2018). Modern trends in the informatization of the educational process. *Science and Education a New Dimension* Budapest: www.seanewdim.com, 29–32.

Посилання на публікацію

- APA Kostyuk, Mykhailo. (2020). Infrastructure design of the server part of the adaptive mobile educational environment. *Management of Development of Complex Systems*. Kyiv, 44, 84–90, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2020.44.84-90](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.44.84-90).
- ДСТУ Костюк М. А. Проектування інфраструктури серверної частини для адаптивного мобільного навчального середовища. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2020. № 44. С. 84 – 90, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2020.44.84-90](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.44.84-90).