

ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНИХ СХОВИЩ НАВЧАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

У статті розглянуто основні проблеми на шляху реалізації повторного використання навчальних об'єктів у вигляді розподіленої мережі інтероперабельних репозитаріїв.

Більшість вищих навчальних закладів України підтримують власне навчальне середовище, засноване на одній із популярних платформ типу LMS (Learning Management System), систем керування контентом CMS (Content Management System) чи, як правило, середовищами, що підтримують як редагування наповнення, так і керування процесом навчання LCMS (Learning Content Management System). LMS можуть бути як спеціалізованими, як, наприклад, інсталяції Cisco Network Academy, так і загального використання. Окрім того, до кожного навчального середовища можуть бути приєднані різні модулі, що пристосовують платформу до конкретних потреб курсу чи навчального закладу в цілому. Найбільшою популярністю сьогодні користуються платформи Moodle [1], ILIAS [2], Sakai [3], ATutor [4], OLAT [5] та інші.

Головна мета таких платформ – забезпечення комунікації між викладачами та студентами, а також організація підтримки електронними матеріалами та системами оцінювання для контролю успішності.

Електронні матеріали є потужним засобом побудови навчального процесу синхронного та асинхронного типів. Будучи оформленими у вигляді впорядкованого набору файлів із метаданими, вони є гранулярними модулями, з яких може бути динамічно побудовано курс або ж елемент курсу. Такі навчальні об'єкти (learning objects) мають величезний потенціал повторного використання в різних конфігураціях навчального процесу або окремого курсу. Проте реалізація ефективного повторного використання передбачає активний обмін навчальними об'єктами між усіма учасниками процесу. Більшість сучасних навчальних середовищ сьогодні є закритими з точки зору академічного обміну матеріалами, і завдання перенесення даних між навчальними середовищами, як правило, вирішуються вручну, особливо, якщо йдеться про гетерогенну мережу. Проблема обміну навчальними об'єктами між

різними середовищами прийнято називати проблемою інтероперабельності.

Незважаючи на те, що сьогодні International Organization for Standardization (ISO), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Advanced Distributed Learning (ADL), IMS Global Learning Consortium (IMS GLC) та інші консорціуми пропонують готові специфікації для побудови інтероперабельних сховищ навчальних матеріалів, наукова спільнота не припиняє працювати над аспектом упровадження та адаптації запропонованих стандартів до потреб конкретних освітніх закладів. Здебільшого, ряд питань стосується ефективного знаходження та доставки навчальних об'єктів, а також спільної роботи над розробкою.

Визначення інтероперабельності

Повернімося до власне визначення інтероперабельності в контексті розподілених навчальних середовищ. Інтероперабельні – це такі системи, у яких відмінності між протоколами не заважають виконанню задач із повноцінного обміну даними, власне навчальними матеріалами [6]. Визначимо інтероперабельність на рівні доступу та семантичної значущості. **На рівні доступу** – це можливість доступу до даних через уніфікований інтерфейс. **На рівні семантичної значущості** – це можливість кожної з платформ-учасників належно отримати та обробити дані, у нашому контексті – навчальні об'єкти.

Модель відкритої взаємодії інтероперабельної мережі навчальних сховищ включає такі рівні [7]:

1. Транспортний рівень. Можливі реалізації включають HTTP, SOAP, XML-RPC, UDP Peer-to-peer тощо.

2. Рівень комунікації. Протоколи ECL, OAI, POOL.

3. Рівень метаданих. IMS Content Package, CanCore, Dublin Core.

4. Рівень онтологій та словників для метаданих.

Передумовою для побудови ефективного інтегрованого сховища є формалізація освітніх матеріалів у вигляді онтологій предметних доменів (RDF, OWL), навчальних об'єктів (IMS CP, SCORM) та педагогічних методів (IMS Simple Sequencing, IMS Learning Design). Власне контентну модель [8] можна розглядати як набір таких стандартизованих сутностей:

1. **Контент-фрагменти** – власне базова форма навчальних матеріалів у формі тексту, аудіо та відеоматеріалів.

2. **Контент-об'єкти** – множини контент-фрагментів, пов'язані певною логічною структурою (веб-сайт, відеоряд).

3. **Навчальні об'єкти** – агрегований набір контент-об'єктів, що має метадані, чітку мету та послідовність застосування.

Основні два підходи до побудови інтегрованих сховищ та їхніх мереж різняться архітектурою вищого рівня: централізована клієнт-серверна архітектура чи розподілена peer-to-peer мережа. Кожна з моделей має підтримувати: структурну модель опису навчальних матеріалів, модель опису метаданих, специфіковані механізми обміну даними, програмні інтерфейси та рекомендації, відкритий ASP-сервіс, а також наявність готового продукту чи ресурсу для кінцевих користувачів. До найвідоміших ініціатив належать Edutella, eduSource, Open Knowledge Initiative (OKI) [9], POOL, а також інші проекти, що надають рекомендації та додатковий інструментарій: SQI, фреймворк Learning Object Interoperability (LORI), Content Object Repository Discovery and Resolution Architecture (CORDRA), група ініціатив ZING тощо.

Централізована клієнт-серверна архітектура

У першому підході централізований сервер являє DRI-сумісний сервіс, що забезпечує базові функції репозитарію: збереження, пошук, доставку, сповіщення. Репозитарій має відкритий інтерфейс, що реалізовує SOAP-обмін повідомленнями та пакетами. Основні переваги централізованого підходу: швидка індексація та доставка ресурсів. Для певних спеціалізованих цілей допускаються також розширення IMS DRI специфікацій і використання альтернативних XQuery-запитів, серед яких розглянемо SRW / SRU та SQI.

Випущений у лютому 2004 року Search / Retrieval Web Service (SRW) та Search / Retrieval by URL є стандартним протоколом пошуку на основі семантики Z39.50. SRU відрізняється від SRW лише транспортним протоколом: SRU ви-

користує стандартні HTTP form-запити, тоді як SRW – протокол повідомлень SOAP. Обидва використовують мову Common Query Language (CQL), яка є формальною мовою для опису індексів веб, бібліографічних каталогів та музейних колекцій. SRW / SRU має специфікацію протоколу, що дає змогу розробникам сховищ реалізовувати відповідні сервіси пошуку.

Simple Query Interface (SQI) є сумісною розробкою консорціуму CEN / ISSS та європейської програми proLearn, головна мета якої – досягнення інтегрованості. SQI дає змогу використовувати уніфікований інтерфейс для доступу, таким чином створюючи можливість побудови однорідної мережі навчальних репозитаріїв. Сьогодні існують два типи реалізацій даного протоколу: за допомогою веб-сервісів та на базі технології Java Message Service.

Нині однією з найбільш популярних ініціатив із реалізації інтерфейсів DRI є Open Knowledge Initiative (OKI) Массачусетського технологічного університету. Проте незважаючи на те що дві установи, MIT та IMS, співпрацювали разом, OKI створила власний набір інтерфейсів інтегрованості Open Service Interface Definition (OSID), таким чином відхилившись від оригінальної концепції DRI. Згодом дослідницький центр електронного навчання в Кембріджі (CARET) спробував реалізувати сумісність DRI-OKI, однак пізніше визнав таке завдання складним [10]. Відкрита архітектура OKI являє набір інтерфейсів, що специфікують, як компоненти репозитарію спілкуються між собою та іншими можливими сервісами. Інтерфейси специфікують як базові аспекти репозитарію (автентифікація та інтегрованість репозитаріїв), так і аспекти навчального процесу оцінювання та керування курсом. OKI OSID є вдалим рішенням, що дає змогу реалізовувати сервісно-орієнтовану архітектуру, чітко відмежувати інтерфейси від реалізації та покращити повторне використання окремих компонентів репозитарію.

Архітектура розподіленого середовища

Альтернативний підхід використав проект EduSource – сьогодні один із найбільш розповсюджених протоколів для організації розподілених інтегрованих мереж репозитаріїв. Головна мета – створення відкритої мережі для користувачів, навчальних організацій та комерційних компаній. Модель взаємодії учасників мережі ґрунтується на протоколі EduSource Communication Layer, що забезпечує основні функції відповідно до специфікацій IMS DRI.

ECL реалізує рекомендації стосовно використання XQuery в якості мови запитів для пошуку, а також SOAP як транспортний протокол. Проте протокол є складним у реалізації, а отже, перед розробниками була поставлена задача спростити механізм під'єднання нових репозитаріїв до мережі. Було запропоновано два підходи: ECL Connector та ECL Gateway.

Перший полягає в спрощенні вимог до реалізації функцій ECL за допомогою компонента ECL Connector, що дає змогу розробникам репозитарію реалізовувати лише ті функції, які вони хочуть використовувати в мережі. Компонент також спрощує синхронізацію функцій у разі еволюціонування протоколу ECL, частково реалізуючи його за допомогою патерну розробки Адаптер. Таким чином, розробникам репозитарію не потрібно заново реалізовувати базові функції ECL, достатньо лише оновити власне бібліотеку новою версією конектора.

ECL Gateway передбачається як окремий сервер у мережі, що здатен приймати та належно обробляти запити з інших мереж, таких як Open Archive Initiative (OAI) чи National Science Digital Library, в запити ECL. Головна перевага такого підходу полягає в повному контролі змін у зовнішніх протоколах та відсутності необхідності оновлення програмного забезпечення у сховищах зовнішніх учасників мережі. У разі великого навантаження на мережу можна розмістити кілька шлюзових серверів, що обслуговуватимуть як один певний протокол, так і кілька.

EduSource ECL та OKI OSID відображають

два різні підходи до організації функцій навчального репозитарію для доступу до розподіленої мережі. ECL пропонує повний інструментарій та програмне забезпечення middleware, тоді як OSID забезпечує інтероперабельність на рівні уніфікованих програмних інтерфейсів. Вдалою спробою об'єднати ці два підходи є розроблення OKI / ECL компонента в рамках спільного проекту LionShare, що усуває проблему взаємного відображення функцій ECL та інтерфейсів OKI. Таким чином репозитарії, що мають реалізовані інтерфейси Digital Repositories OSID (DR OSID), можуть використовувати компонент OKI/ECL для виконання базових операцій у мережах eduSource. Сьогодні LionShare [11] є успішним проектом зі створення p2p мережі, а також інструментарію для пошуку, доставки та простого розміщення й індексації навчальних об'єктів.

Інший із підходів до організації розподіленого навчального репозитарію у вигляді peer-to-peer мережі [12] запропоновано раніше проектом POOL [13]. Головна перевага такого підходу – це наближення власне навчального об'єкта до потенційного автора та користувача. Адже у використанні централізованого сервера автор має бути постійно онлайн для можливості завантажити оновлені метадані чи вміст редагованого навчального пакету. Для обміну інформацією в ієрархічно розташованій розподіленій мережі використано пакет JXTA та розроблено власний протокол обміну запитом CanCore. Ієрархічність передбачає наявність великих сховищ POOL Central та менших POND та SPLASH.

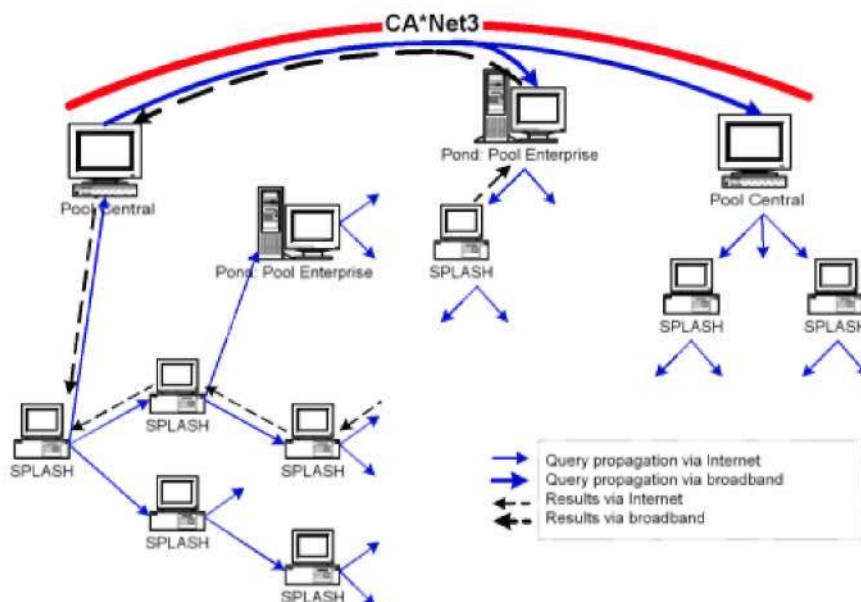


Рис. 1. Архітектура POOL мережі

Власне SPLASH є простим застосуванням, до якого належать інструментальні засоби зі створення метаданих, власне інтерфейс локального сховища та клієнт для доступу до POOL мережі (рис. 1).

З огляду на сучасні тенденції глобалізації обміну даними, найбільш цікавою для вивчення та впровадження є архітектура peer-to peer мережі на базі інструментарію OKI/ECL. Вона дає змо-

гу не лише швидко та недорого нарощувати глобальний навчальний репозиторій, а й значно сприяє залученню зацікавлених установ до обміну академічними матеріалами. Згідно з результатами порівняльного аналізу [7] у табл. 1, випливає, що ECL підтримує більшість сучасних аспектів керування інтелектуальними артефактами (знаками запитання позначено відсутність інформації щодо даного аспекту).

Таблиця 1. Порівняння інфраструктур навчального репозитарію: підтримка архітектурних аспектів

| Аспект | ECL | SQI | OKI | SRW/SRU |
|--------------------------------------|-----|-----|-----|---------|
| Підтримка кількох мов запитів | + | + | – | – |
| Єдина серверна мова запиту | + | – | + | + |
| Трансформація запитів | + | – | – | – |
| Трансформація LOM | + | ? | – | ? |
| Підтримка IMS CP | + | + | + | ? |
| Підтримка IMS DRI | + | ? | + | ? |
| Кросплатформенність | + | + | – | + |
| Реєстр сервісів для формування мереж | + | ? | – | ? |
| Асинхронність | + | + | – | – |
| Інтероперабельність | + | + | + | + |

Проте розглянемо детальніше, які саме сервіси має надавати реалізований репозитарій з підтримкою інтероперабельності. У табл. 2 наведено набір ECL-сервісів, що має бути реалізованим згідно з вимогами специфікації DRI. Оскільки однією з головних переваг DRI є підтримка асинхронних повідомлень, усі сервіси

розподілено на клієнтські та серверні. Серверні сервіси головним чином використовують базові функції репозитарію, такі як, наприклад, пошук, збереження та доставка. Клієнтські сервіси є точками повернення відповідей на запит до сервера (callback).

Таблиця 2. Базові сервіси ECL/DRI

| Сервіс ECL | Опис |
|----------------|--|
| Expose | Клієнтський SOAP-сервіс, що використовується в асинхронній передачі повідомлень. Сервіс викликається іншими репозитаріями для повернення відповідей для сервісів Search, Gather, Alert |
| Gather | Даний SOAP-сервіс розташований на метарепозітаріях і дає змогу збирати та агрегувати метадані з інших сховищ для подальших функцій пошуку та агрегування навчальних об'єктів |
| Gateway Gather | В ECL даний сервіс використовують для створення Gather запитів до репозитаріїв, що розташовані поза мережею eduSource. За замовчуванням, результати конвертуються у формат IEEE LOM або лишаються у форматі зовнішнього репозитарію. У використанні сервісу також необхідно зазначити тип репозитарію та протокол обміну повідомленнями, наприклад Z39.50 чи OAI |
| Search | Пошук є SOAP-сервісом, що реалізовується серверною частиною сховища навчальних матеріалів. ECL-реалізація використовує рекомендовану DRI мову XQuery. Проте, якщо сховище не підтримує повністю XQuery запити, використовують визначений набір шаблонів. Репозитарії, що надають сервіс пошуку, мають зазначити перелік підтримуваних шаблонів XQuery чи вказати на можливість повноцінної обробки запит |
| Alert | Цей клієнтський SOAP-сервіс дає змогу повідомляти мета-репозитарії про наявність релевантних метаданих для виконання Push Gather функції згідно з рекомендаціями DRI |

Закінчення таблиці 2

| Сервіс ECL | Опис |
|------------|---|
| Submit | Даний сервіс дає можливість клієнтам розмістити навчальний об'єкт та метадані у репозитарії. За першим викликом сервісу клієнти мають змогу дізнатися, за яким протоколом вестимуть передачу даних – це може бути як SOAP-виклик, так і завантаження за FTP |
| Store | Клієнтський сервіс використовується сервером для асинхронного обміну повідомленнями й повертає результат виконання Submit |
| Request | Є SOAP-сервісом, що реалізується на сервері і отримує запити на виконання доставки навчальних пакетів. Доставка пакетів відбувається за допомогою протоколів SOAP чи FTP |
| Deliver | В асинхронному обміні повідомленнями цей сервіс викликається сховищами для повернення результатів виклику Request |

Повертаючись до моделі відкритої взаємодії репозитаріїв, зазначу найбільш вдалу, на мій погляд, комбінацію технологій:

1. **Транспортний рівень** – веб-сервіси на базі SOAP.

2. **Рівень комунікації** – нативний протокол ECL.

3. **Рівень метаданих** – IMS Content Package та SCORM.

4. **Рівень онтологій** на даному етапі залежить виключно від розробників власне навчальних пакетів, проте в пошуку та агрегації метаданих застосовуватиметься IEEE LOM або IMS Vocabulary Definition Exchange (VDEX).

У статті розглянуто основні проблеми на шляху реалізації повторного використання навчальних об'єктів у вигляді розподіленої мережі інтероперабельних репозитаріїв. Незважаючи на ряд організаційних проблем, пов'язаних із втіленням рекомендованих специфікацій відомих консорціумів, такі ініціативи та продукти, як EduSource ECL, OKI OSID та LionShare, пропонують розробникам достатній інструментарій для розроблення власного репозитарію чи підключення існуючого сховища навчальних об'єктів до

академічних мереж. Обираючи тип архітектури, необхідно керуватись рівнем гнучкості пропонованого інструментарію для реалізації таких важливих аспектів інтероперабельності, як підтримка уніфікованих форматів передачі метаданих, асинхронність та кросплатформенність. Також від конкретних цілей певної спільноти залежить обрання типу середовища: мережі централізованих репозитаріїв чи змішаної P2P. Перша краще підходить для великих освітніх закладів, що бажають централізовано та керовано поширювати матеріали. Друга – для хаотичних спільнот, котрі утворюють неконтрольовані групи інтересів та мають змогу вільно обмінюватись навчальними об'єктами.

Зрештою зазначу, що навчальний заклад має бути готовим виконати дві основні вимоги, якщо бажає ефективно займатись поширенням навчальних матеріалів [13]. Спільнота має відповідати за створення та супровід **метаданих** та онтологій, що використовуються, а також бути готова до вільного поширення навчальних матеріалів та підтримувати єдину **онтологію** для ефективного автоматичного оброблення навчальних пакетів.

1. Moodle – a Free, Open Source Course Management System for Online Learning. Від 28 листопада 2007 року на <http://moodle.org/>.
2. ILIAS Open Source LMS. Від 20 листопада 2007 року з <http://www.ilias.de/>.
3. Sakai: Collaboration and Learning Environment for Education. Від 25 листопада 2007 року з <http://sakaiproject.org/>.
4. ATutor is an Open Source Web-based Learning Content Management System (LCMS/LMS) Designed with Accessibility and Adaptability in Mind. Від 28 листопада 2007 року з <http://www.atutor.ca/>.
5. OLAT – Open source LMS. Від 28 листопада 2007 з <http://www.olat.org/website/en/html/index.html>.
6. Christian E. (1994). The Government Information Locator Service (GILS): Report to the Information Infrastructure Task Force. IITF Committee on Information Policy. Від 26 лютого, 2007 з <http://www.gils.net/gils.doc>.
7. Hatala M., Richards G., Thorne S., Merriman J. Closing

- the Interoperability Gap: Connecting Open Service Interfaces with Digital Repository Interoperability.– Lugano: EduMedia, 2004.
8. Verbert K., Duval E. Towards a Global Architecture for Learning Objects: a Comparative Analysis of Learning Object Content Models. In Proceedings of the ED-MEDIA 2004 World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications.– Lugano: AACE, 2004.– P. 202–209.
9. OKI (2004). Open Knowledge Initiative, retrieved March 16, 2006 from <http://web.mit.edu/oki/>.
10. Dalziel J. Open Standards Versus Open Source in E-Learning: The Easy Answer May not be the Best Answer // Educause Quarterly.– 2003.– № 4.
11. LionShare Project. Від 28 листопада 2007 року з <http://lionshare.psu.edu/>.
12. Nejdil W., Wolf B., Qu C., Decker S., Sintek M., Naeve A., Nilsson M., Palmer M., Risch, T. EDUTELLA: a P2P

- Networking Infrastructure based on RDF. In Proceedings of the 11th World Wide Web Conference.— Hawaii, 2002.— P. 604–615.
13. *Hatala M., Richards G.* Making a SPLASH: A Heterogenous Peer-to-peer Learning Object Repository. Proceeding of WWW 2003, May 20–24.— Budapest, 2003.

V. Yatsevskiy

**BASIC APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF THE INTEROPERABLE
LEARNING MATERIALS' DEPOSITORIES**

This article reflects on the basic problems on the way to realization of the teaching objects' recycling in the form of a distributed network of interoperable depositories.