

Andrzej Cader*, Krzysztof Przybyszewski*

Rozproszone platformy e-nauczania

1. Wprowadzenie

Jednym z aspektów rozwoju społeczeństwa informacyjnego jest ogromny rozwój potrzeb edukacyjnych. Z jednej strony nowoczesne technologie w sferze ich wytwarzania, jak i użytkowania wymagają coraz większej wiedzy i umiejętności, a z drugiej strony pozwalają zwiększyć efektywność i poziom nauczania. Te dwa wzajemnie wzmacniające się mechanizmy wykreowały, nie tylko w krajach rozwiniętych, ale również rozwijających się, niebywały boom edukacyjny. Moda, a nawet przymus edukowania się na poziomie studiów wyższych doprowadziły do sytuacji, w której struktury organizacyjno-kadrowe szkolnictwa wyższego w wielu krajach stały się nieadekwatne do potrzeb. Powstała luka zaczęły wypełniać nowe formy i metody kształcenia oparte na technologiach informatycznych pozwalających znacząco zwiększyć efektywność kształcenia przy zachowaniu odpowiednio wysokiego poziomu.

Metody i narzędzia e-learningu wspierają znacząco nauczanie w dwu najbardziej istotnych wymiarach – w obszarze organizacyjnym; tzw. systemy LMS (*Learning Management Systems*) oraz w sferze merytorycznego kształtowania procesu nauczania; systemy LCMS (*Learning Content Management Systems*) [1, 7, 8]. Systemy LMS umożliwiają zarządzanie studentami poprzez tworzenie klas wirtualnych, planowanie działań edukacyjnych, nadzór nad aktywnością studentów i śledzenie postępów. Systemy te pozwalają zarządzać zasobami, w szczególności materiałami elektronicznymi do nauczania oraz ich udostępnianiem na podstawie statusu studenta i jego postępów w przyswajaniu wiedzy. Proces nauczania organizowany jest poprzez strukturę modułową jednostek przekazywanej wiedzy – tzw. kursy elektroniczne udostępniane w sieci Internet. Kolejowanie kursów odbywa się w oparciu o ocenę pozyskanych przez studenta umiejętności i kompetencji. Możliwe jest przy tym personalizowanie indywidualnej ścieżki kształcenia poprzez adaptację struktury kursów. Systemy LMS wykorzystują również zewnętrzne źródła wiedzy, które spajane są z podstawowymi materiałami kursów.

* Instytut Technologii Informatycznych, Społeczna Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Zarządzania w Łodzi

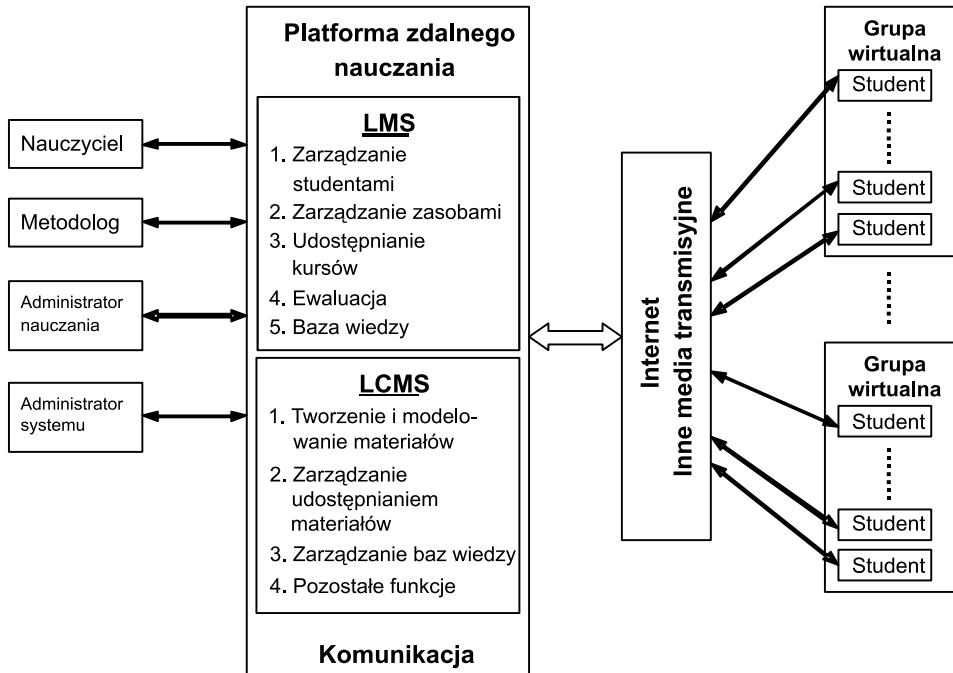
Systemy LCMS stanowią uzupełnienie systemów LMS w obszarze tworzenia materiałów dydaktycznych i zarządzania nimi. Koncentrują się one na merytorycznej treści tych materiałów w oparciu o technologię modułów wiedzy, tzw. Learning Objects. Istotą tej technologii jest oparcie się na predefiniowanych formatach i wzorcach z uwzględnieniem zastosowania każdego modułu w różnych kontekstach (dla różnych kursów). Przy czym zawartość merytoryczna jest oddzielona od reprezentacji danych. Technicznie Learning Objects konstruuje się tak, by były one niezależne od wykorzystywanej platformy e-learningowej czy systemu operacyjnego. Wykorzystuje się do tego celu standardy metadanych i metodę znaczników, najczęściej w technologii XML lub RDF. Struktura Learning Objects oparta jest na pewnych standardach wynikających z ogólnych, pedagogicznych teorii nauczania. Do najważniejszych standardów w tym zakresie należy model referencyjny SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*) oraz standard IEEE LOM (*IEEE Learning Object Metadata*). O ile LOM opisujący syntaktykę i semantykę metadanych Learning Objects nie odnosi się do żadnego konkretnego sposobu zapisu, to SCORM opiera się na specyfikacji XML [3].

Podstawowym założeniem wykorzystywanym w ramach SCORM jest sekwencyjne konstruowanie ścieżki edukacyjnej. Sekwencjonowanie odbywa się w oparciu o istniejące schematy pedagogiczne, a twórcy kursów określają zbiór typowych zachowań sekwencyjnych. Wczesniejsze zachowania i działania studenta rzutują na wybór danej ścieżki. W standardzie SCORM 1.3 (SCORM 2004) definiuje się jednostki nauczania, tzw. Learning Activity (LA), które dostarczane są studentowi na podstawie wcześniej poczynionych postępów, informacji o przebiegu danej narzuconej sekwencji oraz zapotrzebowania samego studenta. Jednostki LA utożsamiane są z Learning Objects i organizowane w większe jednostki – klastry, a te z kolei w struktury drzewiaste. Student przyswajając wiedzę, porusza się wzdłuż gałęzi drzewa w taki sposób, że na podstawie wyznaczonej ścieżki kształcenia, może pomijać pewne klastry czy jednostki LA [10].

2. Scentralizowane i rozproszone platformy e-nauczania

Systemy LMS/LCMS wraz z odpowiednim oprzyrządowaniem – narzędzia komunikacji, zarządzanie bezpieczeństwem, bazy danych organizowane są w zwarte systemy nazywane platformami e-learningu (e-nauczania). Na ogół są to potężne, scentralizowane aplikacje przystosowane do zarządzania dużymi grupami studentów (osób nauczanych) zorganizowanych na wielu poziomach i profilach nauczania (różne kierunki studiów, specjalności, semestry) – rysunek 1 [4, 9]. Scentralizowana architektura platformy zapewnia wysoką efektywność nauczania pod warunkiem precyzyjnego określenia reguł działania i zunifikowania procedur. Z natury więc systemy te są mało elastyczne i niedostosowane do przypadków niestandardowych, a takimi często są zdarzenia pojawiające się w procesie nauczania. Pomimo zapewnienia mechanizmów indywidualizacji ścieżki kształcenia, które trwale wbudowane są w LCMS, indywidualizacja ta ograniczona jest do kilku lub kilkun-

stu wariantów z góry określonych przez autorów kursów i metodyków nauczania. Ścieżka kształcenia nie tylko nie daje się kształtować w bardziej elastyczny sposób, ale wymusza wręcz realizację jednego z dopuszczalnych wariantów – nie można się wyłamać ze schematu określonego przez funkcjonujące w systemie standardy.



Platforma zorientowana na efektywność nauczania w oparciu o globalne procedury

Rys. 1. Model platformy scentralizowanej – wyspecjalizowane aplikacje zlokalizowane na centralnym serwerze; stacje klienckie korzystają ze standardowych narzędzi – przeglądarka internetowa, poczta elektroniczna itp.

Źródło: opracowanie własne

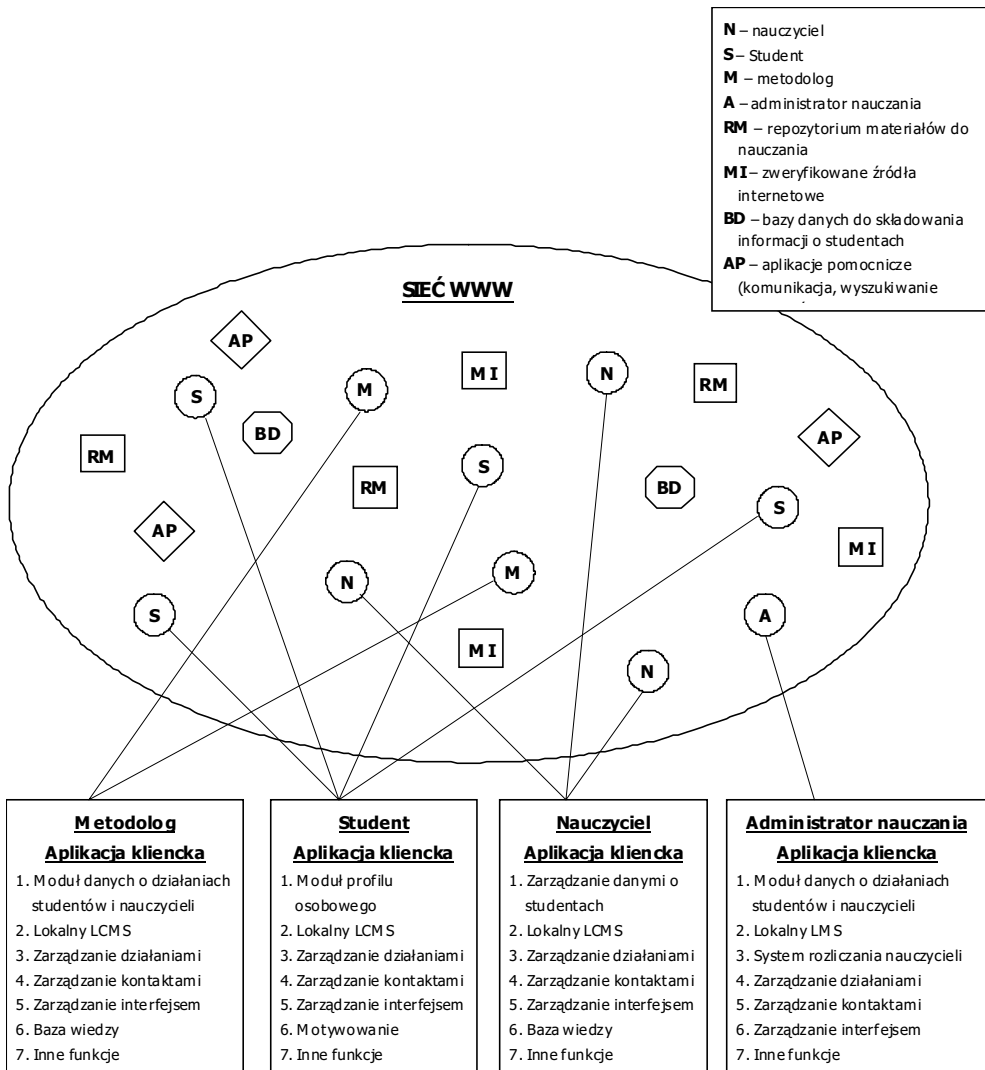
Jako najważniejsze wady scentralizowanych platform e-nauczania można wskazać:

1. Konieczność ograniczenia struktury przetwarzanych danych – obsługa dużej liczby studentów wymaga skoncentrowania się systemu na ograniczonej klasie danych wyselekcjonowanych spośród ogromnej ich ilości, jakie generowane są w procesie dydaktycznym.
2. Sztwywność i ograniczoność procedur – efektywność dużego systemu przetwarzania danych silnie zależy od zunifikowania procedur i ilości alternatywnych reguł, stąd naturalna potrzeba ich ograniczenia. Ponadto wyjątki i niestandardowe działania mogą nawet zablokować funkcjonowanie systemu.

3. Zależność od formalnie zdefiniowanych standardów – stosowanie sztywnych procedur prowadzi do „mechanicznego” klasyfikowania profili osobowych osób uczących się, co w przypadku ludzkich osobowości może być nieadekwatne, bądź w najlepszym przypadku niewystarczające do właściwej oceny zdolności, predyspozycji osobniczych oraz możliwości studenta.
4. Brak koniecznej w procesie dydaktycznym elastyczności działania – nie da się wcisnąć ogromnej rozpiętości zachowań i działań ludzkich w niewielką liczbę formalnych schematów postępowania. Próby takie mogą całkowicie wypaczyć sens działania systemu.
5. Wpływ zakłóceń w transmisji danych – ograniczenie wydajności systemu.
6. Małe możliwości równoległego przetwarzania danych – ograniczenie wydajności systemu.

Przeciwieństwem platform scentralizowanych są platformy rozproszone (rys. 2), w których odpowiednio zmodyfikowana aplikacja z systemem LMS/LCMS ulokowana jest na stacji klienckiej (komputer studenta). Rola organizatora i administratora nauczania sprowadza się do dostarczenia odpowiednio sprofilowanych aplikacji do uczestników procesu edukacyjnego, wraz z zaangażowaniem nauczyciela (tutora), który w systemie pełni rolę konsultanta i doradcy oraz metodologa czuwającego nad całokształtem procesu nauczania. Ponadto administrator nauczania wypełnia formalne funkcje w postaci rejestrowania wymaganych danych o uczestnikach nauczania, w szczególności prowadzi rejestr zaliczeń, wydawanie zaświadczeń, dyplomów itp.

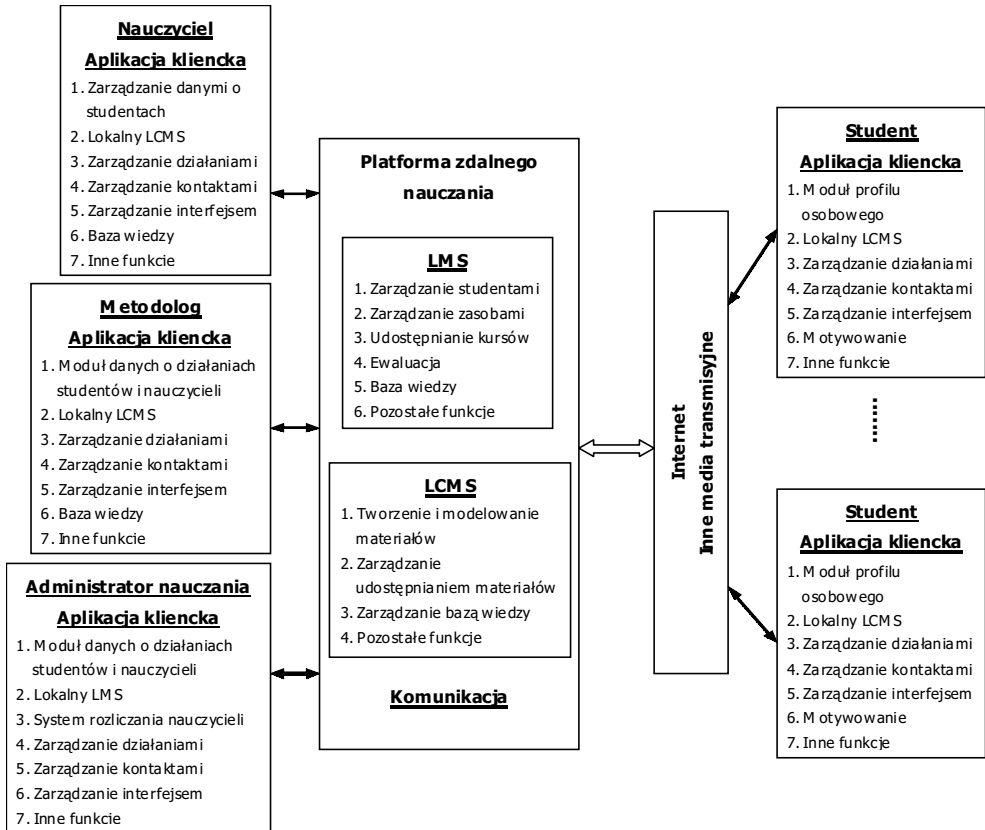
Warto zwrócić uwagę, że zmienia się w tym przypadku rola systemu LMS/LCMS. Staje się on narzędziem osobistym studenta lub nauczyciela. Ma to szczególne znaczenie w przypadku tego pierwszego, gdyż kształtowanie indywidualnej ścieżki kształcenia odbywa się „u źródła” – system może śledzić wszystkie działania elektroniczne, jakie podejmuje student na swoim komputerze. Nie jest przy tym ograniczony ilością możliwych do przetworzenia danych ani koniecznością ich przesyłania. W tej sytuacji możliwe jest tworzenie bardzo szczegółowego i w pełni zindywidualizowanego profilu studenta. Możliwe jest również sprofilowanie systemu do uczenia całkowicie nienadzorowanego. Staje się on wtedy indywidualną platformą e-learningową. Pojawia się, oczywiście, kwestia odpowiedniej konfiguracji takiego indywidualnego systemu. Możliwa jest jednak wstępna prekonfiguracja i zastosowanie takich inteligentnych rozwiązań, które pozwoliłyby na automatyczne dostosowywanie się systemu do potrzeb i preferencji uczącego się. Alternatywnym rozwiązaniem może być okresowy kontakt z pedagogiem i ekspertem w nauczanej dyscyplinie, którzy za pomocą zdalnego interfejsu mogliby kształtować zasady nauczania w oparciu o retrospektywną analizę działań osoby uczącej się. Stwarza to, praktycznie nieograniczone, możliwości formowania procesu dydaktycznego i zastosowania go w różnych nietypowych sytuacjach: nauczanie osób niepełnosprawnych, w tym z niepełnosprawnością umysłową, wyspecjalizowane nauczanie zawodowe, np. połączone z równoczesnym wykonywaniem obowiązków służbowych, różne obszary nauczania osób starszych, nieaktywnych już zawodowo itp.



Platforma zorientowana na indywidualizację nauczania

Rys. 2. Model platformy rozproszonej – wyspecjalizowane aplikacje zlokalizowane w większości na stacjach klienckich, a moduły techniczne rozproszone na serwerach węzłowych bądź dedykowanych w sieci www; źródło: opracowanie własne

Oprócz platform całkowicie scentralizowanych bądź rozproszonych możliwe są różne rozwiązania pośrednie, w których częściowo zachowane zostają funkcje zarządcze w aplikacji centralnej, a pewne elementy kształtowania ścieżki nauczania przeniesione zostają na stacje klienckie (rys. 3).



Rys. 3. Model platformy częściowo zdecentralizowanej pod względem funkcjonalnym – w systemie działa centralna platforma zdalnego nauczania z pełnym LMS i LCMS oraz wyspecjalizowane aplikacje na stacjach klienckich, w których realizowane są wybrane bądź okrojone funkcje LMS i/lub LCMS w ustalonym zakresie. Ponadto klienci (student, nauczyciel, metodolog, administrator nauczania) wyposażeni zostali w dodatkowe wyspecjalizowane narzędzia, jak np. aplikacje do zarządzania działaniami czy kontaktami.

Źródło: opracowanie własne

Do zalet platform rozproszonych zaliczyć można:

1. Pełne spersonalizowanie systemu kształtującego indywidualną ścieżkę nauczania, zgodnie z zasadą: jeden system – jeden student.
2. Kształtowanie profilu studenta w oparciu o pełny wachlarz jego działań elektronicznych na dedykowanej stacji roboczej (komputer osobisty, notebook).
3. Możliwość bardzo precyzyjnego określenia profilu studenta, uwzględniającego w pełni takie elementy jak:
 - zdolności – oceniane na podstawie pełnego monitoringu działań przy zapoznawaniu się z przyswajającym materiałem (szybkość przyswajania, poziom zagłębienia się hie-

- rarchicznie ustaloną strukturę materiału) oraz w oparciu o rozwiązywane testy, zadania, quizy, gry logiczne itp.,
- zainteresowania – identyfikowane nie tylko na podstawie działań w procesie dydaktycznym, lecz również w oparciu o inne działania prowadzone w użytkowanym systemie komputerowym,
 - potrzeby zawodowe – zgłaszane przez studenta oraz ustalane, biorąc pod uwagę wykorzystywanie komputera do celów zawodowych,
 - możliwości czasowe – identyfikowane w oparciu o elektroniczne planowanie i harmonogramowanie wszystkich zadań,
 - ocena obciążenia różnymi działaniami, mająca wpływ na zmęczenie i skuteczność rozwiązywania zadań i problemów stawianych podczas nauczania.
4. Możliwość bardzo efektywnego zarządzania przygotowaniem i dostarczaniem materiałów do nauczania w oparciu o bieżący i przewidywany harmonogram różnych działań studenta.
 5. Sprzęgnięcie procesu nauczania z innymi działaniami studenta: zawodowymi, domowymi, towarzyskimi, z rozrywką i odpoczynkiem.
 6. Możliwość czynnego kształtowania profilu osoby uczącej się (działanie wychowawcze) – kształtowanie zainteresowań.

Jak widać, możliwości platform rozproszonych w zakresie indywidualizacji nauczania są znacznie większe aniżeli systemów scentralizowanych. Ponadto mogą one być wykorzystywane do inteligentnej automatyzacji nauczania specjalnego, stając się ważnym narzędziem wyrównywania szans edukacyjnych w społeczeństwie informacyjnym.

3. Agentowe platformy e-nauczania

Jednym z możliwych sposobów realizacji rozproszonych platform e-nauczania jest zastosowanie technologii agentowych. Systemy agentowe reprezentują alternatywną w stosunku do klasycznych aplikacji filozofię tworzenia i wykorzystywania oprogramowania. Systemy agentowe reprezentują podejście rozproszone, w którym poszczególne elementy systemu działają samodzielnie, podczas gdy w przypadku tradycyjnych systemów oprogramowania mamy do czynienia z bardziej zwartymi strukturami działającymi w skoordynowany sposób [6].

Do najważniejszych zalet systemu agentowego należą:

1. Sprawność wynikająca z lokalnego przetwarzania danych – software obliczeniowy (wykonywalny) przesyłany jest do zasobów danych, a nie odwrotnie.
2. Efektywność – agent operuje asynchronicznie, w dogodnym czasie i miejscu. Nie absorbuje systemu macierzystego, który w tym czasie może wykonywać inne działania, unika się również zakłóceń komunikacyjnych. Dzięki temu reakcja systemu na zmianę parametrów środowiska zachodzi w czasie rzeczywistym.

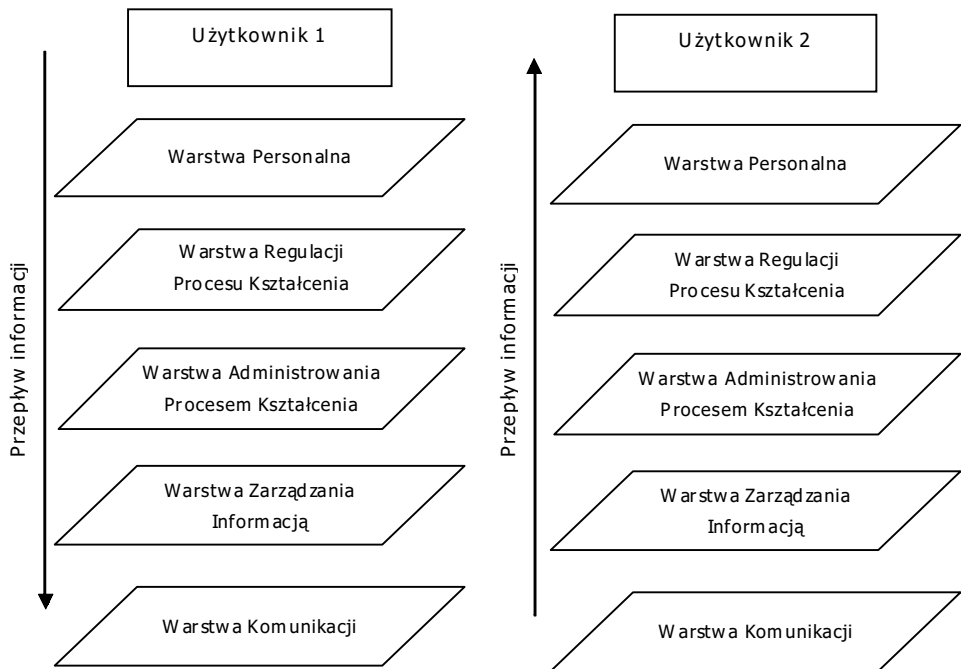
3. Skalowalność – system agentowy jest mniej uzależniony od platformy sprzętowej, programistycznej i systemu operacyjnego środowiska, z którym współpracuje.
4. Łatwiejsze projektowanie i tworzenie oprogramowania agentowego.
5. Mniejsze obciążenie sieci komunikacyjnej, w związku z tym możliwość działania przy słabej infrastrukturze technicznej oraz w warunkach silnych zakłóceń.

Do bardziej zaawansowanych systemów agentowych należą inteligentne systemy agentowe, zawierające wiedzę i dane niezbędne do skutecznej reakcji na zdarzenia zachodzące w środowisku oraz do efektywnej współpracy z innymi agentami w zakresie koniecznym do osiągania założonych celów [11]. Inteligentny agent może funkcjonować i działać w danym środowisku niezależnie od innych agentów, opierając się na własnej wiedzy w postaci wewnętrznej reprezentacji logicznej środowiska. Dzięki temu może, przy wykorzystaniu odpowiednich mechanizmów, przeprowadzać proces wnioskowania pozwalający, na podstawie pozyskiwanych danych o stanie otoczenia, planować i podejmować działania, tak by zrealizować postawione cele [5]. Zmienia się (udoskonala) również wiedza agenta o środowisku – mówimy o procesie uczenia się.

Rozproszone środowiska e-learningowe często opierają się na rozwiązaniach agentowych z implementacją wiedzy (inteligentnych) [12]. Brak inteligentnego wsparcia obarcza obie strony procesu kształcenia wysiłkiem niewspółmiernym do korzyści, jakie ten model nauczania przynosi. Dotyczy to zwłaszcza nauczyciela i organizatora procesu kształcenia. Elektroniczna natura takich środowisk w sposób oczywisty narzuca konieczność wykorzystania metod sztucznej inteligencji wspierających działania studentów i nauczycieli. Agenci softwarowi mogą wykonywać wiele szczegółowych zadań w nauczaniu oraz administrowaniu i zarządzaniu nauczaniem, prowadząc swe działania w tle („za plecami” nauczyciela) na z góry ustalonych zasadach, odciążając organizatorów nauczania od większości żmudnych i czasochłonnych czynności, co pozwala skupić się im na sprawach strategicznych. Agenci mogą posiadać zadaną autonomię w zakresie podejmowania decyzji i prowadzenia określonych działań.

W przypadku rozproszonych środowisk e-learningowych system agentowy tworzy most pomiędzy uczestnikami procesu edukacyjnego uwzględniający wszystkie relacje, jakie zachodzą podczas wzajemnej współpracy i wzajemnego komunikowania się studentów, nauczycieli i organizatorów nauczania. Funkcje scentralizowanej platformy e-learningowej przejmują wyspecjalizowani i rozproszeni agenci, działający w miejscu użytkownika, tj. w systemie użytkowym (np. laptopie) studenta lub nauczyciela, bądź na odpowiednim serwerze sieciowym. Jedynymi scentralizowanymi jednostkami w takim systemie mogą być (choć niekoniecznie) odpowiednie repozytoria przechowujące informacje o uczestnikach procesu edukacyjnego, np. dane osobowe, oceny, informacje o postępach w kształceniu czy też materiały edukacyjne.

Na rysunku 4 przedstawiono model warstwowy agentowej platformy e-nauczania [2]. Model ten odzwierciedla przepływy informacji pomiędzy uczestnikami kształcenia. Zastosowanie modelu warstwowego pozwala jasno rozdzielić funkcje i kompetencje poszczególnych grup agentów, co może znacznie ułatwić modelowanie i projektowanie systemu.



Rys. 4. Model warstwowy rozproszonego, agentowego środowiska e-learningowego.

Pokazano przykładowy przepływ informacji od Użytkownika 1 do Użytkownika 2.

Źródło: [2]

W przedstawionym modelu każda aktywność w sieci użytkownika systemu – studenta, nauczyciela, administratora pozostawia ślad w poszczególnych warstwach. Przepływ informacji będący przejawem takiej aktywności zachodzi zawsze przez wszystkie warstwy systemu, zarówno po stronie nadawcy jak i odbiorcy. Komunikacja użytkownika z zasobami materiałów elektronicznych – systemowymi czy wolnymi zasobami Internetu za pośrednictwem systemu odbywa się zależnie od statusu użytkownika: studenta poprzez strukturę agentową własną i nauczyciela; nauczyciela – własną i pedagoga, metodyka; innych osób wg. ustalonej hierarchii.

Poszczególne warstwy grupują odpowiednich agentów:

1. Warstwa Personalna – agenci odpowiedzialni za obsługę i pomoc przy wykonywaniu osobistych zadań: agent interfejsu, agent asystent, agent profilu, wyspecjalizowani agenci wspomagający zarządzanie działaniami.
2. Warstwa Regulacji Procesu Kształcenia – agenci odpowiedzialni za obsługę nauczania: planowanie działań dydaktycznych zgodnie z pragmatyką nauczania, wytyczoną ścieżką kształcenia, aktualnymi możliwościami uczącego się; przydział zadań i materiałów dydaktycznych; wytyczanie indywidualnych ścieżek nauczania, rozliczanie z wykonanych zadań, nadzór nad działaniami studentów. Wymienieni agenci działają zarówno po stronie studenta jak i nauczyciela.

3. Warstwa Administrowania Procesem Kształcenia – agenci odpowiedzialni za formalny nadzór nad kształceniem: rozliczanie czasu pracy studenta i nauczyciela, ocena aktywności, formalna ewaluacja uczestników kształcenia. Dane pozyskiwane przez agentów tej warstwy składowane są w odpowiednich bazach danych (np. baza ocen) lub hurtowniach danych w przypadku składowania danych operacyjnych [1]. Agenci tej warstwy odpowiedzialni są za bezpieczeństwo systemu, nadzorują dostęp osób do systemu zgodnie z nadanymi uprawnieniami.
4. Warstwa Zarządzania Informacją – agenci tej warstwy odpowiedzialni są za wyszukiwanie informacji, jej selekcjonowanie i składowanie, za filtrowanie przekazywanej informacji a także, w zależności od zaawansowania systemu za jej strukturalizowanie np. z wykorzystaniem technologii semantycznych.
5. Warstwa Komunikacji – odpowiedzialnych za przekazywanie informacji pomiędzy uczestnikami kształcenia oraz pomiędzy agentami systemu (agenci różnych warstw mogą z sobą współpracować). Agenci śledzą stan łączy komunikacyjnych i decydują o przesyłaniu danych bądź ich buforowaniu w celu dalszego przekazania we właściwym momencie. Agenci tej warstwy pełnią szczególną rolę w systemach mobilnych, zarządzają poszczególnymi kanałami dostępu do sieci.

System agentowy stanowi sieć wyspecjalizowanych, współpracujących z sobą agentów, z których każdy wypełnia przeznaczone dla niego zadanie. Jeżeli zadanie jest zbyt złożone i wymaga funkcji, których dany agent nie posiada, to zostaje ono rozłożone na zadania cząstkowe, agent wykonuje podzadania zgodne z jego kompetencjami, a pozostałe zleca do wykonania innym właściwym agentom. Współpraca pomiędzy agentami jest szczególnie istotna w rozproszonym środowisku e-learningowym, ze względu na złożoność relacji, jakie zachodzą pomiędzy uczestnikami procesu kształcenia, ich ilość oraz na złożoność zadań, jakie wykonują.

Właściwa integracja struktury agentowej opiera się na dokładnej specyfikacji usług realizowanych przez każdego z agentów i odpowiedniej konfiguracji systemu komunikacji pomiędzy nimi (systemu wymiany komunikatów). Odbywa się to na etapie modelowania i projektowania systemu. Często opracowywany model musi uwzględnić specyficzne warunki wdrożeniowe. Właściwe zaprojektowanie systemu pozwala na dokonanie w sposób względnie łatwy implementacji takiego systemu w oparciu o gotowe środowiska programistyczne.

4. Podsumowanie

Rozproszone środowiska e-learningowe stają się coraz bardziej popularną formą nauczania głównie dlatego, że pozwalają łatwiej zarządzać procesem dydaktycznym i lepiej dostosować go do potrzeb osoby uczącej się. Możliwość kształtowania indywidualnej ścieżki kształcenia, dostosowanej do potrzeb i predyspozycji studenta (ucznia) w takim systemie są nieporównywalnie większe aniżeli w scentralizowanych platformach e-nauczania. W tym

zakresie system rozproszony jest efektywnym zintegrowanym narzędziem pozwalającym nauczać dużą liczbę osób w sposób całkowicie zindywidualizowany.

Spośród różnych modeli rozproszonych środowisk e-learningowych systemy realizowane w architekturze agentowej wydają się najbardziej efektywne. Inteligentne aplikacje agentowe działają w miejscu, w którym dane zadanie jest wykonywane i tam lokalnie może być przetwarzana duża ilość danych bez konieczności transportowania ich poprzez sieć. Autonomia agentów pozwala zautomatyzować wiele zadań, odciążając nauczycieli i administratorów od większości uciążliwych czynności. Pozwala to uporać się z największą zmożoną e-learningu, jaką jest angażowanie ogromnej ilości czasu przez osoby nadzorujące e-kształcenie na śledzenie wielkiej ilości wątków tego procesu. Z kolei wyeliminowanie potrzeby tworzenia dużej scentralizowanej platformy znacznie zmniejsza koszty tworzenia systemu. Dzisiaj, z perspektywy funkcjonowania pierwszych agentowych systemów rozproszonych wydaje się, że jest to jedna z najbardziej perspektywicznych technologii e-learningowych.

Literatura

- [1] Cader A., *The Management System of Distance Education*. [w:] Environmental Mechanics, Methods of Computer Science and Simulations, Lwów, 2004, 5–9.
- [2] Cader A., Przybyszewski K., Marchlewska A., *Systemy agentowe w e-learningu*. [w:] Wybrane zagadnienia inżynierii wiedzy. A. Cader, J.M. Żurada, K. Przybyszewski (red.). Wyd. SWSPiZ, Łódź, 2008, 9–32.
- [3] Friesen N., McGreal R., *International E-learning Specifications*. International Review of Research in Open and Distance Learning, 3 (2), 2002.
- [4] Horton W., Horton K., *E-Learning Tools and Technologies*. John Wiley & Sons Inc., 2003.
- [5] Huhns M.N., Singh M.P., *Cognitive agents*. IEEE Internet Computing, 2, 1998, 87–89.
- [6] Jennings N.R., *An agent-based approach for building complex software systems*. Communications of the ACM, 44(4), 2001, 35–41.
- [7] Juszczyk S., *Edukacja na odległość: kodyfikacja pojęć, reguł i procesów*. Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń, 2002.
- [8] Różewski P., Kusztnina E., Zaikin O., *Modele i metody zarządzania procesem otwartego nauczania zdalnego*. IBS PAN, Warszawa–Szczecin, 2008.
- [9] Sowa G., Filutowicz Z., Marchlewska A., Paszkowski J., *Interfejsy użytkownika w zdalnym nauczaniu*. [w:] Wybrane zagadnienia inżynierii wiedzy. A. Cader, J.M. Żurada, K. Przybyszewski (red.). Wyd. SWSPiZ, Łódź, 2008, 77–89.
- [10] Wiley D., *Connecting learning objects to instructional design theory: Definition a metaphor, and a taxonomy*. [w:] Wiley D. (Ed.), Instructional Use of Learning Objects: Online Version: <http://reusability.org/red>, 2000.
- [11] Wooldridge M.J., Jennings N.R., *Intelligent agents: Theory and practice*. Knowledge Engineering Review, 10, 1995, 115–152.
- [12] Yang C., *Intelligence in MAS-Based Distributed Learning Environments*. [w:] Distributed Learning Environments with Intelligent Software Agents, Fuhua Oscar Lin (ed.). Idea Group Inc., 2004.