

LUFT Radosław, SOLA Krzysztof, WALASIK Marzena

WIRTUALNE LABORATORIUM – NARZĘDZIE WYKORZYSTYWANE W DZIAŁALNOŚCI DYDAKTYCZNEJ I NAUKOWEJ

Streszczenie

W obecnych czasach coraz popularniejsze staje się wykorzystanie wirtualnych laboratoriów dla potrzeb prowadzenia badań naukowych i kształcenia na odległość. Wirtualne laboratoria stanowią odpowiedź na zapotrzebowanie na nowoczesne metody przekazywania wiedzy i informacji oraz na realizację prac badawczych w przestrzeni wirtualnej. Podstawowym celem działania wirtualnych laboratoriów jest udostępnianie rozproszonego terytorialnie środowiska IT obejmującego zintegrowany sieciowo sprzęt i oprogramowanie oraz zapewnienie dostępu do zasobów i wiedzy oraz ekspertów z różnych dziedzin naukowych. Koncepcja wirtualnych laboratoriów umożliwia wyrównanie szans dostępu do nowoczesnej infrastruktury zarówno osób pracujących w dużych ośrodkach naukowych, jak i aktywnych badaczy zatrudnionych w instytucjach pozbawionych dostępu do tego typu zasobów.

WSTĘP

Dynamiczny rozwój technologii komputerowej i komunikacyjnej przyczynia się do powstawania nowych rozwiązań wykorzystywanych zarówno w technikach i sposobach kształcenia oraz w prowadzeniu działalności naukowej. Coraz większego znaczenia nabierają nowoczesne metody przekazywania wiedzy i informacji. Jednym z takich narzędzi jest wirtualne laboratorium, które stanowi specyficzny typ środowiska pracy. Środowisko to funkcjonuje jako rozproszony system zlokalizowany w sieci Internet, którego zadaniem jest udostępnianie swoich zasobów odpowiednio dla potrzeb użytkowników. Zasadniczym celem tworzenia tego typu laboratoriów jest zdalne, fizyczne udostępnianie przestrzeni roboczej i zasobów aparaturowych centrów naukowych. Prace w zakresie budowania wirtualnych laboratoriów mają istotne znaczenie dla rozwoju różnych dziedzin naukowych, gdyż przyspieszają proces kształcenia, umożliwiają i ułatwiają prowadzenie wspólnych badań, wymianę wiedzy i doświadczeń oraz zdalne udostępnianie unikatowej aparatury badawczej.

Wirtualne laboratorium umożliwia prowadzenie zajęć dydaktycznych realizowanych przy użyciu nowoczesnych technik internetowych i multimedialnych, w których słuchacz uzyskuje dostęp do wiedzy i zasobów za pomocą specjalistycznego interfejsu użytkownika z dowolnego miejsca w dowolnym czasie.

Zastosowanie wirtualnych laboratoriów w nauce pozwala na dostosowanie polskiej przestrzeni naukowo-badawczej do światowych wymagań i standardów. Wirtualne laboratoria oferujące odpowiednie zaplecze sprzętowe są czynnikiem stymulującym pracę w sferze badań i rozwoju, a dostępność zasobów programowych bezpośrednio przekłada się na osiągnięte przez naukowców rezultaty.

Elastyczność systemu wirtualnych laboratoriów umożliwiła dostosowanie go do wielu typów przyrządów laboratoryjnych, co sprawia, że zdobywają one coraz większą popularność wśród wykładowców jak i naukowców.

1. ISTOTA WIRTUALNEGO LABORATORIUM

Pojęcie wirtualne laboratorium jest stosowane do dwóch grup systemów. Pierwszą grupę stanowią systemy pozwalające na zdalne wykorzystywanie urządzeń. Druga grupa to aplikacje do nauczania, które symulują przebieg pewnych zjawisk.

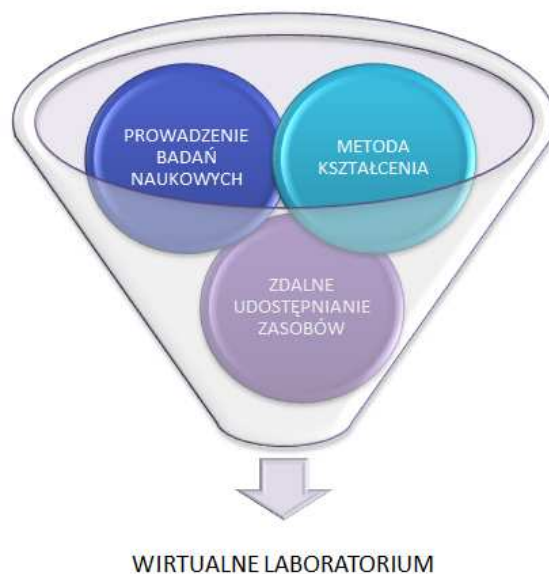
W pierwszym przypadku, występują rzeczywiste urządzenia i sprzęt laboratoryjny, za pomocą którego wykonywane są rzeczywiste doświadczenia i eksperymenty, a jedynie dostęp do tych urządzeń jest zdalny (poprzez sieć komputerową). Osoby (lub osoba) prowadzące eksperyment i urządzenie mogą znajdować się zarówno w różnych pomieszczeniach, jak i w różnych częściach globu. Udostępnianie w ten sposób urządzeń jest niezwykle kształcące dla użytkowników, którzy mogą się zmierzyć z realnymi problemami.

Druga grupa to odbiorcy, którzy nie korzystają z rzeczywistych urządzeń, a eksperyment jest tylko symulacją zjawisk rzeczywistych. Symulatory takie mają duże znaczenie zarówno edukacyjne jak i poznawcze oraz umożliwiają przeprowadzenie szkoleń (np. szkolenie pilotów) lub testów bez narażania się na koszty i bez zagrożenia dla życia i zdrowia [11, s. 289].

W terminologii amerykańskiej na określenie tego typu systemów używane jest często pojęcie *collaboratory* powstałe z połączenia dwóch wyrazów *collaboration* (współpraca) i *laboratory* (laboratorium). Zostało ono zdefiniowane przez W. Wulfa w 1989 r. jako „ośrodek bez ścian, w którym naukowcy mogą wykonywać badania bez względu na miejsce pobytu, współpracując z kolegami, udostępniając sobie oprzyrządowanie, dzieląc się danymi i zasobami obliczeniowymi oraz udostępniając informacje w bibliotekach cyfrowych” [5, s. 42].

M. Lawenda definiuje wirtualne laboratorium jako heterogeniczne, rozproszone środowisko, które umożliwia grupie naukowców znajdujących się w różnych miejscach na świecie wspólną pracę nad wspólną grupą projektów [7, s. 12].

Głównym celem tworzenia wirtualnych laboratoriów jest ułatwienie i przyspieszenie kształcenia, wymiana poglądów i prowadzenie wspólnych badań, a także zdalne, fizyczne udostępnianie zasobów naukowych zlokalizowanych w jednym miejscu (rys. 1).



Rys. 1. Cel tworzenia wirtualnych laboratoriów

Użyteczność wirtualnych laboratoriów można rozpatrywać także z punktu widzenia potencjalnych biznesowych zastosowań infrastruktury w prowadzeniu projektów o charakterze implementacyjno-wdrożeniowym, np. w systemach usług administracji publicznej – do komunikacji z użytkownikami.

W dalszej części artykułu przybliżona zostanie koncepcja wirtualnych laboratoriów w kontekście możliwości jej wykorzystania dla potrzeb w nauki i dydaktyki.

2. WIRTUALNE LABORATORIUM WYKORZYSTYWANE W DYDAKTYCE

W obecnych czasach coraz popularniejsze staje się kształcenie na odległość realizowane z użyciem nowoczesnych technik internetowych. Narzędziem wspierającym tradycyjny proces kształcenia, czy też kształcenia na odległość, jest wirtualne laboratorium. Możliwość prowadzenia eksperymentu w ramach wirtualnego laboratorium (symulacja lub dostęp do laboratorium) ma na celu zapewnienie studentowi zrozumienie istoty badanych zjawisk, zapoznanie się ze stosowanymi rozwiązaniami układowymi i technikami pomiarowymi. Wirtualne laboratorium umożliwia zarządzanie procesem nauczania i zarządzania treścią dydaktyczną jak również możliwość dostępu do rzeczywistego sprzętu pomiarowo-sterującego.

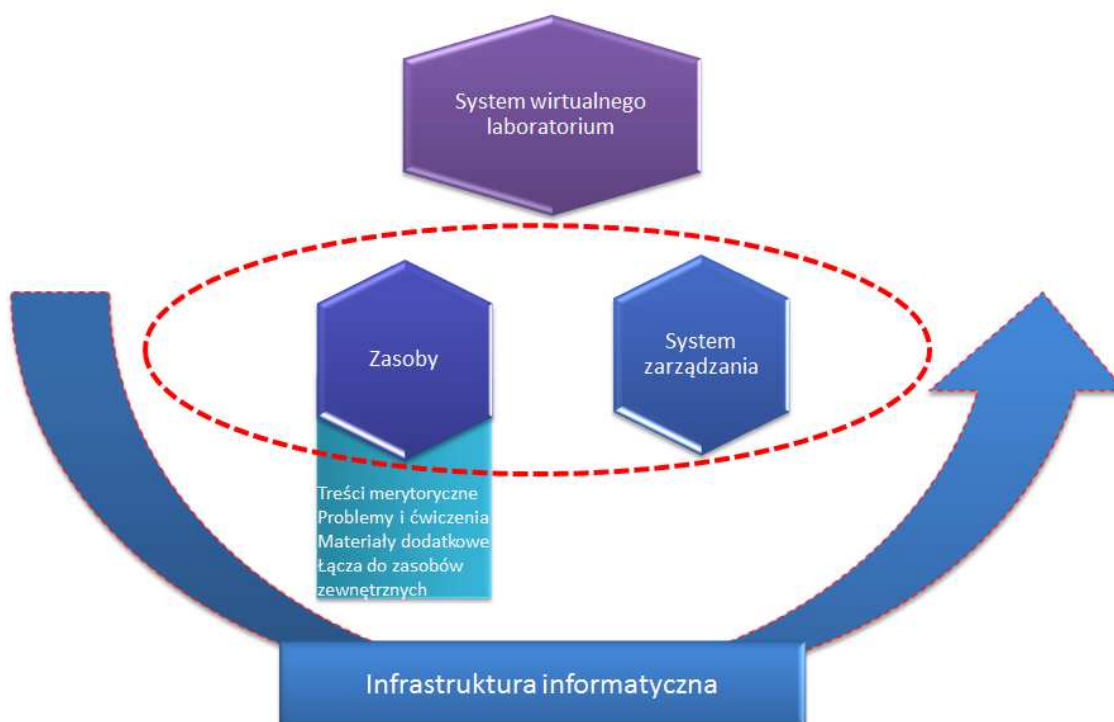
Zajęcia laboratoryjne prowadzone w tradycyjny sposób są elementem procesu nauczania, zdobywania wiedzy i doświadczenia przez studenta. Wymagają one wcześniejszego przygotowania studenta do badania określonych zjawisk. W tradycyjnym cyklu nauczania osoba prowadząca laboratorium wyklada materiał niezbędny do świadomego przeprowadzenia eksperymentu lub sprawdza poziom wiedzy z danej dziedziny przed przystąpieniem studenta do wykonywania ćwiczenia. Ma to na celu zapewnienie niezbędnej wiedzy umożliwiającej właściwe zrozumienie badanych zjawisk przez osobę uczącą się. Wirtualne laboratorium działa na poziomie wiedzy dziedzinowej [7], powinno umożliwić wykształcenie umiejętności analizy na podstawie wiedzy teoretycznej. Celem wirtualnego laboratorium jest realizacja cyklu nauczania, w którym student uzyskuje zaplanowany przyrost wiedzy oraz nabywa określonych umiejętności praktycznych. W zależności od dziedziny wiedzy, w której jest realizowany proces nauczania, wirtualne laboratorium powinno wspierać odpowiednie modele i scenariusze realizacji celów edukacyjnych [2, s. 181]. Inne problemy, narzędzia i modele są np. dla laboratorium z informatyki inne dla problematyki związanej z inżynierią materiałową. Odrębną, ale nie mniej istotną kwestią jest prawidłowe zaprojektowanie materiałów do ćwiczeń. Prawdziwe wyzwanie stanowi więc, zaprogramowanie takiej struktury wirtualnego laboratorium, aby realizował jak najwięcej funkcji nauczania sposobami klasycznymi [14].

Każde wirtualne laboratorium składa się z trzech podstawowych elementów:

- zasobów;
- systemu zarządzania i funkcjami;
- infrastruktury, w tym także infrastruktury informatycznej, zwaną platformą wirtualnego laboratorium [12, s. 799].

Uproszczoną strukturę typowego systemu wirtualnego laboratorium przedstawiono na rysunku 2.

Zasoby zawierają: treści merytoryczne, problemy i ćwiczenia, materiały dodatkowe (np. ilustracyjne lub demonstracyjne), łącza (realizowane poprzez infrastrukturę) do zasobów zewnętrznych (biblioteki, bazy rozproszone w sieci globalnej itp.). System zarządzania jest najczęściej realizowany jako rozległy system ekspertowy obsługujący dedykowaną hurtownię danych. Jego zadaniem jest organizacja logistyczna procesu nauczania (zasobów, ludzi, sprzętu), przechowywanie informacji umożliwiających odtworzenie historii nauczania, czyli zarządzanie cyklem kształcenia i udostępnianymi zasobami.



Rys. 2. Uproszczona struktura systemu wirtualnego nauczania
 Źródło: opracowanie własne na podstawie [12, s.800].

Najważniejszym elementem systemu jest platforma wirtualnego laboratorium. Zadaniem infrastruktury sprzętowej i informatycznej jest zapewnienie funkcjonowania całości systemu oraz umożliwienie realizacji nauczania w trybie synchronicznym (nauka na żywo za pośrednictwem elektronicznych środków komunikacji, np. czat, komunikator, wideokonferencja, wykorzystanie wirtualnej tablicy) i asynchronicznym (niewymagający jednoczesnej obecności uczących się i nauczyciela, np. e-mail, forum dyskusyjne, interaktywne kursy multimedialne, symulacje). Platforma umożliwia komunikację między zdalnym laboratorium a jego użytkownikami, zarządzanie konfiguracją laboratorium, zapewnienie dostępu do zasobów (systemów i urządzeń pomiarowych).

Od użytkownika wymagane jest jedynie posiadanie komputera oraz dostępu do sieci Internet. Za pomocą przeglądarki internetowej użytkownik uzyskuje dostęp do kursów i treści edukacyjnych, może komunikować się z innymi uczestnikami, a przede wszystkim uzyskuje dostęp do zasobów sprzętowych laboratorium.

3. WIRTUALNE LABORATORIUM WYKORZYSTYWANE W NAUCE

Obecnie wirtualne laboratoria zdobywają coraz większą popularność również wśród środowisk naukowych. Jest to związane z zaletami jakie ze sobą niesie koncepcja tego typu laboratoriów. Najważniejsze z nich to: łatwy dostęp do kosztownej aparatury naukowej, możliwość współpracy naukowców pochodzących z różnych i geograficznie odległych od siebie miejsc pracy, łatwiejszy i szybszy proces kształcenia, dostęp do biblioteki pomiarów i publikacji. Idea ta jest szczególnie atrakcyjna dla nauk doświadczalnych i technologii, w szczególności: chemii, biologii strukturalnej czy inżynierii. Ważną ideą wirtualnych laboratoriów jest wyrównywanie szans osób pracujących w dużych ośrodkach naukowych i poza nimi. Duże instytuty dysponują unikatowymi urządzeniami naukowymi, do który dostęp ma jedynie wybrana grupa naukowców. Wirtualne laboratoria zapewniają równy dostęp do aparatury dla szerokiego grona odbiorców, np. dla osób pracujących w filiach instytutów w mniejszych miejscowościach czy innych organizacjach, gdzie dostęp do specjalistycznego

sprzętu jest ograniczony, a przez to ograniczone są szanse na rozwój i weryfikację hipotez naukowych.

Istotną kwestią jest, aby użytkownik wykonujący eksperyment w wirtualnym laboratorium odniósł wrażenie przebywania w danym laboratorium i pracy na komputerze bezpośrednio połączonym z urządzeniem.

Koncepcja wirtualnych laboratoriów daje również szanse na rozwój naukowy osób niepełnosprawnych poprzez udostępnienie zasobów w czasie i w przestrzeni dla nich dostępnych.

Do najważniejszych funkcji, na jakie powinno się zwrócić uwagę w systemach wirtualnych laboratoriów wykorzystywanych w nauce należą m.in.:

- zlecenia do wykonania eksperymentów rzeczywistych, czyli wykonanie w sposób zdalny operacji na przyrządzie znajdującym się w odległym geograficznie miejscu, który jest podłączony do systemu wirtualnego laboratorium,
- zlecenie do wykonania eksperymentów obliczeniowych, czyli zlecenie wykonania operacji na maszynach obliczeniowych; może to obejmować symulację pewnych zjawisk przy pomocy dedykowanego oprogramowania albo wykonania operacji pre- lub postprocessingu na danych, które są następnie wykorzystywane w eksperymencie lub są jego wynikiem,
- równoważne obciążenia,
- rozliczanie użytkowników,
- digitalizacja wyników (możliwość współdzielenia wyników eksperymentów, biblioteka publikacji i prac naukowych na dany temat),
- praca grupowa (komunikacja z osobami pracującymi nad tymi samymi tematami),
- komunikacja z obsługą urządzeń,
- rezerwacja czasu na wykonanie eksperymentu.

Wykorzystanie wirtualnych laboratoriów pozwala na redukcję kosztów projektów, ze względu na możliwość prowadzenia badań na wirtualnych zasobach, udostępnianych nieodpłatnie. Jednostka naukowa zainteresowana prowadzeniem badań nie ponosi wydatków na zakup sprzętu i oprogramowania, jak również wysokich kosztów związanych z utrzymaniem infrastruktury. Istotną cechą laboratoriów wirtualnych jest możliwość realizacji zadań na zasadzie udostępniania środowisk wirtualnych. Cecha ta pozwala na nieograniczony dostęp użytkowników (często rozproszonych terytorialnie) i równoważenie obciążenia zasobów poprzez przekazanie ich do punktu, który w danym momencie zgłasza zwiększone zapotrzebowanie na te zasoby.

4. ARCHITEKTURA SYSTEMU WIRTUALNEGO LABORATORIUM

Wirtualne laboratorium może zawierać różne komponenty w zależności od tego, do jakiego typu eksperymentów są używane. Można wyróżnić tutaj detale wspólne, które występują w każdej konfiguracji laboratorium i takie które są specyficzne dla pewnego typu laboratoriów.

Cechą wspólną wszystkich wirtualnych laboratoriów jest dostęp przez Internet, najczęściej jest to pewien rodzaj portalu. Takie rozwiązanie sprawia, że główny warunek wirtualnego laboratorium, jakim jest dostępność z każdego miejsca na ziemi poprzez sieć, jest spełniony.

Kolejnym narzędziem jest serwer komputerowy będący w stanie poradzić sobie z symulacjami wielkiej skali. Mogą to być maszyny zlokalizowane w regionalnych centrach obliczeniowych, podłączonych do bardzo szybkich sieci komputerowych bądź systemy o dużej wydajności, które zlokalizowane są w np. w instytucjach rządowych czy na terenie ośrodków akademickich. Integralną częścią serwerów obliczeniowych jest specjalizowane oprogramowanie do wykonywania symulacji, analiz danych, eksploracji oraz wizualizacji.

Bazy danych zawierające informacje specyficzne dla poszczególnych aplikacji takich jak symulacje początkowe, hipotezy brzegowe, obserwacje eksperymentalne, ograniczenia produkcyjne, bazy wiedzy czy bazy publikacji z danej dziedziny, itp. zawartość tych baz danych może się zmieniać dynamicznie oraz mogą to być bazy rozproszone.

Instrumenty naukowe związane z sieciami komputerowymi, posiadające możliwość sterowania przez interfejs w komputerze. Mogą to być odbiorniki satelitarne, czujniki wstrząsów ziemi, zanieczyszczenia powietrza.

Koherentne zbiory aplikacji informatycznych dedykowanych do wspomagania pracy interdyscyplinarnych zespołów naukowców w rozwiązywaniu zagadnień ukierunkowanych m.in. na:

- kreowanie pomysłów i koncepcji innowacyjnych rozwiązań,
- wspólną realizację prac na rozwiązywaniem problemów badawczych.

Zalicza się do nich: chat, listy dyskusyjne oraz systemy wideokonferencji.

Przeważnie systemy wirtualnych laboratoriów są oparte na budowie modularnej, która w łatwy sposób pozwala rozszerzać możliwości systemu (poprzez dodanie nowych modułów), zmieniać już istniejące moduły na inne, o większych możliwościach. W związku z tym rzeczą niezbędną jest opracowanie ujednoczonego interfejsu dostępu i sposobu komunikacji pomiędzy poszczególnymi modułami. Różny sposób sterowania przyrządami laboratoryjnymi niesie za sobą konieczność budowy systemu modularnego z rozróżnieniem na moduły ogólne oraz specyficzne. Moduły uniwersalne mogą być stosowane w każdym typie laboratoriów, ich działanie jest niezależne od typów obsługiwanych przyrządów laboratoryjnych. Moduły specyficzne, dostosowane do przyrządów stosowanych w laboratorium muszą być implementowane w znacznej części od nowa podczas adaptacji nowego profilu laboratorium [1, s. 3].

Z punktu widzenia komunikacji w strukturze wirtualnego laboratorium można wyróżnić trzy główne warstwy:

- interfejs klienta,
- serwer aplikacyjny,
- serwer pomiarowy.

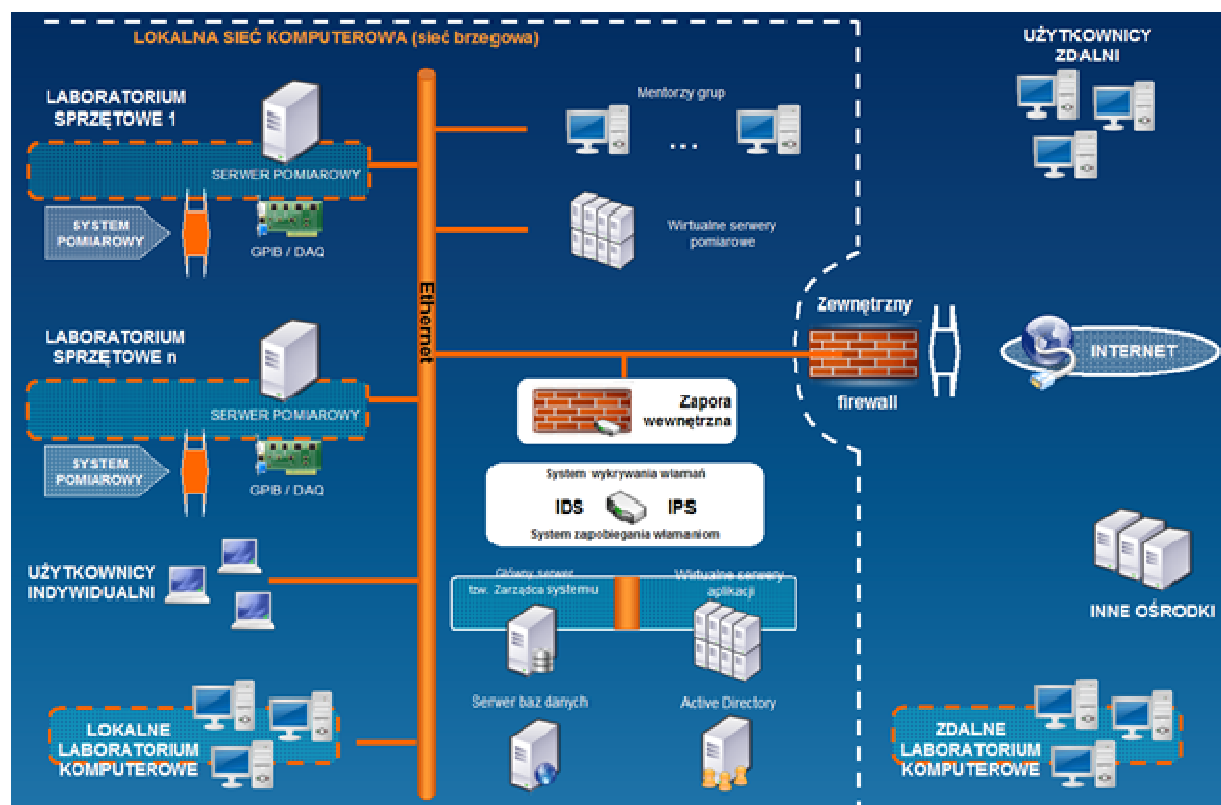
Przy budowaniu wirtualnych laboratoriów istnieje wiele problemów do rozwiązania zarówno na etapie projektowania systemu jak i późniejszej implementacji. Jednym z największych jest czynnik ludzki, który powoduje, że nie da się osiągnąć pełnej automatyzacji realizacji eksperymentu w przypadku niektórych urządzeń, np. spektrometru czy penetrometru. Należy jednak zaznaczyć, że istnieją inne urządzenia, które umożliwiają pełną automatyzację przeprowadzenia badań w sposób zdalny, począwszy od skalibrowania urządzenia poprzez wykonanie pomiaru odbioru wyników.

5. KONCEPCJA WIRTUALNEGO LABORATORIUM BADAWCZO-DYDAKTYCZNEGO

Biorąc pod uwagę liczne zalety wirtualnych laboratoriów, a także stały rozwój sprzętu komputerowego i infrastruktury sieciowej zwiększający zakres i możliwości działania wirtualnych laboratoriów w Instytucie Technologii Eksploatacji – Państwowym Instytucie Badawczym w Radomiu podjęto próbę zaprojektowania wirtualnego laboratorium badawczo-dydaktycznego (WLBD) [13, s. 20]. Zgodnie z kluczowym założeniem WLBD jest rozproszoną strukturą integrującą laboratoria rozproszone geograficznie. W proponowanym rozwiązaniu dostęp do całego WLBD, jak i poszczególnych laboratoriów wchodzących w jego skład zapewniony jest poprzez wykorzystanie technologii komunikacyjnych, tj. szerokopasmowego Internetu oraz komunikacji mobilnej GSM. Zaletą rozwiązania jest możliwość dostępu do specjalistycznego wyposażenia laboratorium, obejmującego zarówno aparaturę pomiarową jak i symulatory oraz specjalne pakiety edukacyjne w trakcie

prowadzenia zajęć lub poza ich godzinami. W jednym laboratorium, uznawanym za nadrzędne dla całej struktury, zlokalizowany jest centralny serwer usług, zawierający zbiór aplikacji informatycznych obejmujący m.in.: oprogramowanie do zarządzania całym, zdalnym, rozproszonym wirtualnym laboratorium, oprogramowanie do obsługi baz danych, w których gromadzone są dane pozyskiwane w ramach eksperymentów, komputerowe symulatory aparatury pomiarowej wykorzystywane w badaniach w obszarze budowy i eksploatacji maszyn, elektroniki i elektrotechniki, oprogramowanie do monitorowania długotrwałych procesów badawczych, oprogramowanie do śledzenia eksperymentów w trybie on-line przez studentów.

Model rozproszenia zasobów w odniesieniu do zlokalizowanej w tym samym położeniu geograficznym grupy laboratoriów zaprezentowano na rys. 3.



Rys. 3. Model rozproszenia zasobów w ramach grupy laboratoriów jednostki organizacyjnej, szkoły wyższej, instytutu badawczego lub laboratorium przemysłowego
Źródło: [13, s. 25].

W ramach laboratorium zaproponowano spójne oprogramowanie zawierające zbiór następujących modułów: interfejs użytkownika (moduł odpowiedzialny za komunikację z użytkownikiem), moduł komunikacji między użytkownikami, moduł wizualizacji (pozwalający na on-line'owe lub off-line'owe oglądanie wyników w postaci wygenerowanego wykresu bądź sekwencji wideo), moduł szeregowania zadań (istotny w przypadku eksperymentów badawczych, mniej ważny w przypadku dydaktyki), moduł accountingu (pozwalający na rozliczanie użytkowników z wykorzystanego czasu pracy na urządzeniu lub mocy obliczeniowej maszyn), moduł postprocessingu (pomocny w przypadku konieczności dodatkowej analizy, obróbki otrzymanych wyników), moduł komunikacji ze sprzętem (aparatura pomiarowa, urządzenia badawcze, urządzenia komunikacyjne).

Ważnym elementem WLDB jest serwer aplikacji. Serwer aplikacji jest niezależny od urządzeń wykorzystywanych w wirtualnym laboratorium. Serwer aplikacji jest wykorzystywany do odbierania zleceń od użytkowników i przekazywania ich do serwera

obsługującego specyficzne urządzenie oraz przekazywanie wyników z powrotem do użytkownika. Do zadań serwera należy również szeregowanie przychodzących zadań według określonego algorytmu. Zadanie jest przekazywane do serwera urządzenia w momencie gdy dane urządzenie jest wolne. Ważnym zadaniem tego serwera jest również rozliczanie użytkowników z wykorzystanego czasu na urządzeniu. Na serwerze aplikacji będzie również przechowywana baza wyników eksperymentów użytkowników i w razie potrzeby udostępniana innym użytkownikom np. pracującym nad tym samym problemem. Przy wykorzystaniu serwera aplikacji odbywa się komunikacja między użytkownikami np. wspólnie pracującymi nad danym problemem. Komunikacja może mieć charakter przesyłania wiadomości, rozmowy on-line, przesyłania dźwięku lub nawet wideokonferencji. Ze względu na uniwersalność tego poziomu oraz specyfikę pozostałych poziomów ważne jest by jak najwięcej funkcji zostało zlokalizowanych na tym właśnie poziomie. Umożliwi to szybkie dostosowanie systemu do nowych wymagań związanych z innym sprzętem.

Serwer pomiarowy jest odpowiedzialny za odbiór zadania od serwera aplikacji, rozkodowanie otrzymanego datagramu, zlecenie zadania oraz odbiór wyników i przekazanie ich do serwera aplikacji. Program jest specyficzny dla obsługiwanego urządzenia, wykorzystuje funkcje API urządzenia do zlecania zadań i sterowania urządzeniem.

W projekcie uwzględniono następujące grupy użytkowników różniących się uprawnieniami:

- administrator serwera laboratoriów wirtualnych – osoba odpowiedzialna na funkcjonowanie komputera, na którym działa oprogramowanie wirtualnego laboratorium; odpowiada również za tworzenie laboratoriów o nowych profilach, nadaje prawa użytkownikowi, która będzie opiekować się danym laboratorium;
- administrator laboratorium – osoba odpowiedzialna za dany profil laboratorium, tworzy nowych użytkowników, którzy będą mogli pracować w laboratorium,
- administrator urządzenia fizycznego – osoba zajmująca się urządzeniem, które jest udostępniane w ramach wirtualnego laboratorium, osoba ta jest odpowiedzialna za obsługę urządzenia (np. wkładanie próbek, kalibracja, odpowiednie ustawienie parametrów), którą z pewnych względów nie będzie można wykonać w sposób zdalny;
- administrator systemu obliczeniowego – osoba odpowiedzialna za funkcjonowanie systemu, na którym są wykonywane obliczenia;
- użytkownik – osoba zainteresowana korzystaniem z funkcji udostępnianych przez wirtualne laboratorium.

Model wirtualnego laboratorium badawczo-dydaktycznego odwzorowuje w postaci wielopoziomowego drzewa hierarchicznego strukturę organizacyjną laboratoriów oraz stanowisk dydaktycznych i badawczych będących na wyposażeniu każdego laboratorium.

PODSUMOWANIE

Wirtualne laboratorium to nie tylko niezwykle atrakcyjny z punktu widzenia studenta, system wspomagający proces kształcenia, dostępny w sposób ciągły zarówno w sensie miejsca, jak i czasu, ale również panaceum na problemy związane z zakupem drogich unikatowych urządzeń pomiarowo-kontrolnych (umożliwiający tzw. integrację zasobów pomiarowych), na które stać tylko nieliczne jednostki naukowo-badawcze. Korzystanie z wirtualnych laboratoriów umożliwia naukowcom pracę nad ich projektami poprzez zdalne symulowanie zdarzeń, interpretację danych eksperymentalnych oraz wykonywanie realnych eksperymentów w przystosowanym do tego laboratorium aparaturowym z wykorzystaniem drogich przyrządów i z udziałem personelu laboratorium.

Budowa wirtualnych laboratoriów nie powinna się jednak ograniczać tylko i wyłącznie do narzędzi umożliwiających wykonanie eksperymentu, ale również powinna zawierać narzędzia umożliwiające współpracę pomiędzy zespołami naukowców czy umożliwiać wirtualne

spotkania naukowców z różnych części świata współpracujących nad tym samym problemem badawczym. W przyszłości wirtualne laboratoria z pewnością będą wykorzystywały system teleimersji, czyli generowany w czasie rzeczywistym, trójwymiarowym obraz rozmówcy, wyświetlany tak, jakby siedział po drugiej stronie szyby.

BIBLIOGRAFIA

1. Adamiak R.W., Gdaniec Z., Lawenda M., Meyer N., Popena Ł., Stroiński M., Zieliński K., *Laboratorium wirtualne w środowisku gridowym*, http://vlab.psnc.pl/pub/Laboratorium_Wirtualne_w_srodowisku_gridowym_ver.1.0.pdf [10.10.2013].
2. Godziemba-Maliszewski M., Majkowski A., Rak R.J., *Platforma zdalnego laboratorium jako nowoczesny element wspomagający proces kształcenia*, Przegląd Elektrotechniczny, R. 87 NR 9a/2001.
3. M. Heim, *Virtual Realism*, Oxford University Press, New York 1998.
4. Juszcyk S., *Komunikacja człowieka z mediami*, Wydawnictwo Naukowe Śląsk, Katowice-Warszawa 1998.
5. Kouzes R.T., Myers J.D., Wulf W.A., *Collaboratories: Doing Science on the Internet*, Journal Computer, Vol. 29(8), IEEE Computer Society Press Los Alamitos, CA, USA, August 1996.
6. Krueger M., *Artificial Reality II*, Addison-Wesley Publishing Company Inc., Reading, Mass. 1991.
7. Kuština E., Różewski P., Zaikin O., *Modele i metody zarządzania procesem otwartego nauczania zdalnego*, Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa-Szczecin 2008.
8. Lanier J., *Wirtualna obecność*, przeł. A. Bartnik, Świat Nauki, nr 6, 2001.
9. Lawenda M., *Laboratorium wirtualne i teleimersja*, PCSS, Poznań 2001 (http://vlab.psnc.pl/pub/lab_wirt.pdf, 20.09.2013).
10. North M.M., North S.M., *Virtual Reality Therapy*, Encyclopedia of Psychotherapy, Vol. 2, Elsevier Science, USA 2002.
11. Pawluś D., *Laboratorium wirtualne do badań geotechnicznych*, Górnictwo i Geoinżynieria, Rok 33, Zeszyt 3/1, 2009.
12. Przybyszewski K., *Tutoriale i trenażery umiejętności w nauczaniu zdalnym*, Półrocznik AGH, Automatyka, t. 9, z. 3, Kraków 2005.
13. Sprawozdanie z realizacji zadania badawczego nr RC/1/III.5.2/PS pt. *Modułowa aparatura badawcza dla innowacyjnych metod kształcenia w obszarze zaawansowanych technologii zrównoważonego rozwoju realizowanego ramach Programu Strategicznego pt. Innowacyjne systemy wspomagania technicznego zrównoważonego rozwoju gospodarki*.
14. Tadeusiewicz R., *Cybernetyczny model nauczania wspomagane komputerowo*, Półrocznik AGH, Automatyka, t. 8, z. 2, Kraków 2004.

VIRTUAL LABORATORY – A TOOL USED IN TEACHING AND SCIENTIFIC PRACTICE

Abstract

Nowadays, virtual laboratories are more frequently used in the R&D and teaching practice. They are the answer to the contemporary requirements and the need for modern and innovative methods of knowledge dissemination and the virtual execution of research. The main objective of virtual laboratories is to popularize the territorially dispersed IT environment, in which networked hardware

and software are included, and to give access to the knowledge and experts specializing in different scientific domains. The concept of virtual laboratories enables equal opportunities of access to modern infrastructure, for people working in large research centers, as well as active researchers working in institutions where there is no access to such resources.

Autorzy:

mgr **Radosław Luft** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu
(r.luft@uthrad.pl)

mgr **Krzysztof Sola** – Wodociągi Miejskie w Radomiu Sp. z o.o.
(e-mail: krzysztofsola@woda.radom.pl)

mgr **Marzena Walasik** – Instytut Technologii Eksploatacji – PIB w Radomiu
(e-mail: marzena.walasik@itee.radom.pl)