

Remigiusz J. Rak

POLITECHNIKA WARSZAWSKA,
INSTYTUT ELEKTROTECHNIKI TEORETYCZNEJ I SYSTEMÓW INFORMACYJNO-POMIAROWYCH

Kształcenie metrologów w dobie społeczeństwa informacyjnego

Prof. dr hab. inż. Remigiusz J. RAK

Absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej. Od 1974 roku pracownik Instytutu Elektrotechniki Teoretycznej i Systemów Informacyjno-Pomiarowych Wydziału Elektrycznego. Od roku 2006 kierownik Zakładu Systemów Informacyjno – Pomiarowych. Zainteresowania naukowe: cyfrowe przetwarzanie sygnałów, projektowanie systemów pomiarowych. Autor ok. 100 publikacji. Pełnomocnik Rektora ds. Nowych Form i Technologii Kształcenia. Członek Sekcji Aparatury i Systemów Pomiarowych KMiAN PAN.



e-mail: rakrem@iem.pw.edu.pl

Streszczenie

W referacie przedstawiono racje za opracowaniem i wprowadzeniem nowego, opartego na zdobyczach technologii informacyjnej, modelu kształcenia studentów w zakresie metrologii. W dalszej części opisano model edukacyjny bazujący na wykorzystaniu komputera, technik multimedialnych oraz dostępu do Internetu. Wreszcie zamieszczono opis platformy edukacyjnej, podręcznika elektronicznego oraz laboratorium wirtualnego. Na zakończenie zaprezentowano pewne ogólne informacje na temat kształcenia na odległość.

Słowa kluczowe: technologia informacyjna, wirtualny przyrząd pomiarowy, laboratorium wirtualne, zdalny dostęp do laboratorium

Education of Metrology in the Era of Information Society

Abstract

The article gives a review of reasons for developing and adopting a new web-based model of teaching in the field of Instrumentation & Measurement. That is followed by a description of the Internet and multimedia - based educational model. Then follows a description of the structure and tools of the electronic books and Virtual Laboratory. The last chapter presents some details concerned to distance learning.

Keywords: information technology, electronic book, virtual instrument, virtual laboratory, remote access to laboratory

1. Wstęp

Technologia Informacyjna (TI) - to zespół środków i narzędzi (w tym oprogramowanie) jak również elementy innych dziedzin (w tym komunikacja), które służą wszechstronnemu posługiwaniu się informacją. Reasumując, technologia informacyjna obejmuje: źródła informacji, informację, komputery, informatykę, techniki multimedialne, sieci komputerowe oraz komunikację (w sensie przesyłania informacji).

Rozwijająca się lawinowo technologia informacyjna stawia przed nami nowe, nierzadko trudne wyzwania. Stwarza też zupełnie nowe, nieraz nieoczekiwane możliwości oraz nowe narzędzia, które musimy poznać i umiejętnie wykorzystać. Ostatnie wymienione tutaj uwagi dotyczą również tej bliskiej nam dziedziny jaką jest Metrologia, niemal we wszystkich jej aspektach. Bowiem, lawinowy rozwój technologii jaki nastąpił w ostatnim dziesięcioleciu pociągnął za sobą zmiany, których efektem są nowe cechy podstawowych narzędzi metrologa. Należą do nich [5]:

- *Elastyczność:* Już istniejące komputerowe systemy pomiarowe jest bardzo łatwo „przeprogramować”, dopasować do zmieniających się wymogów otoczenia;
- *Powtarzalność:* Systemy pomiarowe zawierają coraz mniej struktur analogowych, których charakterystyki były wrażliwe na warunki środowiskowe, jak np. temperatura. Programowane struktury cyfrowe mają parametry w pełni powtarzalne;
- *Rozmiary i moc:* Algorytmy cyfrowego przetwarzania sygnałów (CPS), jako moduły ograniczone głównie do oprogramowania powodują, że zużycie energii przez „urządzenia przetwarzające” jest wielokrotnie mniejsze niż przez pozostałe elementy sprzętowe.
- *Wytrzymałość:* Nowoczesne urządzenia (w tym przyrządy pomiarowe) są coraz bardziej odporne na uszkodzenia. Wynika to znów z faktu, że zasadniczą część struktury stanowi oprogramowanie, które pracuje poprawnie dopóki jest prawidłowo stosowane;
- *Skalowalność:* W większości przypadków powiększenie funkcjonalności systemów z blokami CPS polega na dodaniu dodatkowego oprogramowania.

Zadania jakie stoją przed metrologami, tak jak przed wszystkimi członkami społeczeństwa informacyjnego to:

- Pogodzenie się ze świadomością życia w społeczeństwie informacyjnym;
- Dostrzeganie i rozumienie wpływu TI na edukację, życie zawodowe i funkcjonowanie społeczeństwa;
- Stosowanie źródeł informacji i narzędzi TI w procesie poznawczym i samokształceniu;
- Stosowanie źródeł informacji i narzędzi TI w rozwiązywaniu problemów naukowo-badawczych;
- Stosowanie źródeł informacji i narzędzi TI w procesie dydaktycznym.

Beneficjentami nowych technologii są przede wszystkim: przemysł komputerowy, przemysł telekomunikacyjny, operatorzy usług telekomunikacyjnych i przemysł środków audiowizualnych.

Poszkodowani to te miliony pracobiorców, które zmuszone są w swoim życiu zawodowym przekwalifikowywać się po wielokroć. W tyle pozostaje coraz więcej ludzi, którzy nie chcą lub nie potrafią pracować przez całe życie z wysoką aktywnością. Wszechobecna globalizacja prowadzi do tempa zmian strukturalnych, jakiemu coraz więcej ludzi nie jest w stanie poddać. Rozwój technologii przerasta oczekiwania i wyobrażenia wielu ludzi. Ludzie często patrzą na naukę i postęp z obawą, widząc w nich źródło zagrożeń. Pożywką dla tych obaw jest bezrobocie i zagrożenie środowiska. Coraz częściej swoje nadzieje, związane z tymi zagrożeniami, ludzie pokładają w edukacji. To edukacja przygotowuje ludzi do pracy i życia, pozwala im zrozumieć świat, nadążać za zmianami, „odświeżać” wiedzę. Wykształceni pracownicy są decydującym elementem produkcji obok kapitału i technologii. Zaawansowane technologie trafiają głównie do regionów z wykształconą kadrą. Zatem, powszechność i konieczność edukacji, winna mieć najwyższy priorytet w dobie społeczeństwa informacyjnego.

Wygodną formą kształcenia w społeczeństwie informacyjnym, wolną od ograniczeń związanych z miejscem i czasem nauczania, jest „kształcenie na odległość”. Wymaga ono użycia całkiem niewielu elementów spośród zdobyczy TI, wchodzących w skład

tw. „edukacji elektronicznej” (e-edukacja)¹: komputer (do czytania, pisania, obliczeń, symulacji, dostępu do Internetu), CD ROM – (do przechowania podręcznika elektronicznego), Internet (który daje dostęp do materiałów dydaktycznych, umożliwia kontakt z wykładowcą, biblioteką i administracją). Trzeba przyznać, że zarówno komputer, jak i Internet trudno już zakwalifikować do narzędzi nowych. Niewątpliwą nowością natomiast jest zakwalifikowanie ich do narzędzi konstruktywistycznych tzn. poznawczych, a nie pełniących tylko rolę szkolnej tablicy o rozbudowanej funkcjonalności.

Niezbędnym elementem systemu kształcenia na odległość jest portal edukacyjny. Portal taki, jako rodzaj platformy programowej, stanowi centralne środowisko do prowadzenia kształcenia w tym modelu.

2. Narzędzia

Do bardziej szczegółowych narzędzi, wywodzących się z technologii informacyjnej, które potencjalnie mogą być wykorzystywane w procesie kształcenia, należą: pamięć elektroniczna, edytory tekstu, edytory grafiki, programy do prezentacji, arkusze kalkulacyjne, zasoby multimedialne (tekst, dźwięk, obraz, video), bazy danych, języki programowania, algorytmy numeryczne, oprogramowanie narzędziowe (CAD), oprogramowanie symulacyjne, interfejsy sprzętowe (RS232, USB, IrDA, Bluetooth, WiFi), poczta elektroniczna (e-mail), forum dyskusyjne, sieci komputerowe, Internet.

Do tego wszystkiego dochodzi jeszcze nowoczesny, firmowy (specjalistyczny) sprzęt pomiarowy dedykowany procesowi kształcenia. W tym miejscu warto wymienić chociażby dwa moduły przygotowane przez firmę National Instruments: DAQ Signal Accessory oraz NI Instrument Simulator.

Pierwszy z nich ma wbudowane następujące elementy: generator funkcyjny (100Hz-1MHz), klucz elektroniczny (200mA), wejście dla czujnika temperatury, złącze do termopary, wejście mikrofonowe, wejście sygnału analogowego. Moduł zasilany jest z „pokładu” karty zbierania danych.

Drugi zawiera symulatory przyrządów pomiarowych takich jak oscyloskop cyfrowy i multimetr cyfrowy. Może być obsługiwany za pośrednictwem interfejsu IEC-625.2 lub RS232C. Pozwala wykorzystywać język wysokiego poziomu do programowania autonomicznych przyrządów pomiarowych SCPI (*Standard Commands for Programmable Instruments*).

Rozsądne wykorzystanie wszystkich dostępnych zasobów sprzętowych i programowych, jako elementów edukacji, może niezwykle uatrakcyjnić proces kształcenia, właśnie w zakresie metrologii. Z punktu widzenia metrologa powstaje pytanie: Jak najlepiej wykorzystać nowe narzędzia technologii informacyjnej w samokształceniu, badaniach naukowych i w procesie dydaktycznym? Próba odpowiedzi na to pytanie stanowi cel niniejszego artykułu.

3. Portal edukacyjny

Jak już wspomniano, prawie wszystkie wymienione narzędzia technologii informacyjnej mogą być naprawdę efektywnie wykorzystane w procesie kształcenia dopiero wtedy, gdy powstanie portal edukacyjny. Jest to niezbędny element nowoczesnego kształcenia nie tylko w modelu kształcenia na odległość, ale również w modelu mieszanym (*blended learning*), w którym stanowi formę uzupełnienia tradycyjnych zajęć stacjonarnych. Portal edukacyjny poprawia wygodę pracy studentom, wykładowcom, opiekunom studentów jak również administracji uczelni.

Z punktu widzenia studentów portal edukacyjny udostępnia bazę z oferowanymi przedmiotami, witrynę do studiowania przedmiotów, kontakt z wykładowcą, pomoc i konsultacje, pełną

obsługę informacyjną, testy, pytania kontrolne, zadania, spotkania w Internecie, forum dyskusyjne, wirtualną klasę oraz bibliotekę elektroniczną.

Z punktu widzenia wykładowców portal zapewnia możliwość komunikacji ze studium, wysyłania oraz odbioru zadań, rozwiązań i sprawdzianów. Daje indywidualną przestrzeń pracy, w sensie prowadzenia korespondencji i notatek. Daje możliwość przygotowania i ciągłego ulepszania materiałów dydaktycznych.

Jako przykład platformy edukacyjnej może z powodzeniem posłużyć darmowy pakiet oprogramowania o nazwie Moodle (*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*) [3]. Jest łatwy, intuicyjny w obsłudze i umożliwia tworzenie oraz zarządzanie „kursami” umieszczanymi na stronach WWW.

Można powiedzieć, że platforma Moodle jest *systemem zarządzania zasobami edukacyjnymi (LCMS – Learning Content Management System)*. Platforma jest dystrybuowana wraz z kodami źródłowymi jako oprogramowanie typu „open source”. Każdy użytkownik ma dostęp do pełnego kodu źródłowego i może w nim zrobić potrzebne zmiany, celem dostosowania platformy do własnych, indywidualnych potrzeb. Modułowa budowa umożliwia rozbudowę platformy o elementy specjalistyczne potrzebne do konkretnych zastosowań. Jedną z zasadniczych zalet tej platformy jest jej niezależność od systemu operacyjnego. Pozwala to na uruchomienie jej praktycznie na każdym systemie operacyjnym, wyposażonym w serwer WWW z językiem PHP oraz serwer bazy danych zgodny z MySQL. Znacznie obniża to koszty wdrożenia. Platforma wyposażona jest w moduł SCORM co bardzo ułatwia przenoszenie kursów pomiędzy różnymi platformami jak: WebCT, BlackBoard, Lotus Learning Space, iLearning i inne. Platforma Moodle może być obsługiwana w ponad 50 językach.

4. Podręcznik

Elektroniczny podręcznik multimedialny to podstawowy element asynchronicznego modelu kształcenia. Oprócz przygotowanych w wersji multimedialnej tradycyjnych treści dydaktycznych może on zawierać pomocnicze oprogramowanie, zbiór wybranych publikacji, adresy i połączenia (linki) z innymi źródłami informacji, biblioteki elektroniczne, archiwa, zbiory, animacje, symulacje eksperymentów, testy. Narzędzia wykorzystywane przy opracowaniu podręcznika można podzielić na trzy grupy: tradycyjne, multimedialne oraz zaawansowane.

Narzędzia tradycyjne to: teksty, różnorodne czcionki, wzory, rysunki, zdjęcia, kolory. Narzędzia multimedialne to: komentarz pisany i czytany (audio), komentarz audio-video, animacja rysunku, animacje prezentacji, połączenie „link”.

Narzędzia zaawansowane to: generatory testów, symulacja „lokalna” (oprogramowanie uruchamiane na własnym komputerze), symulacja „na odległość” (oprogramowanie uruchamiane na serwerze aplikacji), eksperyment symulowany, eksperyment „na odległość”, zdalny dostęp do laboratorium rzeczywistego.

Bardzo ważną rolę w przygotowaniu aplikacji multimedialnych odgrywa język Java. Jest to język przeznaczony do programowania aplikacji sieciowych. Program w Javie może zostać wykonany na komputerze z dowolnym systemem operacyjnym. *Aplety Javy* mogą być wplecione do podręcznika przygotowanego w formacie HTML, mogą go „ożywić” i udoskonalić. Java „potrafi” wzbogacić multimedialną zawartość stron WWW oferując płynne animacje, zaawansowaną grafikę, dźwięk i obraz bez potrzeby zaopatrywania się w dodatkowe aplikacje i podłączanie ich do przeglądarki WWW. Skompilowany program może być dystrybuowany w polimorficznej sieci Internet, bez potrzeby troszczenia się o to, jakiego systemu operacyjnego i jakiej przeglądarki używają odbiorcy.

Efekt działania programu Javy, symulującego działanie zestawu przyrządów pomiarowych jest zobrazowany na rys. 1.

¹ W zakresie terminologii wciąż brak pełnej jednolitości.

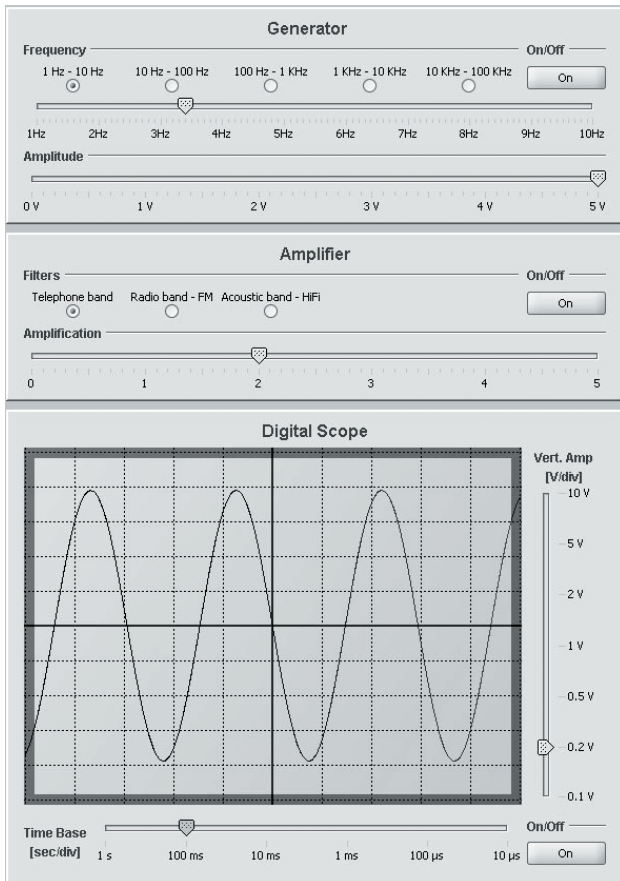


Fig. 1. Set of cooperating instruments as an Java applet

Rys. 1. Zestaw współpracujących ze sobą przyrządów w postaci apletu Javy

Drugim ważnym narzędziem pomocnym w tworzeniu animacji na użytek stron WWW jest program Flash firmy Macromedia. Program ten generuje pliki o małej objętości, które dobrze sprawdzają się prawie we wszystkich przeglądarkach. Format Flash - oznaczony rozszerzeniem *.swf*, różni się od innych między innymi formatami grafiki. Jest oparty na grafice wektorowej. W przeciwieństwie do obrazków *bitmapowych* (*.bmp*), gdzie konieczne jest zapisanie informacji o każdym pojedynczym pikselu, używa się matematycznych formuł do opisanego kształtu, koloru i położenia obiektów. Dzięki temu plik zajmuje mniej miejsca w pamięci, a dodatkowo nawet skomplikowane animacje są szybko ładowane do przeglądarki. Efekt działania programu Javy, symulującego działanie zestawu przyrządów pomiarowych jest zobrazowany na rys. 2.

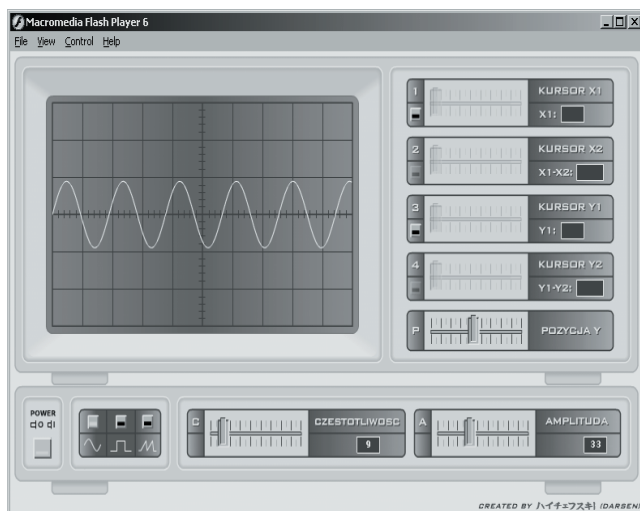


Fig. 2. Set of cooperating instruments as an Flash module

Rys. 2. Zestaw współpracujących ze sobą przyrządów w postaci modułu Flash

5. Laboratorium

W procesie kształcenia metrologów niezwykle ważnym elementem jest laboratorium. Prace prowadzone w tym zakresie, w kontekście kształcenia na odległość, zmierzają do opracowania *laboratorium wirtualnego*², zawierającego wyłącznie elementy *symulacji* oraz realizacji *zdalnego dostępu do laboratorium rzeczywistego* [4]. Punkt wyjścia, w obydwu przypadkach, stanowi wirtualny przyrząd pomiarowy. Wirtualne przyrządy pomiarowe już w dużym stopniu zastąpiły, w laboratoriach dydaktycznych, drogie i skomplikowane „przyrządy inteligentne”. Znacznie uprościło to proces projektowania, uruchamiania i modernizacji tych laboratoriów. Graficzny interfejs użytkownika, który do złudzenia przypomina płytę czołową rzeczywistego przyrządu pomiarowego powoduje, że użycie i rozumienie działania przyrządu jest intuicyjne dla tych, którzy korzystali do tej pory z przyrządów tradycyjnych. Możliwość modyfikowania procedury pomiarowej poprzez zmianę zainstalowanego w komputerze oprogramowania, bez zmiany modułów sprzętowych sprawia, że badania i eksperymenty stają się coraz bardziej elastyczne, nowoczesne i proste. W skrajnym przypadku, możliwa jest konstrukcja przyrządu dydaktycznego, który nie zawiera żadnego urządzenia pomiarowego (brak sprzętu), dane wejściowe pobierane są z plików w pamięci masowej, baz danych, innych komputerów lub generowane w sposób numeryczny. Panel graficzny na ekranie monitora symuluje płytę czołową wymaganego przyrządu, którego obsługa odbywa się za pomocą „myszy”. Konstrukcja ta, zdaniem tradycjonalistów, dotyczy raczej symulacji przyrządu, systemu lub procesu pomiarowego. Nie ulega jednak kwestii, że może być niezwykle przydatna w dydaktyce. Charakteryzuje się dużą uniwersalnością, elastycznością oraz niskim kosztem opracowania. Jako forma symulacji eksperymentu, wyjątkowo dobrze nadaje do uzupełnienia nowoczesnych elektronicznych podręczników akademickich o moduł laboratoryjny. Wszystkie standardowe pakiety oprogramowania narzędziowego jak: LabWindows/CVI, LabVIEW (National Instruments) TestPoint (Kithley), HP VEE (Hewlett Packard) i wiele innych, umożliwiają projektowanie takich przyrządów w formie aplikacji pod Windows. Jednak najbardziej pożądaną formą aplikacji są wspomniane już aplety Javy, działające pod kontrolą dowolnego systemu operacyjnego.

W gruncie rzeczy o sile oprogramowania narzędziowego decydują ich niezwykle bogate funkcje biblioteczne zawierające elementy:

- dostępu do interfejsów pomiarowych (GPIB, RS-232, VXI, DAQ),
- dostępu do przyrządów autonomicznych (Instrument Library),
- grafiki komunikacji z użytkownikiem (Graphics Library, User Interface Library, I/O Library),
- analizy matematycznej i cyfrowego przetwarzania sygnałów (Advanced Analysis Library),
- dostępu do sieci komputerowej (TCP/IP, DataSocket, ActiveX),
- międzyprocesowej wymiany danych DDE (Dynamic Data Exchange).

Wszystko to sprawia, że sprzęgnięcie przyrządu wirtualnego (zawierającego sprzęt i oprogramowanie) z lokalną siecią komputerową jest niezwykle proste. Wymaga tylko zainstalowania karty sieciowej w komputerze (kontrolerze) i przydzielenia mu numeru IP. Obsługa protokołu sieciowego, natomiast wbudowana jest do większości bibliotek oprogramowania narzędziowego. Rodzi to możliwość publikacji w sieci wyników eksperymentu, a w dalszej konsekwencji realizacji *zdalnego dostępu do laboratorium rzeczywistego*. Idea

² Wielu autorów wlicza zdalny dostęp do laboratorium w skład elementów laboratorium wirtualnego. Na życzenie szerokiego grona Metrologów autor, w stosownych przypadkach, będzie używał określenia: zdalny dostęp do laboratorium.

ta, która powstała na bazie *rozproszenia* laboratorium w sieci komputerowej coraz częściej, dla ujednoczenia terminologii, określana jest w literaturze jednym wspólnym mianem *laboratorium wirtualne*. Termin *rozproszony* odnosi się w takim przypadku nie tylko do przestrzeni, lecz również do zasobu realizowanych funkcji i zadań. Wybrane narzędzia projektowania przydatne w tym zakresie to:

- Popularne protokoły internetowe: IP, UDP, TCP;
- Gniazda (Sockets) - dostępna w wielu systemach Unixowych (oraz jako *winsock* w Windows 200x/NT) metoda komunikacji sieciowej między programami;
- Architektura „client-server”: Program łączący się z otwartym gniazdem (klient) musi znać sieciowy adres komputera (serwera) oraz numer portu;

Obiektami programowymi mogą być rzeczywiste bądź też wirtualne przyrządy pomiarowe, sterowniki urządzeń, serwery, lub wreszcie abstrakcyjne obiekty jak funkcje matematyczne i logiczne.

Najbardziej modernistyczne rozwiązanie konfiguracyjne - to *wirtualny przyrząd pomiarowy rozproszony w lokalnej sieci komputerowej*. Na rys. 3 zamieszczono schemat funkcjonalny takiego przyrządu.

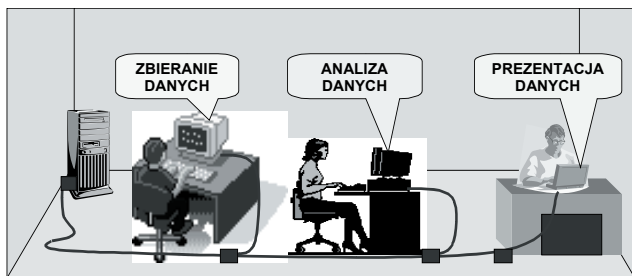


Fig. 3. Functional diagram of the *distributed instrument*
Rys. 3. Schemat funkcjonalny *rozproszonego przyrządu pomiarowego*

Osadzenie wirtualnego przyrządu pomiarowego w rozproszonym systemie zlokalizowanym w sieci Internet daje niespotykaną do tej pory możliwość tworzenia zaawansowanych i elastycznych systemów, które mogą służyć prowadzeniu eksperymentów i wspomagać proces dydaktyki. Szybki rozwój narzędzi programistycznych ułatwiających komunikację komputerów na duże odległości przesądza o wyjątkowej atrakcyjności *zdalnego dostępu do laboratorium*. Możliwe staje się prowadzenie eksperymentów, oferowanych przez różne ośrodki akademickie, oraz korzystanie z wyników przez szerokie grono studentów, niezależnie od miejsca ich aktualnego pobytu. Sprawia to, że wirtualne laboratoria pomiarowe są w ostatnich latach przedmiotem badań wielu instytucji naukowych. Przykładowa, kompleksowa architektura *laboratorium wirtualnego* przedstawiona jest na rys. 4.

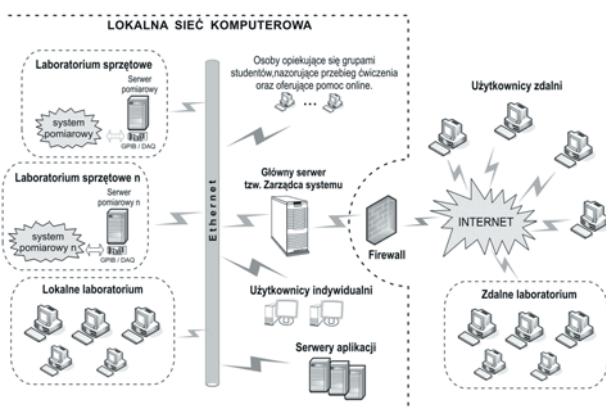


Fig. 4. An example of Virtual Laboratory architecture
Rys. 4. Przykładowa architektura wirtualnego laboratorium

Dostęp do takiego laboratorium nie musi być ograniczony do kilku godzin w tygodniu, lecz możliwy nawet przez 24 godziny na dobę. Jak już wcześniej wspomniano, jest to nieocenione zwłaszcza w przypadku drogiego sprzętu, do którego studenci mają ograniczony dostęp w laboratorium tradycyjnym. Organizacja zdalnego dostępu do laboratorium, dokonywanie autoryzacji oraz identyfikacji użytkowników stanowi odrębny problem, który jest już rozwiązany na pewnym poziomie szczegółowości w innych grupach zastosowań.

6. Podsumowanie

Tempo życia, zmiany społeczno-kulturowe, cywilizacyjne, i technologiczne mają coraz większy wpływ na współczesny proces kształcenia. Powoduje to coraz bardziej powszechne wykorzystywanie w tradycyjnym kształceniu elementów „edukacji elektronicznej” dotychczas zarezerwowanych wyłącznie dla procesu kształcenia na odległość, a uwalniających studenta od ograniczeń związanych z miejscem nauczania, czasem nauczania oraz jego tempem.

Warto jednak z całą mocą podkreślić, że w dziedzinie metrologii ani nowoczesne techniki symulacyjne, ani zdalny dostęp do laboratoriów nie wyeliminują konieczności prowadzenia rzeczywistych eksperymentów, obsługi rzeczywistych przyrządów i systemów pomiarowych oraz borykania się z problemami natury sprzętowej. Eksperymenty praktyczne, prowadzone często z wykorzystaniem metody „prób i błędów” mają niezwykle duże, może nawet rosnące znaczenie w procesie zdobywania wiedzy w zakresie nowoczesnych, złożonych technologii. Ma to szczególne znaczenie wszędzie tam, gdzie złożone zjawiska nie dają się w prosty sposób opisać matematycznie. Eksperymentalne badanie zjawisk fizycznych i obiektów drogą pomiarów oraz budowanie ich modeli ułatwia przyswajanie wiedzy na temat samych procedur pomiarowych i struktur systemów pomiarowych. Jednakże możliwość samodzielnego kształcenia i rozwiązywania problemów ma duży wpływ na stopień przyswajania wiedzy. Nowe rozwiązania w dziedzinie technologii informacyjnej, globalna sieć komputerowa a zwłaszcza multimedia wychodzą naprzeciw rosnącemu zapotrzebowaniu na nowoczesne techniki „e-edukacji”, uzupełniające tradycyjny proces kształcenia. Wszystko wskazuje na to, że biegiem czasu techniki „wirtualnej rzeczywistości” rozwiną się na tyle, że przeglądarkę internetową można będzie zastąpić trójwymiarowym obrazem. Użytkownik będzie miał wrażenie, że znajduje się wewnątrz rzeczywistego laboratorium, a wszystkie urządzenia i układy będą wyglądały jak prawdziwe. Będzie pokusa by je dotknąć.

7. Literatura

- [1] Rak R.J., Michalski A.: Education in Instrumentation and Measurement: The Information and Communication Technology Trends”, IEEE Instrumentation and Measurement Magazine, Vol.8, No.2, June 2005, pp. 61-69.
- [2] Rak R.J.: ICT in Instrumentation and Measurement - the Publishing Side, 2005 IEEE International Conference On Virtual Environments Human-Computer Interfaces and Measurement Systems – VECIMS’2005, Sicily, Italy, 18-20 July 2005, (Proc. on CD).
- [3] Godziemba-Maliszewski M., Galwas B., Rak R.J.: Platforma Moodle jako narzędzie zdalnej edukacji, Krajowa Konferencja Naukowa – Technologie Internetowe w Zarządzaniu i Biznesie TIZIB’05, Łódź 2005, str. 80-85.
- [4] Rak R.J., Majkowski A., Godziemba Maliszewski M.: Analiza porównawcza struktur laboratorium wirtualnego, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Elektryka z.195/2005, str. 221-232.
- [5] Oshana R.: DSP Software Development Techniques for Embedded and Real-Time Systems, Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 2006, ch 1-4, pp. 1-122.