

PIOTR WITAKOWSKI*, DOROTA PAWLUŚ*

ZDALNY MONITORING WIZYJNY W LABORATORIUM WIRTUALNYM

REMOTE VIDEO MONITORING IN VIRTUAL LABORATORY

Streszczenie

W artykule opisano ogólne zasady tworzenia systemów zdalnego monitoringu ze szczególnym uwzględnieniem monitoringu wizyjnego. Przedstawiono Geotechniczne Laboratorium Wirtualne zbudowane w Akademii Górniczo-Hutniczej i możliwości jego wykorzystania, do zdalnego monitoringu wizyjnego, jak również do zdalnego pomiaru przemieszczeń.

Słowa kluczowe: monitoring wizyjny, monitoring zdalny, laboratorium wirtualne

Abstract

The general principles of creating of Remote Monitoring Systems in work were described. Special attention to the Remote Video Monitoring Systems was paid. Virtual Geotechnical Laboratory built at AGH University has been presented. Possibilities of its utilisation to remote video monitoring and to remote measurement of displacements have been showed.

Keywords: video monitoring, remote monitoring, virtual laboratory

* Dr hab. inż. Piotr Witakowski, prof. AGH, dr Dorota Pawluś, Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie.

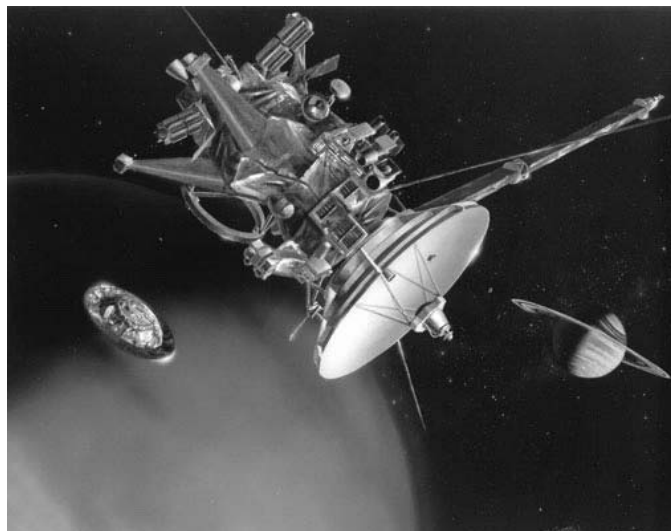
1. Zdalny monitoring – *Remote Monitoring*

Ostatnie dziesięciolecie przyniosło wielki postęp w dziedzinie telekomunikacji. Rozwój Internetu, sieci GSM i wyspecjalizowanych systemów łączności bezprzewodowej stworzył niespotykane wcześniej możliwości przesyłu informacji zarówno co do szybkości, jak i ilości. Zaowocowało to m.in. powstaniem licznych systemów zdalnego monitoringu. Monitoring często mylony jest z obserwacją. Trzeba więc podkreślić, że monitoring nie jest obserwacją, aczkolwiek w skład monitoringu wchodzi obserwacja. Monitoring (od łacińskiego słowa „monitor” – ostrzegający, przypominający) jest to działalność mająca na celu wykrywanie zagrożeń. Co za tym idzie, niezbędne przy monitoringu jest wcześniejsze ustalenie rodzaju zagrożenia – określenie **warunku monitoringu** – i dostosowanie systemu monitorowania do tego zagrożenia oraz ustalenie sposobu informowania o zagrożeniu. System monitoringu musi się więc składać zawsze z dwóch podsystemów: obserwacyjnego i ostrzegawczego. Podsystem obserwacyjny musi umożliwiać pozyskiwanie informacji stosownych do rodzaju potencjalnego zagrożenia. System ostrzegawczy musi być wyposażony w możliwość analizy obserwacji, porównywania jej z wcześniej określonymi **stanami alarmowymi** i przekazywania informacji o wystąpieniu stanów alarmowych pod z góry ustalone adresy.

Tak skonstruowany system monitoringu nie musi być systemem zdalnym. Przez monitoring zdalny (ang. *Remote Monitoring*) rozumie się taki monitoring, przy którym obserwator jest w miejscu na tyle odległym od miejsca obserwacji, że przekaz informacji z obiektu monitorowanego do obserwatora wymaga zastosowania odrębnej technologii transmisji. Do obserwatora może być przekazywana całość zaobserwowanej informacji lub też jedynie informacja wytworzona przez podsystem ostrzegawczy. Systemy zdalnego monitoringu (ang. *Remote Monitoring System*) są to systemy informatyczne, w których podstawową rolę odgrywa sposób transmisji obserwacji do punktu, w którym odbywa się ich analiza i ocena, czy nie wystąpił stan alarmowy wymagający z góry określonych działań interwencyjnych. Literatura dotycząca zdalnego monitoringu jest już bardzo obszerna. Miarą szybkiego postępu w tej dziedzinie może być fakt, że od 5 lat ukazuje się już internetowy miesięcznik zatytułowany „Remote Site & Equipment Management” [1], w którym na bieżąco publikowane są najnowsze osiągnięcia dotyczące zdalnego monitoringu.

Systemy zdalnego monitoringu stosowane są w wielu dziedzinach. Do sfer szczególnego rozwoju zdalnego monitoringu należą:

- obronność (obserwacje satelitarne),
- pozycjonowanie (GPS, GLONASS, GALILEO),
- medycyna (telemedycyna, zdalna chirurgia),
- badania kosmiczne (rys. 1),
- badania klimatyczne (prognozy satelitarne),
- badanie sieci komputerowych (RMON),
- ochrona obiektów przed niepożądanym działaniem lub nieuprawnionym dostępem,
- zarządzanie procesami technologicznymi.



Rys. 1. Sonda Cassini wystrzelona w roku 1997, w roku 2008 weszła na orbitę Saturna odległego od Słońca o 1400 mln km. Odkryła 4 nowe księżyce Saturna. Liczne przyrządy obserwacyjne sondy dają personelowi naukowemu złudzenie przebywania na sondzie – codziennie przesyła ona kilka gigabajtów informacji [2]

Fig. 1. Cassini probe launched in year 1997, in year 2008 entered on orbit of Saturn in distance about 1400 million km from Sun. It discovered 4 new moons of Saturn. The numerous instruments the observational probes give the scientific staff the illusion of sojourn on probe – it sends every day several gigabytes of information

Na system zdalnego monitoringu RSM składają się zawsze 4 segmenty:

1. SEGMENT OBSERWACJI (CZUJNIKA)
2. SEGMENT TRANSMISJI
3. SEGMENT ANALIZY (CENTRALI)
4. SEGMENT DYSTRYBUCJI

Jeśli w segmencie transmisji stosuje się Internet, wówczas system nazywa się **systemem internetowym**, a jeśli w systemie istnieje również

5. SEGMENT URZĄDZEŃ WYKONAWCZYCH,

działających na podstawie wyników uzyskanych w segmencie analizy, wówczas system taki nazywa się **systemem zdalnego sterowania**.

SEGMENT OBSERWACJI obejmuje wszelkie instalacje na obiekcie – czujniki, sondy, rejestratory, modemy, okablowanie itp. Rodzaj i rozmieszczenie czujników pomiarowych muszą być dostosowane do warunku monitoringu. Czujniki powinny mierzyć taką wielkość fizyczną, jaka musi być analizowana dla badania warunku monitoringu. Zdarza się, że dla badania tego warunku niezbędna jest analiza różnych wielkości fizycznych i SEGMENT OBSERWACJI musi być wyposażony w różne czujniki mierzące różne wartości.

SEGMENT TRANSMISJI odpowiada za przekazanie obserwacji wykonanych przez SEGMENT OBSERWACJI do ośrodka, w którym analizowane są poczynione obserwacje

i identyfikowane jest potencjalne zagrożenie określone przez warunek monitoringu. Jego sprawne działanie (niezależnie od warunków) decyduje o skuteczności całego systemu monitorowania. Dla uniwersalności zastosowania i niezależności od lokalnych warunków SEGMENT TRANSMISJI w warunkach polskich powinien przewidywać łączność przewodową i bezprzewodową (np. GSM). Tylko wtedy będzie zapewniona możliwość monitorowania obiektu położonego w dowolnym miejscu na terenie Polski. Podstawowym medium dla łączności powinien być Internet.

SEGMENT ANALIZY obejmuje centralę systemu wraz z niezbędnym oprogramowaniem umożliwiającym analizę zaobserwowanych wyników. Dzięki systemowi transmisji centrala może być zlokalizowana w dowolnym punkcie. Wybór miejsca dla centrali nie jest jednak bez znaczenia. Powinno to być miejsce, w którym zlokalizowana jest równocześnie baza danych obejmująca wyniki wszystkich porównywalnych monitorowań, co umożliwi prowadzenie analiz porównawczych.

SEGMENT DYSTRYBUCJI powinien umożliwiać przekazywanie wyników analizy w dowolne miejsce kraju. Zasadniczym medium wykorzystywanym do tego celu powinien być Internet. Segment ten ma znaczenie w przypadku, gdy reakcja na spełnienie warunku monitoringu musi być bezzwłoczna. Informacja o fakcie spełnienia warunku monitoringu (nazywanym też „stanem alarmowym”) powinna być natychmiast przekazana do osoby uprawnionej do podjęcia decyzji o sposobie zareagowania na wystąpienie takiego stanu. Segment ten musi więc działać w sposób umożliwiający przekazanie decydentowi informacji niezależnie od miejsca przebywania tej osoby. W systemach internetowych, tj. gdy SEGMENT TRANSMISJI wykorzystuje Internet, również SEGMENT DYSTRYBUCJI działa na podstawie tego medium.

2. Zdalny monitoring wizualny – *Remote Video Monitoring*

Spośród wszystkich systemów zdalnego monitorowania na szczególną uwagę zasługują systemy monitoringu wizualnego (ang. *Remote Video Monitoring*), określane symbolem RVM. Obserwuje się bardzo dynamiczny rozwój tych systemów. W systemach tych obserwacje są obrazami zdjętymi (zarejestrowanymi) przez urządzenia wizyjne – czujnikami są tu kamery lub aparaty fotograficzne. Dzięki temu systemy te mogą dostarczać znacznie większej obfitości informacji niż inne. Równoczesny rozwój urządzeń wizyjnych i powstanie systemów telewizji przemysłowej CCTV (ang. *Close Circuit Tele-Vision*) umożliwiło zastosowanie tych systemów w wielu dziedzinach i powoduje nadal stale rosnące potrzeby w zakresie monitoringu wizyjnego. Jednym z obszarów zastosowania tych systemów jest monitoring obiektów budowlanych.

Ze względu na charakter obserwacji wizyjnych systemy monitoringu wizualnego różnią się od innych systemów monitorowania nie tylko rodzajem urządzeń obserwacyjnych, lecz całą swą strukturą i wymaganiami wobec innych segmentów. Dotyczy to zwłaszcza monitorowania obiektów budowlanych [3]. Systemy monitorowania wizyjnego są bardziej skomplikowane i droższe od systemów monitorujących inne wielkości fizyczne i wymagają wysokich kwalifikacji dla swej obsługi. Dają jednak tak obfitą i kompleksową informację, że nie mogą ich zastąpić żadne inne systemy monitorowania.

Trzeba pamiętać, że systemy monitorowania wizyjnego cechuje szczególna specyfika, na którą składają się:

- potrzeba dużej rozdzielczości dla oddania szczegółów,
- konieczność rozróżniania wielu kolorów dla wierności obrazu,
- konieczność zmiany długości ogniskowej (zoom),
- konieczność pracy przy dużych zmianach jasności (noc – dzień),
- konieczność ruchu kamery (pan-tilt),
- konieczność wyposażenia stanowiska obserwacyjnego w zasilanie,
- duża ilość informacji zawartych w obrazie – trudna rejestracja i analiza danych,
- niezbędna szybkość około 20 klatek/s dla zachowania ciągłości ruchu przy monitorowaniu on line – wielkie strumienie danych do transmisji,
- równoczesna rejestracja i transmisja video i audio,
- detekcja ruchu,
- konieczność zarządzania dużą liczbą kamer.

Rodzi to wysokie wymagania wobec kamer i segmentu transmisji stosowanych w przypadku monitoringu wizyjnego.

3. Zdalny monitoring w budownictwie

Z punktu widzenia potrzeb monitoringu najważniejsze znaczenie mają etapy realizacji i eksploatacji. W etapie realizacji monitorowanie obiektu jest konieczne dla wprowadzenia systemów zarządzania jakością. W etapie eksploatacji najważniejszym celem monitorowania jest zapobieganie katastrofom budowlanym. W każdym z tych etapów istnieją jednak inne zagrożenia. Co za tym idzie, inaczej musi być sformułowany warunek monitoringu.

3.1. Zagrożenia w fazie realizacji

W fazie realizacji obiektu (budowy) dwa największe zagrożenia, jakie mogą się pojawić, to:

- zagrożenie utratą monolityczności,
- zagrożenie utratą stateczności.

Zagrożenie utratą monolityczności pojawia się przede wszystkim przy budowie konstrukcji betonowych (i żelbetowych). Związane to jest z naprężeniami termicznymi wywołanymi przez ciepło hydratacji [4] – por. rys. 2. **Zagrożenie utratą stateczności** pojawia się przy wszystkich konstrukcjach, które ze względu na swój kształt (nachylenie) wymagają w fazie budowy stężeń lub podpór tymczasowych – por. rys. 3. Zagrożenie utratą monolityczności wymaga monitorowania pola temperatury wewnątrz dojrzewającego elementu betonowego, a zagrożenie utratą stateczności wymaga monitorowania przemieszczeń konstrukcji.

3.2. Zagrożenia w fazie eksploatacji

W fazie eksploatacji obiektu dwa największe zagrożenia, jakie mogą się pojawić, to:

- zagrożenie pożarowe,
- zagrożenie utratą nośności i stateczności.

Zagrożenie pożarowe jest podstawowym zagrożeniem, jakie jest badane podczas eksploatacji obiektów budowlanych. Sposób kontroli obiektów pod tym względem jest ujęty w prawie budowlanym [5] i rozporządzeniach wykonawczych. W szczególności rozporządzenie [6] określa kategorie obiektów, które muszą mieć stałe instalacje monitorowania zagrożenia pożarowego (czujki pożarowe), a także stałe instalacje gaśnicze (tryskacze). Zagadnienia bezpieczeństwa pożarowego mają bardzo bogatą literaturę techniczną i nie będziemy się nimi zajmować.



Rys. 2. Strop żelbetowy spękany na przestrzał w wyniku naprężeń termicznych wywołanych ciepłem hydratacji

Fig. 2. The reinforced concrete ceiling cracked on whole thickness as result of thermal tensions caused by the heat of cement hydration



Rys. 3. Tymczasowe rozporry podczas budowy pylonu mostu Siekierkowskiego

Fig. 3. The temporary spandrel beams during building of pylon of the Siekierkowski bridge

Zagrożenie utratą nośności i stateczności, mimo że dotyczy pierwszego tzw. wymagania podstawowego określonego przez dyrektywę unijną [7] jak też przez polskie prawo budowlane, nie znajduje dotąd dostatecznego odzwierciedlenia w prawnym obowiązku prowadzenia monitoringu. W praktyce zawsze monitoruje się duże zapory wodne i mosty o dużej rozpiętości. Monitorowaniu zapór poświęcona jest cyklicznie organizowana międzynarodowa konferencja [8], a monitorowaniu mostów poświęcono wiele publikacji, np. [9]. Dla innych obiektów budowlanych systemy monitorowania są rzadkością. Brak wymagań prowadzenia monitoringu wobec przekrytych obiektów masowego użytku – takich jak hale sportowe, handlowe i widowiskowe – był wyraźnym niedostatkim w zakresie prawa formalnego, gdyż utrata nośności lub stateczności w takich obiektach staje się przyczyną śmierci wielu osób.

Począwszy od 7 lipca 2009 roku zaczęło obowiązywać rozporządzenie Ministra Infrastruktury [10], które w § 204 stwierdza, że: „...Budynki użyteczności publicznej z pomieszczeniami przeznaczonymi do przebywania znacznej liczby osób, takie jak: hale widowiskowe, sportowe, wystawowe, targowe, handlowe dworcowe powinny być wyposażone, w zależności od potrzeb, w urządzenia do stałej kontroli parametrów istotnych dla bezpieczeństwa konstrukcji, takich jak: przemieszczenia, odkształcenia i naprężenia w konstrukcji”. Zaznaczyć jednak trzeba, że rozporządzenie to odnosi się tylko do obiektów nowych lub remontowanych.

Monitorowanie obiektów halowych ze względu na nośność i stateczność powinno mieć charakter i zasięg podobny do obowiązującego monitorowania ze względu na bezpieczeństwo pożarowe. W pierwszym rzędzie powinny być monitorowane obiekty wysokiego ryzyka – zapory, mosty, hale, wieże. Monitorowaniu dla takich konstrukcji powinny podlegać:

- obciążenia (geometryczne, termiczne, dynamiczne) oraz
- sama konstrukcja, tj. jej spadek nośności lub stateczności z tytułu zmiany warunków podparcia, korozji, reologii.

Do monitorowania obciążeń należy stosować czujniki dostosowane do rodzaju obciążenia, natomiast do monitorowania konstrukcji pod względem jej nośności i stateczności niezastąpione są systemy wizyjne dostosowane do monitorowania zmian geometrii.

4. Laboratoria wirtualne

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

W pierwszym przypadku mamy do czynienia z rzeczywistymi urządzeniami i sprzętem laboratoryjnym, za pomocą którego wykonywane są rzeczywiste doświadczenia i eksperymenty, a jedynie dostęp do tych urządzeń jest zdalny (przez sieć komputerową). Osoba (lub osoby) prowadząca eksperyment i urządzenie, na którym ten eksperyment jest wykonywany, może znajdować się nie tylko w różnych pomieszczeniach, ale także w różnych częściach świata. Mogą to być systemy pozwalające na zdalne udostępnianie wąskiemu gronu naukowców bardzo zaawansowanej i unikatowej aparatury do badań naukowych. Często jednak udostępniane urządzenia nie są bardzo drogie ani unikalne, ale ich udostępnienie jest kształcące dla użytkowników, którzy mogą zmierzyć się z realnymi problemami.

Użytkownicy systemów z drugiej grupy nie korzystają z rzeczywistych urządzeń, a eksperyment jest tylko symulacją zjawisk rzeczywistych. Symulatory takie mają duże znaczenie zarówno edukacyjne, jak i poznawcze, oraz pozwalają na przeprowadzenie szkoleń (np. szkolenie pilotów) lub testów bez narażania się na koszty i bez zagrożenie bezpieczeństwa.

W niniejszym artykule wirtualne laboratorium odnosi się do systemów należących do pierwszej grupy. W terminologii amerykańskiej na określenie tego typu systemów używa się często pojęcia *collaboratory* powstałego jako zbitka dwóch wyrazów: *collaboration* i *laboratory*. Zostało ono zdefiniowane przez Williama Wulfa w 1989 roku jako: „ośrodek bez ścian, w którym naukowcy mogą wykonywać badania bez względu na miejsce pobytu, wzajemną współpracę, udostępnianie oprzyrządowania, dzielenie się danymi, zasobami obliczeniowymi (i) udostępnianie informacji w bibliotekach cyfrowych” (*center without walls, in which the nation's researchers can perform their research without regard to physical location, interacting with colleagues, accessing instrumentation, sharing data and computational resources, (and) accessing information in digital libraries*) [11].

W literaturze można spotkać także inne określenia na wirtualne laboratorium. Często przytaczana jest następująca definicja:

Wirtualne laboratorium jest heterogenicznym, rozproszonym środowiskiem, które umożliwia grupie naukowców znajdujących się w różnych miejscach na świecie wspólną pracę nad wspólną grupą projektów [12, 13, 13].

W roku 1995 podczas konferencji Supercomputing'95 w Stanach Zjednoczonych prowadzone były pierwsze testy na skalę krajową dotyczące projektu I-WAY (Information Wide Area Year), których wyniki dały podwaliny pod tworzenie wirtualnych laboratoriów. Efektem prac nad I-WAY było kilka rozpoczętych projektów, których celem było opracowanie poziomu aplikacyjnego infrastruktury programowej. Były to projekty ARPA Globus [15], DOE Legion [16] oraz Gigabit CORBA.

Praca z użyciem laboratoriów wirtualnych niesie za sobą wiele korzyści. Pozwala na korzystanie z unikatowej i drogiej aparatury jednostkom badawczym, które jej nie posiadają, daje możliwość współpracy naukowców pochodzących z różnych odległych miejsc, pozwala efektywniej wykorzystywać posiadane urządzenia, ułatwia i przyspiesza proces kształcenia, umożliwia dostęp do biblioteki pomiarów i publikacji itd. Na podkreślenie zasługuje fakt, że dzięki włączeniu wirtualnego laboratorium do Internetu powyższe działania są dostępne dla użytkowników systemu niezależnie od czasu i przestrzeni.

Niezależnie od rodzajów laboratoriów wirtualnych można wyróżnić główne cele ich tworzenia:

- ułatwienie i przyspieszanie kształcenia,
- wymiana poglądów,
- prowadzenie wspólnych badań,
- zdalne fizyczne udostępnienie zasobów centrów naukowych.

Na podstawie przeanalizowanych przykładów oraz literatury dotyczącej tematu można stwierdzić, że choć wirtualne laboratoria składają się z różnych komponentów, w zależności od tego, jakiego typu badania będą w nich prowadzone, istnieją jednak pewne elementy wspólne dla każdego typu laboratoriów. Należą do nich [12, 14]:

- moduł dostępu,
- bazy danych,
- serwer obliczeniowy,
- udostępniane urządzenia,

- oprogramowanie,
- środowisko do pracy grupowej.

Dostęp do wirtualnego laboratorium realizowany jest zazwyczaj przez Internet, najczęściej przez portal. Dzięki temu jest spełniony warunek dostępności wirtualnego laboratorium niezależnie od czasu i przestrzeni.

Jedną z najważniejszych części systemu jest baza danych lub bazy danych. Zawierają one informacje dotyczące użytkowników laboratorium, sprzętu, prowadzonych badań, publikacje elektroniczne i inne. Ich zawartość może się zmieniać dynamicznie oraz mogą to być bazy rozproszone.

Następnym elementem wchodzącym w skład wirtualnego laboratorium jest serwer obliczeniowy, czyli komputer, który jest w stanie wykonywać złożone i czasochłonne obliczenia. Komponent ten znajduje się najczęściej w laboratoriach wirtualnych współpracujących z dużymi centrami obliczeniowymi na uniwersytetach, w korporacjach oraz instytucjach rządowych.

Laboratoria wirtualne zawierają także udostępniany sprzęt badawczy, którym można sterować za pośrednictwem komputera. Przykładowo mogą to być czujniki temperatury, spektrometr NMR, radioteleskopy, kamery itp. Ważnym elementem są specjalistyczne programy do obsługi urządzeń laboratoryjnych i przyrządów pomiarowych oraz programy do analizy danych, obliczeń i wizualizacji.

Laboratoria wirtualne udostępniają często środowisko do pracy grupowej – narzędzia do komunikacji i współpracy pomiędzy użytkownikami laboratorium, takie jak: forum dyskusyjne, chat, tele–imersja, videokonferencje i inne.

5. Geotechniczne laboratorium wirtualne

Biorąc pod uwagę liczne zalety wirtualnego laboratorium, a także ciągły rozwój informatyzacji w Katedrze Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki na Akademii Górniczo-Hutniczej zaprojektowano i utworzono Geotechniczne Laboratorium Wirtualne (GLW). Za pośrednictwem Internetu umożliwia ono nie tylko fizyczny dostęp do zasobów aparaturowych będących w posiadaniu Katedry, lecz również zdalny dostęp do zasobów aparaturowych innych ośrodków współpracujących z Katedrą, położonych często w dużej odległości. Zapewnia też zdalny dostęp do oprogramowania obliczeniowego i bazy danych.

Główne cele budowy Geotechnicznego Laboratorium Wirtualnego to:

- ułatwienie i przyspieszenie kształcenia,
- wykonywanie i obserwacja badań laboratoryjnych na odległość,
- pozyskiwanie danych wprost z badań polowych,
- korzystanie z informacji zgromadzonych w bazie danych związanej z GLW,
- współpraca za pośrednictwem Internetu z innymi ośrodkami badawczymi,
- zdalne uruchamianie i praca z aplikacjami (Planista, Concrete, QMNG, AutoCAD, MAP-INFO).

GLW umożliwia równoczesny dostęp wielu użytkownikom oraz pracę grupową. Jest to system otwarty, czyli dający możliwość rozbudowy i łączenia się z innymi systemami tego typu za pomocą Internetu. Za pośrednictwem GLW można realizować trzy podstawowe typy zadań – wykonanie eksperymentu na sprzęcie należącym do Katedry Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki, wykonanie zadania dydaktycznego oraz obserwacja i pomiary przez Internet obiektów znajdujących się w terenie.

Od strony sprzętowej na GLW składa się:

- komputer pełniący funkcję serwera podłączony do sieci Internet,
- aparatura badawcza i pomiarowa udostępniana przez Katedrę Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki,
- stacje robocze połączone z aparaturą pomiarową oraz serwerem,
- infrastruktura sieciowa.

Za pośrednictwem Internetu GLW pozwala jednak na korzystanie ze sprzętu badawczego innych ośrodków, tak jak z aparatury będącej własnością Katedry.

Komunikacja z wybranym urządzeniem w GLW odbywa się za pośrednictwem serwera, na którym znajduje się aplikacja GLW, czyli serwera aplikacji. Odbiera on zlecenia od użytkownika, przekazuje je do komputera obsługującego udostępniane urządzenie badawcze lub pomiarowe, a następnie przesyła uzyskane wyniki z powrotem do użytkownika.

Na początku do GLW przyłączona została maszyna wytrzymałościowa MTS (rys. 4) oraz współpracujący z nią komputer służący do sterowania pracą maszyny. System ma jednak strukturę otwartą i pozwala na dołączanie także innej aparatury. Komunikacja pomiędzy serwerem a komputerem współpracującym z maszyną MTS odbywa się poprzez sieć lokalną AGH.



Rys. 4. Maszyna wytrzymałościowa MTS

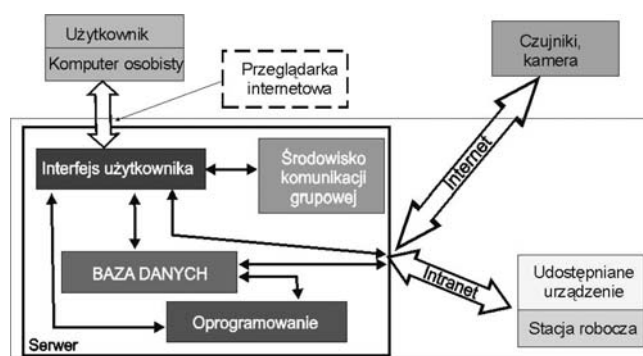
Fig. 4. MTS strength machine

Na serwerze aplikacji jest również przechowywana baza danych, system zarządzania bazą danych, udostępniane programy oraz system zarządzania laboratorium GLW. Wykorzystano tu system zarządzania bazami danymi danych SQL Server 2005 firmy Microsoft. Schemat budowy oraz działania w GLW przedstawiono na rys. 5.

Główną częścią systemu jest baza danych przechowująca następujące zasoby:

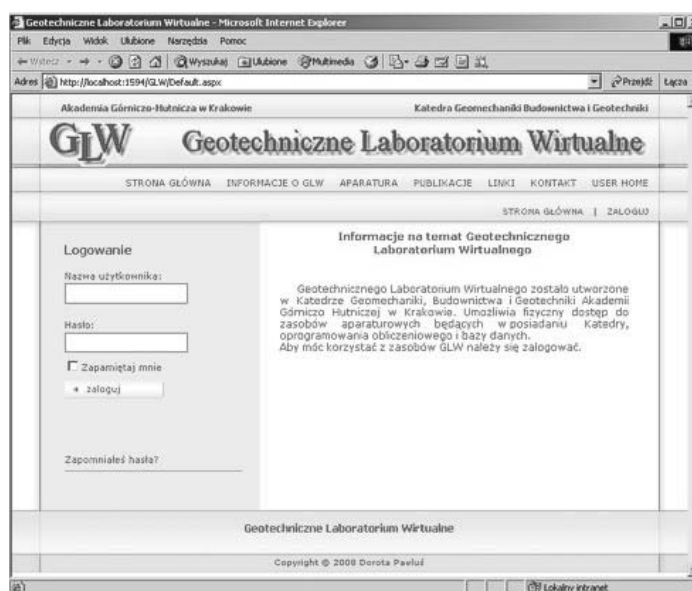
- dane dotyczące użytkowników,
- dane dotyczące udostępnianych urządzeń,
- dane dotyczące zakończonych i prowadzonych badań,
- materiały edukacyjne i publikacje w wersji elektronicznej,
- inne (programy, procedury badawcze, materiały).

Aplikacja GLW została utworzona na podstawie najnowszych technologii .NET firmy Microsoft z użyciem środowiska programistycznego Microsoft Visual Studio. Pozwala to na korzystanie z zasobów i możliwości GLW z dowolnego komputera bez konieczności wcześniejszego instalowania jakiegokolwiek specjalistycznego oprogramowania. Użytkownik, który zechce wykonywać badania w GLW, łączy się z systemem przez *interfejs* uruchamiany za pomocą przeglądarki internetowej. Interfejs użytkownika umożliwi między innymi zlecenie zadań dla urządzeń badawczych GLW, bieżącą obserwację badań, przeglądanie wyników i korzystanie z informacji zawartych w bazie danych. Po zalogowaniu do systemu (por. rys. 6), w zależności od posiadanych uprawnień, użytkownik może wykonywać określone zadania systemu.



Rys. 5. Schemat budowy oraz działania w GBLW

Fig. 5. The scheme of building as well as the working in GBLW



Rys. 6. Okno główne aplikacji Geotechniczne Laboratorium Wirtualne

Fig. 6. The main window of application the Geotechnical Virtual Laboratory

W skład systemu wchodzi podsystem zarządzania laboratorium oraz trzy podsystemy użytkowe – wewnętrzny podsystem laboratoryjny, podsystem edukacyjny i internetowy podsystem pomiarowy i obserwacyjny. Na początek dla każdego z podsystemów użytkowych został wykonany jeden moduł:

- dla wewnętrznego podsystemu laboratoryjnego – moduł pozwalający na obsługę maszyny wytrzymałościowej MTS,
- dla podsystemu edukacyjnego – moduł umożliwiający prowadzenie ćwiczeń laboratoryjnych dla studentów,
- dla internetowego podsystemu pomiarowego i obserwacyjnego – moduł służący do połączenia GLW z funkcjonującym w Instytucie Techniki Budowlanej systemem zdalnej obserwacji wizualnej i monitoringu ZOW.

6. System ZOW w Geotechnicznym Laboratorium Wirtualnym

W Instytucie Techniki Budowlanej trwają od 10 lat prace zmierzające do budowy Centrum Usług Zarządzania Jakością w Budownictwie [17, 3]. Centrum stanowi w istocie szereg zintegrowanych systemów monitorowania połączonych wspólnym segmentem analizy (segmentem centrali). Segment ten, z którym komunikują się urządzenia pomiarowe i obserwacyjne rozmieszczone na budowach, położony jest na terenie ITB. Segment transmisji opiera się na sieci GSM i Internet.

Spośród wszystkich systemów informatycznych składających się na Centrum za możliwość zdalnego działania odpowiedzialne są PODSYSTEMY ZDALNEGO POMIARU. W zależności od rodzaju mierzonej wielkości podsystemy te muszą być wyposażone w inny segment obserwacji i dysponować innymi czujnikami. W założeniach Centrum powinno umożliwiać monitorowanie wszystkich wielkości interesujących dla inżyniera z punktu widzenia zarządzania jakością [17]. Do chwili obecnej zostały skonstruowane i funkcjonują następujące podsystemy zdalnego pomiaru:

- podsystem pomiaru temperatury (SPT),
- podsystem pomiaru wytrzymałości (SPD),
- podsystem pomiaru położenia (GPS),
- podsystem zdalnej obserwacji wizualnej (ZOW),
- podsystem pomiaru wilgotności (SPW),
- podsystem pomiaru rezystancji (SPR),
- podsystem pomiaru przemieszczeń (ZPP),
- podsystem pomiaru przyspieszeń (SPD).

Przewiduje się wyposażenie Centrum w dalsze podsystemy zdalnego pomiaru, a szczególnie:

- podsystem pomiaru odkształceń,
- podsystem pomiaru siły,
- podsystem pomiaru ciśnienia.

Kluczowe znaczenie dla całej koncepcji monitorowania i oceny bezpieczeństwa konstrukcji mają podsystemy wizyjne ZOW i ZPP. Są to typowe systemy typu RVM. Pierwszy z nich działający na podstawie kamer zapewnia możliwość obserwacji całego obiektu lub wybranej jego części i archiwizacji wykonanych zdjęć. Drugi wykorzystuje również kamery, lecz pozwala na podstawie korelacji obrazów ustalać przemieszczenia wybranych punktów

obiektu. Pomiar przemieszczeń odbywa się tu według autorskiej metody o nazwie „metoda laserowo-wizyjna” [18]. Schemat ideowy całego systemu działania na poziomie globalnym według tej metody przedstawia rys. 7.

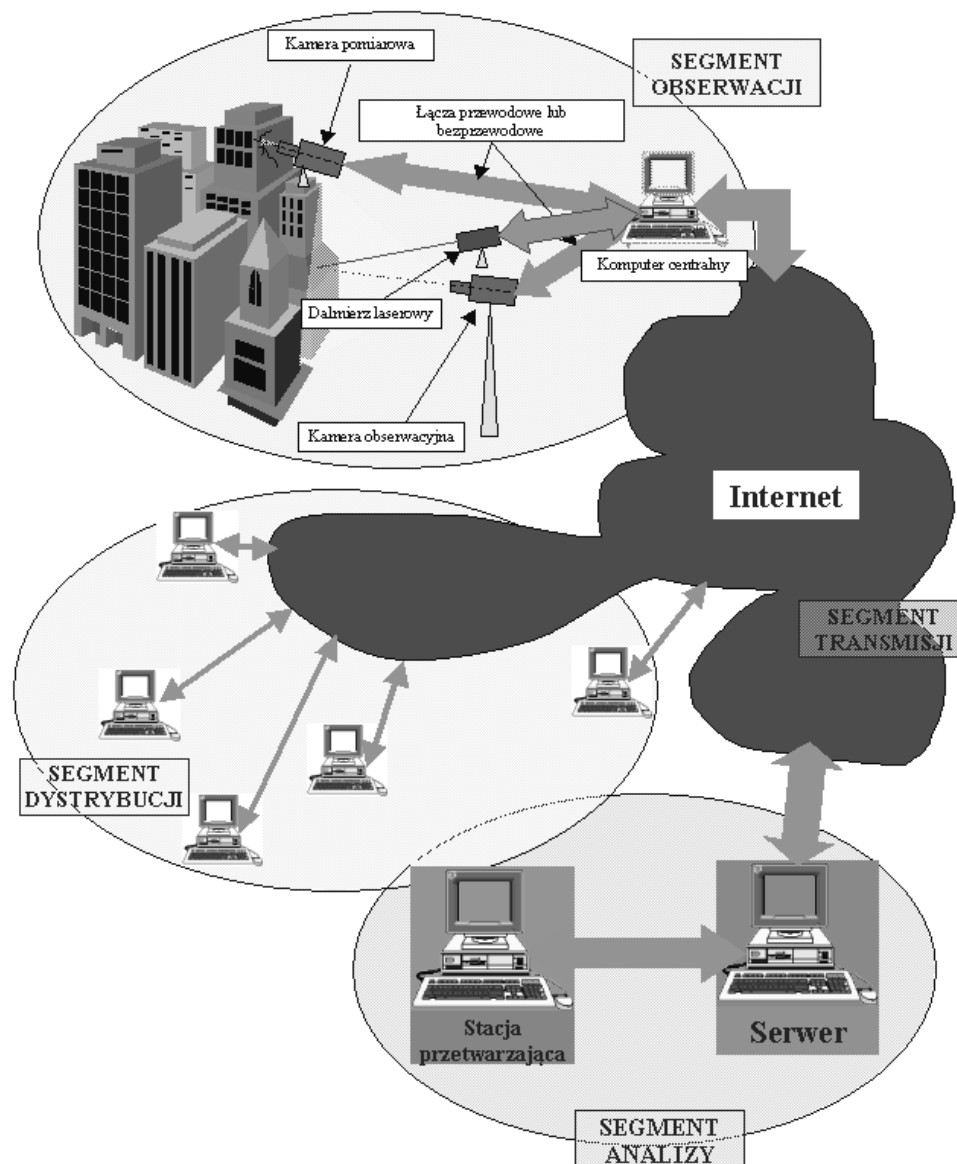
Laboratorium wirtualne GLW od początku umożliwia współpracę z Centrum Usług Zarządzania Jakością i jego podsystemami zdalnego pomiaru. Po zalogowaniu do GLW operator dysponujący odpowiednimi uprawnieniami może bezpośrednio połączyć się z podsystemem ZOW i wykonywać wiele zadań z jego wykorzystaniem. Może wówczas zdefiniować zadania dla podsystemu i obserwować obiekt w czasie rzeczywistym. Możliwe też jest wejście z GLW do bazy danych Centrum Usług i wykorzystanie zgromadzonych tam informacji. Pozwala to użytkownikowi GLW na wykonywanie obserwacji wizyjnych i monitoringu wizyjnego na dowolnym obiekcie na terenie kraju, pod warunkiem posiadania odpowiednich uprawnień dostępu.

7. Zastosowanie GLW do zdalnego monitoringu wizyjnego

Obiekty budowlane na terenach górniczych muszą spełniać specyficzne wymagania konstrukcyjne i podczas eksploatacji górniczej powinny podlegać intensywnym obserwacjom mającym na celu kontrolę stanu bezpieczeństwa. Jednym z obiektów położonych na terenie Górnego Śląska posiadających jednocześnie wysokie walory zabytkowe jest kościół św. Wawrzyńca w Rudzie Śląskiej (por. rys. 8a). Ze względu na wybieranie filara położonego w pobliżu kościoła zainstalowano w nim dwie kamery podsystemu ZOW. Ich położenie wewnątrz nawy głównej kościoła ilustruje rysunek 8b.

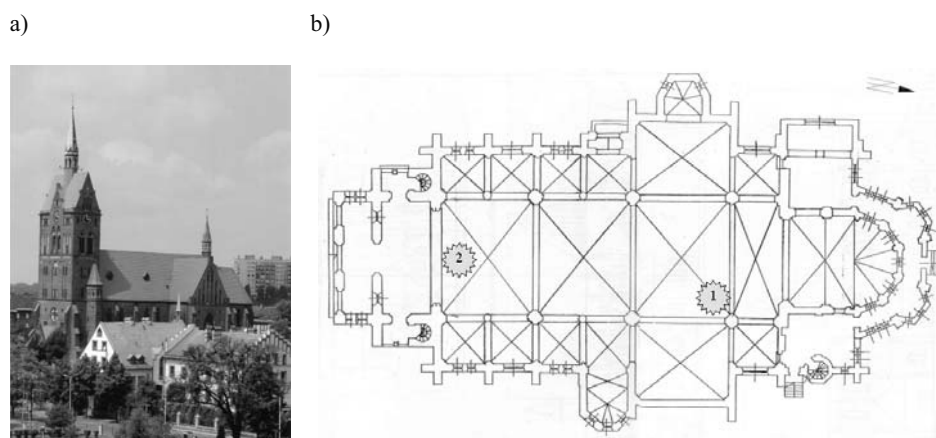
Przykładowe wyniki monitoringu przedstawiono na rysunkach 9 i 10. Pierwszy z nich ilustruje wynik bezpośredniego przejścia z laboratorium GLW obrazów udostępnianych przez system ZOW na obserwowanym obiekcie (w trybie on line). Na drugim rysunku przedstawiono 3 kolejne obrazy tego samego fragmentu wnętrza kościoła zaczerpnięte z archiwum, jakie gromadzi się w bazie danych Centrum Usług Zarządzania Jakością (w trybie off line).

Przykłady te ilustrują możliwość prowadzenia monitoringu wizyjnego z dowolnego komputera po wejściu do GLW. Stwarza to nie tylko możliwość prowadzenia określonych badań, lecz również możliwość włączenia obserwacji prowadzonych na rzeczywistych obiektach do procesu dydaktycznego uczelni. Bez konieczności fizycznej obecności na analizowanym obiekcie pracownicy i studenci mogą obserwować interesujące ich zjawiska.



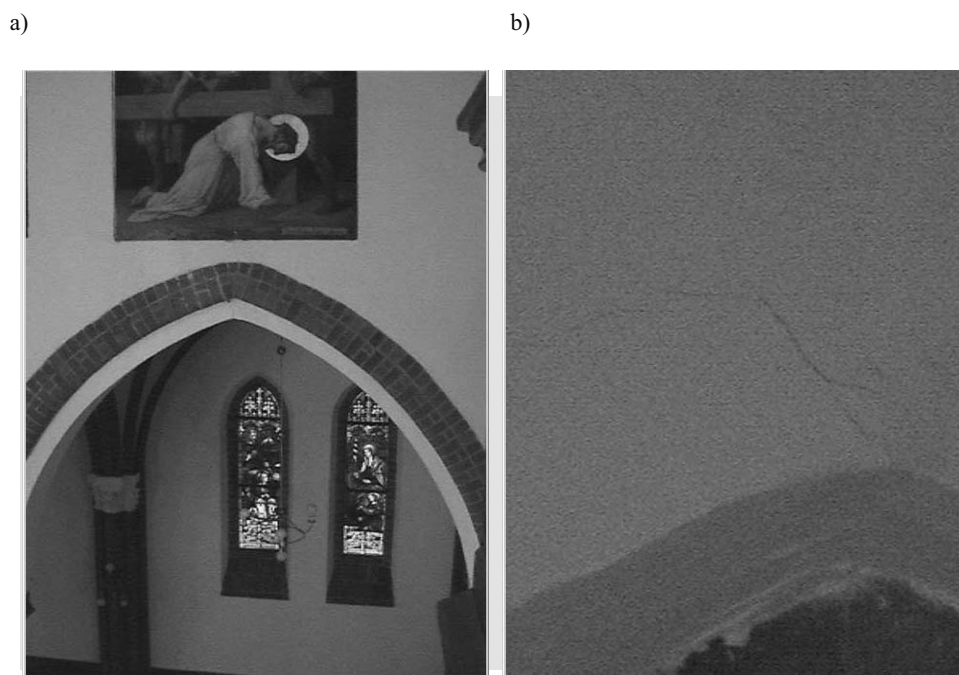
Rys. 7. Schemat Systemu Zdalnej Obserwacji Wizualnej (ZOW) i Systemu Zdalnego Pomiaru Przemieszczeń (ZPP)

Fig. 7. Scheme of Remote Visual Observation System (ZOW) and Remote Displacement Measurement System (ZPP)



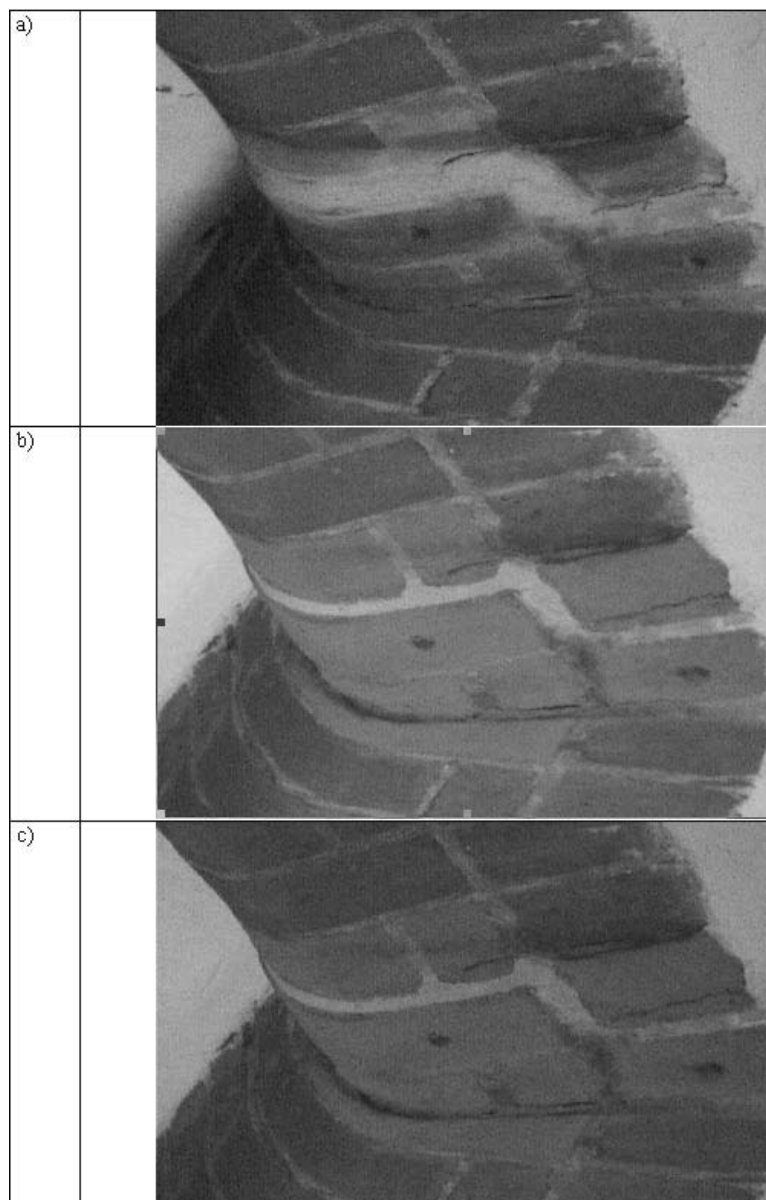
Rys. 8. Kościół św. Wawrzyńca; a) widok ogólny, b) rozmieszczenie kamer systemu ZOW

Fig. 8. St. Wawrzyniec Church; a) the general view, b) the distribution of cameras of ZOW system



Rys. 9. Obserwacja spękań w czasie rzeczywistym. a) okno w pierwszym polu od chóru, b) pęknięcie nad oknem (05.12.09)

Fig. 9. Cracking observation in real time. a) window in first field from chorus, b) crack above window (05.12.09)



Rys. 10. Widok klucza łuku lewego nr 2: a) 14.11.09, b) 25.11.09, c) 6.12.09

Fig. 10. View of key of bow left No. 2: a) 2009.11.14, b) 2009.11.25, c) 2009.12.06

8. Wnioski

Rozwój teleinformatyki otwiera nowe możliwości dla zarządzania jakością w budownictwie, przy czym szczególnego znaczenia nabierają metody zdalnego monitorowania optycznego (*Remote Video Monitoring*). Zastosowanie internetowych systemów monitorowania po raz pierwszy w historii budownictwa uniezależnia dostęp do informacji o budowie od odległości i czasu. Systemy takie zapewniają szybkość przekazu informacji i podejmowania decyzji – wszyscy uprawnieni mają dostęp on line. Przy monitorowaniu optycznym to samo instrumentarium może być wykorzystane do obserwacji dużych obiektów, jak też do precyzyjnego pomiaru odległości i przemieszczeń. Te same systemy mogą być stosowane zarówno w fazie realizacji, jak i w fazie eksploatacji obiektów.

Zbudowane na AGH Geotechniczne Laboratorium Wirtualne umożliwia włączenie do badań prowadzonych za jego pośrednictwem również monitorowania wizyjnego na odległych rzeczywistych obiektach. Z jednej strony rozszerza to możliwości badawcze, z drugiej zaś pozwala na włączenie monitoringu wizyjnego do procesu dydaktycznego. Po raz pierwszy w badaniach i procesie dydaktycznym zniknęły wszelkie bariery wynikające z czasu i przestrzeni.

Literatura

- [1] Remotr Site&Equipment Management (www.remotemagazine.com).
- [2] Esa–Science&Technology (sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=34954).
- [3] Witkowski P., *Bezdotykowe metody obserwacji i pomiarów obiektów budowlanych. Wprowadzenie* (www.itb.pl/files/itb/wydawnictwa/instrukcje/443%20do%20inter.pdf).
- [4] Witkowski P., *Termodynamiczna teoria dojrzewania, Zastosowanie do konstrukcji masywnych z betonu*, zeszyt naukowy nr 1, Wydawnictwo PK, Kraków 1998.
- [5] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane; tekst jednolity, Dz. U. Nr 156 z dnia 1.09.2006, poz. 1118.
- [6] Rozporządzenie MSWiA z dnia 21.04.2006, Dz. U. nr 80, poz. 563.
- [7] Dyrektywa Rady nr 89/106/EWG z dnia 21 grudnia 1988, w sprawie zbliżenia przepisów prawnych i administracyjnych państw członkowskich dotyczących wyrobów budowlanych.
- [8] Euro Mediterranean Information System on know-how in the Water sector (www.emwis.net/thematicdirs/events/sev828242).
- [9] Instytut Badawczy Dróg i Mostów (www.ibdim.edu.pl/konferencje/seminarium/sem1/index.htm).
- [10] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 marca 2009 r. *zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*, Dz. U. nr 56/09, poz. 461.
- [11] Kouzes R.T., Myers J.D., Wulf W.A., *Collaboratories: Doing science on the internet*, IEEE Computer, 29(8), 1996.
- [12] L aw e n d a M., *Laboratorium wirtualne i teleimersja*, Raport wewnętrzny PCSS nr RW-34/01, Poznań 2001.

- [13] Meyer R., Stroinski M., *Nowe aplikacje i usługi w środowisku Grid*, Zakopane 2003 (dokument elektroniczny dostępny pod adresem: www.vlab.psnc.pl/pub.html).
- [14] Adamiak W., Gdaniec Z., Lawenda M., Meyer N., Popenda Ł., Zieliński K., *Laboratorium wirtualne w środowisku gridowym*, Poznań 2003 (dokument elektroniczny dostępny pod adresem: www.vlab.psnc.pl/pub.html).
- [15] Globus (www.globus.org).
- [16] Legion – Worldwide Virtual Computer (www.legion.virginia.edu).
- [17] Witkowski P. *Koncepcja centrum usług zarządzania jakością w budownictwie betonowym*, Wydawnictwo ITB, Warszawa 2005.
- [18] Witkowski P., *Zdalne pomiary przemieszczeń obiektów budowlanych*, Czasopismo Techniczne 4-Ś/2009, Wydawnictwo PK, Kraków 2009, 169-183.