

ARCHITEKTURY NOWOCZESNYCH SYSTEMÓW TELEMEDYCZNYCH I TELEDIAGNOSTYCZNYCH

J. Cala, B. Kwolek, A. Laurentowski, P. Rzepa, K. Zielinski

*Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
{cala,kvolo,al,rzepa,kz}@ics.agh.edu.pl*

Streszczenie

Artykuł przybliża wymagania i uwarunkowania techniczne dla nowoczesnych systemów telemedycznych i telediagnostycznych oraz zawiera przegląd i charakterystykę technologii i architektur informatycznych, które zdaniem autorów powinny stanowić podstawę dla budowy tego typu systemów. Na zakończenie podano przykłady realizacji wybranych usług i aplikacji telemedycznych w Polsce, rozwijanych na AGH w ramach Krakowskiego Centrum Telemedycyny i Medycyny Zapobiegawczej.

1 Wprowadzenie

Rozwój infrastruktury informatycznej w zakresie szybkich światłowodowych sieci komputerowych, mobilnych bezprzewodowych systemów dostępowych oraz coraz większe możliwości graficzne różnego rodzaju urządzeń końcowych stwarzają nowe możliwości w zakresie konstrukcji i eksploatacji systemów telediagnostyki i telekonsultacji medycznych. Powstałe nowe uwarunkowania sprzętowe i postęp w zakresie technologii budowy oprogramowania systemów rozproszonych sprawiają, że staje się możliwa budowa skalowalnych otwartych systemów telemedycznych, integrujących w ramach jednej usługi telediagnostycznej przekaz telekonferencyjny, transmisję wysokiej jakości obrazów radiologicznych oraz dostęp do medycznych baz danych. Tworzenie tak zaawansowanych systemów wymaga właściwego doboru sprzętu, architektury oprogramowania systemu oraz wypracowania odpowiednich scenariuszy wdrażania nowych aplikacji i ich eksploatacji w praktyce medycznej. Ostatni z wymienionych etapów związany jest także ze stworzeniem aktów prawnych dotyczących akceptacji usług telemedycznych jako działań zgodnych prawem danego kraju.

Celem tego artykułu jest prezentacja wstępnej fazy prac dotyczących realizacji grantu PBZ KBN pt. „Zaawansowane usługi telemedyczne i telediagnostyczne”. Z uwagi na zakres Konferencji ograniczono się do prezentacji zagadnień informatycznych. W pierwszym punkcie podano w zwięzły sposób podstawowe wymagania i uwarunkowania budowy systemów telemedycznych i telediagnostycznych, nawiązując do aktualnego stanu i możliwości budowy tego typu systemów w Polsce. W kolejnym punkcie przedstawiono charakterystykę technologii informatycznych, które zdaniem autorów powinny stanowić podstawę budowanych aktualnie systemów telemedycznych. Na koniec całość artykułu podsumowano wnioskami i podaniem perspektywy dalszych prac.

2 Wymagania systemów telemedycznych i telediagnostycznych

Sformułowanie ogólnych wymagań w zakresie konstrukcji systemów telemedycznych i telediagnostycznych jest stosunkowo proste. Można je wyrazić następująco:

- Zapewnienie transmisji i odtwarzania w czasie rzeczywistym wysokiej jakości obrazu ruchomego i dźwięku o jakości odpowiadającej co najmniej standardowi S-VHS z możliwością jednoczesnej jego archiwizacji.
- Udostępnienie protokołów przekazu i urządzeń do wizualizacji cyfrowych wyników obrazowych badań radiologicznych w standardzie DICOM.
- Zapewnienie możliwości przekazu wysokiej jakości w formacie cyfrowym dokumentów, posiadających źródłowa postać analogowych obrazów statycznych lub dynamicznych.
- Zapewnienie technologii składowania, dostarczenie technik opisu (adnotacji) i metod szybkiego wyszukiwania multimedialnych rekordów medycznych, zawierających dane tekstowe, obrazy radiologiczne, oraz pliki graficzne, audio i wideo.
- Stworzenie protokołów i interfejsów integracji z siecią komputerową specjalistycznej aparatury medycznej, umożliwiających bezpośredni przekaz danych i sterowanie.
- Opracowanie i rozpowszechnienie miniaturowych urządzeń komputerowych wyposażonych w łączność bezprzewodową, monitorujących stan zdrowia pacjentów.
- Stworzenie wygodnego i łatwego w obsłudze środowiska zarządzania wideokonferencją oraz wyszukiwania i prezentacji multimedialnego rekordu medycznego pacjenta.
- Budowa interfejsów graficznych dostosowanych do prezentacji na różnorodnych urządzeniach końcowych, zapewniających wygodny dostęp do funkcji systemu.
- Zapewnienie mechanizmów autentykacji, autoryzacji i poufności realizacji usług telemedycznych.

Przedstawione wymagania mogą być spełnione przy zastosowaniu szerokopasmowych sieci komputerowych, bardzo dużej pojemności urządzeń składowania i archiwizacji danych, wysokiej klasy urządzeń wizualizacji obrazów cyfrowych oraz dużej mocy obliczeniowych potrzebnych do wyszukiwania, analizy i obróbki danych medycznych. Wymienione rozwiązania techniczne są dostępne na świecie. W Polsce oczekuje się, że odpowiednia infrastruktura powstanie w wyniku skoordynowanych działań KBN oraz innych Ministerstw. Pierwszoplanowa rola odgrywa w tym zakresie przyjęty przed dwoma laty program PIONIER.

Należy jednak pokreślić, że powszechne zastosowanie zaawansowanych rozwiązań technicznych napotyka na bariery kosztów. Zasadniczym problemem telemedycyny jest zatem określenie minimalnych wymagań jakościowych dotyczących infrastruktury informatycznej, których spełnienie pozwala uznać system jako spełniający wymagania diagnostyczne i określić go jako w pełni akceptowalny w praktyce medycznej.

Sformułowanie tych wymagań oraz szczegółowych ustaleń dotyczących funkcjonalności poszczególnych aplikacji telemedycznych jest już zdecydowanie trudniejsze i wiąże się ze znajomością stosowanych procedur medycznych. Proponowane rozwiązania muszą być zweryfikowane praktycznie i niejednokrotnie wypracowane wspólnie przez informatyków i lekarzy.

Nowoczesne szpitale w Polsce są dołączone do sieci szerokopasmowej oraz posiadają szybkie sieci lokalne łączące aparaturę medyczną z serwerami baz danych oraz stacjami wizualizacji wyników. W nielicznych ośrodkach medycznych wszystkie wyniki badań radiologicz-

nych są reprezentowane w sposób cyfrowy i dostępne w standardzie DICOM. Bardzo poważne braki istnieją w zakresie oprogramowania i technik integracji aplikacji medycznych. Zdecydowana większość systemów posiada przestarzałą architekturę oprogramowania i nie nadaje się do dalszej rozbudowy i integracji. Wynika to ze stosowania niewłaściwych technologii, wymuszanych często przez systemy zastane bądź doświadczenie firm, oraz opóźnienia prac dotyczących akceptacji standardu rekordu multimedialnego pacjenta oraz protokołów wymiany danych medycznych nie tylko w naszym kraju, lecz także w Unii Europejskiej. Należy podkreślić, że znacznie dalej w tym zakresie posuniete są prace w USA, gdzie standard HL7 [6] jest powszechnie stosowany, a jego ostatnia wersja 3.0, opisująca w XML podstawowe dane medyczne i procedury badań, spełnia wszystkie wymagania, aby stać się podstawą integracji usług telemedycznych i konstrukcji nowoczesnych systemów informatycznych w medycynie.

Wstępna identyfikacja zapotrzebowania na usługi telemedyczne w Polsce pozwala stwierdzić, że dotyczy one przede wszystkim organizacji współpracy pomiędzy wyspecjalizowanymi ośrodkami referencyjnymi, jak np. kliniki uniwersyteckie, a szpitalami w ośrodkach peryferyjnych. Oddalenie geograficzne i brak wysoko wyspecjalizowanej kadry medycznej stanowi bezpośredni czynnik decydujący o poszukiwaniu rozwiązań z zakresu telemedycyny. Jednocześnie słaba łączność komputerowa oraz brak cyfrowej aparatury diagnostycznej wymusza zastosowanie rozwiązań pośrednich, spełniających minimalne wymagania. Jest to sprawa zdecydowanie trudniejsza niż organizacja telekonsultacji pomiędzy dwoma ośrodkami referencyjnymi w kraju czy zagranicą przy założeniu ich podłączenia do powstającej sieci komputerowej PIONIER o przepustowości rzędu gigabitów na sekundę.

W wyniku analizy aktualnego trybu przeprowadzania konsultacji w kilku ośrodkach referencyjnych ustalono, że podstawowe elementy scenariusza realizacji usługi telekonsultacji medycznej powinny obejmować:

1. Realizację wideokonferencji w celu bezpośredniego kontaktu lekarza prowadzącego z konsultantem lub konsylium medycznym, oraz przekazania obrazu stanu chorego.
2. System bezpośredniego przekazu obrazów statycznych uzyskanych z urządzeń analogowych, bądź obrazów dynamicznych standardowo wizualizowanych na ekranach telewizyjnych.
3. Przekazywanie w trybie on-line lub off-line plików DICOM w celu lokalnej wizualizacji, bądź bezpośrednią transmisję strumienia DICOM i jego wizualizację.
4. Dostęp do bazy danych wyników badań, w tym serwera wyników badań radiologicznych dostępnych w standardzie DICOM, oraz wideo-serwera gromadzącego inne dane obrazowe włączając w to filmy dokumentujące zabiegi oraz przebiegi telekonsultacji medycznych.

Przydatne wydaje się także zapewnienie bezprzewodowego dostępu do danych medycznych z miejsca wypadku lub w razie nieobecności eksperta medycznego w miejscu pracy.

3 Technologie budowy systemów telemedycznych

Przedstawione wymagania funkcjonalne systemów telemedycznych wymagają do ich realizacji zapewnienia odpowiedniej infrastruktury sprzętowej i technologicznej. Należy jednak zdawać sobie sprawę z tego, że są to warunki konieczne, ale niewystarczające. Budowa nowoczesnych systemów telemedycznych wymaga także użycia odpowiednich architektur i środowisk programowych.

Spektrum zastosowań telemedycyny jest tak szerokie, że zdefiniowanie jednej architektury dla wszystkich systemów telemedycznych jest bardzo trudne. Można jednak przyjąć, że

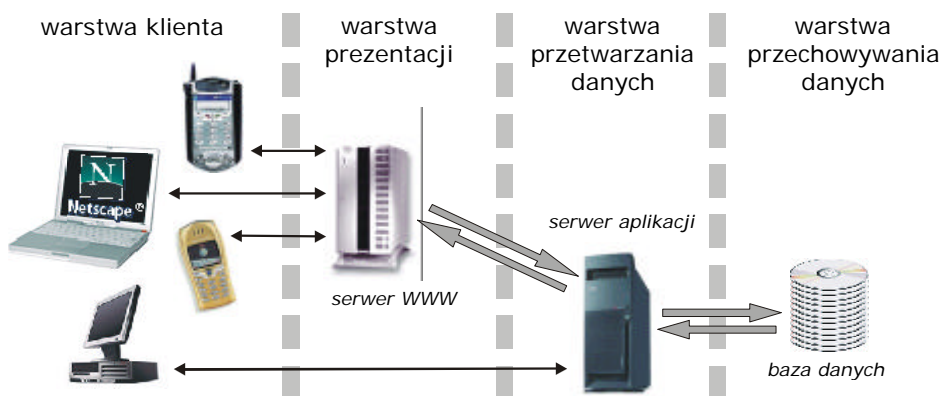
schoro w wiekszosci tego typu systemów wymagana jest komunikacja pomiedzy jego elementami lub zdalny dostep do danych, to korzystnie bedzie zastosowac architekture rozproszona. Waznym jest rowniez, aby w tej architekturze zastosowac warstwowa i modularna budowe, która zwieksza przejrzystosc systemów oraz mozliwosci ich rozwoju i zastosowan. Nalezy ponadto zwrócic uwage na to, zeby byla to architektura skalowalna i otwarta na nowe metody dostepu. Przy rozwazaniu architektury systemu nalezy miec takze na uwadze ogromna range kwestii zachowania poufności danych medycznych i zapewnienia dostepu do nich jedynie przez uprawnione osoby.

Wlasciwym dla wiekszosci nowoczesnych systemów jest uzywanie przy dostepie tzw. *lekkiego klienta*, charakteryzujacego sie ograniczeniem funkcjonalnosci przede wszystkim do zadan prezentacyjnych. Logika przetwarzania aplikacji jest przeniesiona do innych warstw systemu, przez co staje sie osiagalna dla szerokiego zakresu klientów i dzieki temu dobrze wpisuje sie w potrzebe ogólnej dostepnosci uslug telemedycznych.

W zalezności od stopnia skomplikowania systemu oprócz warstwy klienta wprowadza sie dodatkowo jedna lub wiecej warstw. Sposób podzialu funkcjonalnosci na warstwy jest w znacznym stopniu uzalezniiony od zadan, jakie stoja przed aplikacjami. Dlatego tez charakterystyka wielowarstwowych architektur rozproszonych zostanie omówiona w kontekście dwóch typów systemów: zorientowanych na WWW (ang. *web-centric*) i systemów komunikacji multimedialnej.

3.1 Systemy zorientowane na WWW

Do budowy systemów zorientowanych na WWW stosuje sie model czterowarstwowy, który dzieli funkcjonalnosc pomiedzy warstwe przechowywania danych, przetwarzania i dostepu do danych, prezentacji oraz klienta (Rys. 1).



Rys. 1 Model systemu zorientowanego na WWW

Warstwa przechowywania danych

Warstwa przechowywania danych jest odpowiedzialna za zapamietywanie i udostepnianie danych. Najczesciej do tego celu wykorzystywane sa relacyjne bazy danych. Przy budowie systemów informatycznych nalezy zwrócic uwage na kwestie uniezaleznienia sie od kon-

kretniej implementacji i konkretnego dostawcy bazy danych. Dlatego warto opierać się na tych bazach, które pozwalają na dostęp do swojej funkcjonalności poprzez JDBC.

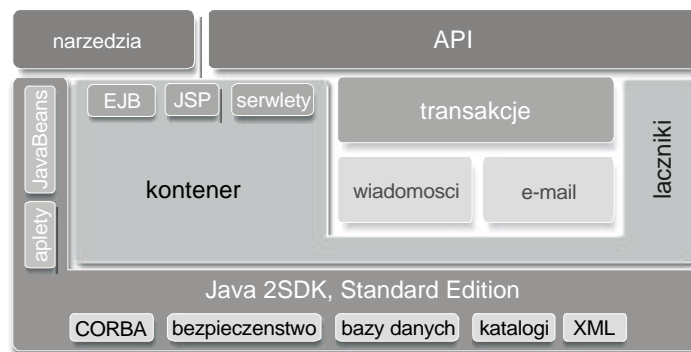
JDBC (*ang. Java DataBase Connectivity*) jest standardowym elementem języka Java definiującym zbiór interfejsów i funkcji pozwalających aplikacjom na wykonywanie zapytań w języku SQL do baz danych. Co ważne, JDBC uniezależnia programy od konkretnych baz danych oferując programiście jednaki dostęp do wszystkich SZBD. Każdy z twórców baz danych, które są dostępne z poziomu JDBC, dostarcza odpowiedni sterownik tłumaczący ujednoczone w JDBC wywołania funkcji na charakterystyczną dla danej bazy postać. W ten sposób można w trakcie eksploatacji systemu zmieniać bazy, z której system korzysta bez potrzeby jakichkolwiek modyfikacji w kodzie źródłowym systemu.

Wymóg posiadania przez bazy sterownika JDBC nie jest w bieżącym momencie żadnym ograniczeniem, ponieważ prawie wszyscy producenci SZBD, zarówno komercyjnych jak i bezpłatnych, udostępniają takowe. Narzuconego w niejawnym sposób języka dostępu do bazy danych, tj. Javy, również nie należy traktować jako ograniczenia, ale raczej jako zaletę, ponieważ Java jest językiem przenośnym, uniezależnionym od producenta systemu operacyjnego i sprzętu komputerowego, na którym systemy mają być uruchamiane.

Warstwa przetwarzania i dostępu do danych

Warstwa przetwarzania danych koncentruje się na logice działania systemu. Musi ona obejmować usługi takie jak równoważenie obciążenia, zapewnienie ciągłości dostępu czy bezpieczeństwo. Ponieważ jest to warstwa najbardziej skomplikowana, w przypadku bardziej złożonych systemów dzieli się ją na podwarstwy, przechodząc w ten sposób z systemów czterowarstwowych na wielowarstwowe.

Jednym z bardziej zaawansowanych rozwiązań stosowanych w tej warstwie jest platforma budowania wielowarstwowych aplikacji w języku Java zwana J2EE (*ang. Java 2 Platform, Enterprise Edition*) [2].



Rys. 2 Platforma J2EE

Podstawowym elementem tej platformy jest *serwer aplikacji*, oparty na technologii *Enterprise JavaBeans (EJB)*, definiującej model komponentowy oraz zbiór interfejsów programistycznych dla serwerów aplikacji w Javie.

Serwery aplikacji w modelu EJB

Aplikacje tworzone w modelu EJB składają się z komponentów nazywanych *Enterprise JavaBean* lub w skrócie *bean*. Są to klasy i interfejsy napisane w języku Java, ukierunkowane tylko i wyłącznie na realizację logiki biznesowej aplikacji. Zapewnieniem wszystkich dodatkowych usług, z których większość aplikacji musi korzystać, zajmuje się serwer aplikacji, czyli hybryda łącząca w sobie zalety technologii pracujących w systemach rozproszonych i monitorów transakcyjnych. W modelu EJB serwer aplikacji podzielony jest na dwie części: kontener EJB i serwer EJB.

Kontener EJB jest interfejsem pomiędzy komponentami *bean* a niskopoziomymi usługami, do których kontener ma dostęp. Zanim komponent *bean* może zostać uruchomiony musi on przejść fazę składania do postaci aplikacji J2EE oraz zostać umieszczony w kontenerze. Proces składania komponentów *bean* zawiera w sobie etap konfiguracji pozwalający na dostosowywanie sposobów wykorzystania usług, którymi zarządza kontener tj. transakcyjnością, bezpieczeństwem i trwałością danych. Pozwala to na zróżnicowanie zachowań komponentów *bean* bez potrzeby ich przebudowywania.

Kontener zarządza również pewnymi niekonfigurowalnymi usługami takimi jak np. cykl życia komponentów *bean*. Tworzy on te komponenty, kasuje je, zezwala i kontroluje współdzielenie komponentów *bean* przez wielu klientów równocześnie.

Zapewnienie usług, takich jak np. kontrola transakcji jedynie poprzez konfigurowanie pracy kontenera możliwe jest dzięki temu, że każde wywołanie metody *bean*'a jest przechwytywane przez kontener. Po przechwyceniu wywołania kontener wykonuje operacje związane z zapewnieniem usługi, a dopiero potem deleguje to wywołanie do odpowiedniego *bean*'a.

Zadaniem serwera EJB jest zapewnienie środowiska uruchomieniowego dla jednego lub więcej kontenerów. Serwer EJB udostępnia kontenerom niskopoziomowe zasoby, alokując je i zwalniając zgodnie z zapotrzebowaniem zgłaszanym przez te kontenery.

Komponenty EJB

Enterprise JavaBeans są programowymi komponentami, umieszczanymi w wielowarstwowym, rozproszonym środowisku serwera. Obecnie wyróżniamy trzy typy *bean*'ów: *session bean*'y reprezentujące procesy biznesowe, *entity bean*'y reprezentujące dane oraz *message driven bean*'y obsługujące wywołania asynchroniczne.

Bean'y typu *session* reprezentują obiekty i procesy o krótkim czasie życia (*ang. transient*). Są specjalizowanymi obiektami biznesowymi dla indywidualnej obsługi klientów, które potrafią zarządzać specyficzną dla konkretnego klienta informacją zawartą w jego sesji. *Bean*'y typu *session* pamiętające stan swoich klientów w kolejnych wywołaniach nazywamy „stanowymi” (*ang. statefull*), a zorientowane na przetwarzanie pojedynczych odwołań „bezstanowymi” (*ang. stateless*).

Entity beans są używane głównie do reprezentowania trwałych (*ang. persistent*) danych. Dane te są przechowywane w bazie danych lub dostępne poprzez zewnętrzną aplikację jako obiekt. W przeciwieństwie do *bean*'ów typu *session*, *bean*'y typu *entity* są dostępne dla wielu klientów równocześnie. Synchronizowanie stanu konkretnej instancji poprzez stosowanie transakcji jest domeną kontenera.

Rozwiązywanie coraz bardziej złożonych problemów informatycznych prowadzi wcześniej lub później do konieczności wykorzystania modelu komunikacji asynchronicznej oraz przetwarzania kolejkowego. *Message driven bean* jest komponentem, który obsługuje ten typ interakcji. Wiadomość wysłana przez klienta jest kierowana do serwera aplikacji, który sprawdza czy zadany *bean* jest dostępny i jeśli takowy nie istnieje to tworzy jego instancję

tak, by wiadomość została poprawnie przetworzona. Taki rodzaj komunikacji sprawia, że nie jest konieczna ciągła aktywność *bean*'a obsługującego zadanie.

Warstwa prezentacji

Komponenty EJB udostępniają swoją funkcjonalność warstwie klienta poprzez wywołania *Java RMI*. Taki sposób komunikacji jest akceptowalny dla samodzielnych aplikacji klienckich. Aby można było jako klienta użyć przeglądarki WWW należy natomiast oprogramować dodatkowo stronę serwera WWW, który będzie wysyłał odpowiednie informacje do przeglądarki. Technologia, która jest do tego celu wykorzystywana w architekturze EJB są *serwlety* [4] i/lub *JSP* [3].

Serwlety

Serwlety (ang. *servlets*) to programy napisane w języku Java, których zadaniem jest rozszerzenie funkcjonalności dowolnych serwerów obsługujących model komunikacji typu zadanie-odpowiedź. Ponieważ najczęściej wykorzystywanymi serwerami tego typu są serwery WWW, to przyjęło się używać nazwy serwlety do opisu programów wspomagających działanie serwerów WWW. Zadaniem serwletów jest przejmowanie zadań od serwerów WWW, przetwarzanie ich i dynamiczne generowanie odpowiedzi. Nietrudno zauważyć, że zadania serwletów pokrywają się z wymaganiami narzuconymi technice CGI. W porównaniu z techniką CGI serwlety mają jednak kilka ważnych zalet: są bardziej efektywne, lepiej się skalują, ich używanie jest bezpieczniejsze. Są przenosne oraz łatwo integrują się z pozostałymi technikami Javy takimi jak EJB, JDBC, JMS i inne.

Generowana dynamicznie przez serwlety odpowiedź zazwyczaj jest zapisana w formacie zgodnym z językiem HTML. Nowoczesne systemy przechodzą jednak na stosowanie do zapisu języka XML, pozwalającego, w przeciwieństwie do HTML-a, definiować *zawartość* dokumentów, a nie sposób ich prezentacji. Do konwersji XML do postaci akceptowalnej dla końcowego urządzenia służy język XSL. Obie technologie zostaną scharakteryzowane w jednym z następujących punktów.

JSP

Java Server Pages (JSP) to technologia, która pozwala na tworzenie stron WWW poprzez przeplatanie statycznego kodu HTML lub XML z kodem generowanym dynamicznie za pomocą poleceń języka Java lub specjalnie zdefiniowanych znaczników.

Większość dynamicznych stron WWW charakteryzuje się posiadaniem dużej ilości danych statycznych, opisujących wygląd strony, oraz niewielkiej części danych dynamicznych. Właściwość ta sprawia, że koncepcja użycia serwletów lub innych programów CGI do generowania stron nie jest najlepsza, gdyż pozwalają one jedynie na generowanie kompletnych stron, a w konsekwencji tego kod źródłowy programów generujących statyczną zawartość jest w większości powtarzalny. Dzięki technologii JSP możemy ominąć te niekorzystne cechy serwletów.

Serwer WWW nie może wysłać strony JSP bezpośrednio do przeglądarki, gdyż może ona zawierać dynamiczną zawartość. Aby mogła ona być zwrócona do przeglądarki musi zostać najpierw zamieniona w serwlet i dopiero wtedy zadanie jest obsługiwane w sposób zgodny z wymaganiami serwletów. Strona JSP jest więc tylko i wyłącznie innym sposobem zapisu serwleta, zoptymalizowanym pod kątem prezentacji zawartości strony przez przeglądarkę.

Warstwa klienta

Zadaniem warstwy klienta jest korzystanie z funkcjonalności udostępnianej przez warstwę prezentacji, co zwykle ogranicza się do interakcji z użytkownikiem poprzez prezentowanie mu danych oraz reagowanie na jego polecenia. Najczęściej jako sposób komunikacji z użytkownikiem wybiera się aktywne, dynamiczne strony WWW. Zaletą takiego rozwiązania jest fakt, iż większość systemów operacyjnych posiada wbudowane przeglądarki WWW a więc nie jest potrzebne instalowanie na urządzeniach końcowych żadnego dodatkowego oprogramowania. Dodatkowo w takim rozwiązaniu zoptymalizowany jest sposób zarządzania systemem, gdyż modyfikacja oprogramowania nie wymaga prac instalacyjnych na urządzeniach klienckich. Ze względu na ograniczenia, jakie narzuca HTML nie jest to jednak rozwiązanie, które można zastosować w każdym przypadku. Jeśli potrzebny jest klient będący samodzielną aplikacją, to korzystnie jest wtedy zastosować technologie *Jini* [5].

4 Interfejs użytkownika

Interfejs stoi pomiędzy systemem a człowiekiem i decyduje zarówno o tzw. 'pierwszym wrażeniu' jak i późniejszym 'dialogu z maszyną'. Nawet najlepiej zaprojektowany i oprogramowany system jest mało użyteczny, jeśli nie potrafi wygodnie porozumieć się z użytkownikiem.

Interfejsy ewoluowały od prostej formy tekstowej (wydawanie poleceń w linii komend) do rozwiniętej postaci graficznej (z ang. GUI - *Graphic User Interface*). Istniejące zaplecze narzędzi i możliwości jest teraz tak ogromne (rozwój grafiki wektorowej i trójwymiarowej), że wymagania estetyczne potencjalnego Kowalskiego co do używanego systemu informacyjnego mają prawo być bardzo wysokie.

By zapewnić komunikację sprawną i jednoznaczna, interfejs powinien mieć klarowną formę, umożliwiającą bezbłędny i łatwy dostęp do informacji. Na ostateczny sukces składa się:

- estetyka, czyli sam projekt graficzny i idący za nim efekt wizualny,
- ergonomia, czyli rozplanowanie poszczególnych elementów interfejsu (grupowanie, rozmieszczenie, stworzenie pól niezmiennych itd.),
- funkcjonalność, czyli specyfikacja udostępnionych opcji, budowa powiązań i struktury wyświetlanych stron.

W systemach dedykowanych dla lekarzy należy przewidzieć specjalny sposób prezentacji, pozwalający na łatwe ogarnięcie danych różnego typu (od informacji osobowych i opisu jednostki chorobowej, przez wyniki badań krwi, EKG, zdjęcia rentgenowskie, po dane multimedialne – nagrania video/audio z konsultacji czy USG).

Ogólnie należy przyjąć, że z każdego systemu korzystać będzie kilka rodzajów użytkowników. W szczególności dla systemów telemedycznych będa to: pacjenci, lekarze prowadzący, badacze/konsultanci, personel medyczny, rejestratorzy itp. oraz oczywiście administrator systemu. Ze względu na znaczne różnice w danych przeznaczonych dla każdej z grup nieuniknione jest *indywidualizowanie* zawartości jak i wyglądu interfejsów dla każdej z nich. Ponadto każdy interfejs powinien być zaprojektowany pod kątem *komfortu* pracy każdej grupy użytkowników z osobna, a w szczególności pacjenta (zaufanie i poczucie bezpieczeństwa przy użyciu).

Ostatnimi czasy diametralnej zmianie uległa ilość, jakość i standard dostępnych urządzeń końcowych. W nowoczesnym systemie przewidzieć należy dostęp już nie tylko z komputera stacjonarnego, ale chociażby z telefonu komórkowego - nawet jeśli nie jest on wyposażony w technologie Bluetooth czy też GPRS, najprawdopodobniej potrafi połączyć się z serwisem

WAP, a już na pewno skorzystać z dostępu do danych poprzez SMS. Do innych urządzeń dostępowych warty wymieniać należą obecnie: komputer przenośny (notebook), elektroniczny asystent osobisty (PDA) i telewizja cyfrowa.

Problem polega na tym, że każde z tych urządzeń wyświetla informacje w innym standardzie (rozdzielczość, wielkość, ilość kolorów). Ideałem byłoby stworzenie systemu obsługującego wiele urządzeń końcowych, a więc samokonfigurującego wyświetlaną treść i jej formę w zależności od parametrów wyświetlacza (zachowując jedną linię stylistyczną).

Przy wyborze technologii niezmiernie ważną jest również wygoda tworzenia i późniejszej konserwacji oraz modyfikacji w interfejsie.

4.1 Statyczne strony WWW

Najpopularniejszym standardem notacji jest HTML oraz jego odpowiednik dla telefonów komórkowych w technologii WAP – WML. Użyte w ‘czystej postaci’ pozwalają na tworzenie jedynie stron statycznych, czyli umożliwiających zmiany tylko poprzez modyfikację samego kodu źródłowego.

HTML – Hyper Text Markup Language

Strony oglądane z pomocą przeglądarek obok efektywnie sformatowanego tekstu zawierają obrazki, animacje, dźwięki itp. W rzeczywistości dokument HTML jest zwykłym plikiem tekstowym zawierającym tzw. znaczniki (*tag*). Dają one możliwość użycia wielu konstrukcji, jak listy, tablice czy ramki, które znacznie ułatwiają pracę z HTML. Język ten posiada jednak wiele ograniczeń, gdyż opisuje jedynie prezentację dokumentu, nie zaś jego strukturę. Notacja jest co prawda niezależna od platformy sprzętowej, ale ostateczny wygląd strony wynika z przetworzenia kodu przez przeglądarkę (ang. *rendering*). Wiąże się to z problemami z ich niekompatybilnością.

Sposób formatowania elementów HTML zreorganizowały tzw. arkusze stylów przez stworzenie możliwości definiowania nazwanych stylów i udostępnianie ich dla całych zestawów stron. Dzięki nim cały serwis stawał się graficznie spójny małym nakładem kosztów. Daje to również możliwość wygodnej i łatwej modyfikacji.

Mechanizm wtyczek (ang. *plug-ins*) umożliwia umieszczanie w dokumencie obiektów zewnętrznych, w szczególności animacji, filmów, dźwięku, kanału radiowego. Wśród nich dużą popularność zdobywa technologia *Shockwave*, która pozwala na umieszczanie animowanych, często interaktywnych wstawek w ciele HTML-a (popularne ‘banery’). Niektóre strony internetowe realizowane są w całości w takiej formie. Jest to technologia bardzo efektywna (zdumiewająca grafika) i efektywna (mała objętość plików, wygodne narzędzia).

WML (Wireless Markup Language)

WML jest odmianą HTML-a dostosowana do prezentacji zawartości na ekranach telefonów komórkowych. Ze względu na małą wielkość wyświetlacza i niską przepustowość łącza GSM (9,6 Kb/s) pozwala na przedstawianie przede wszystkim elementów tekstowych oraz bardzo uproszczonej grafiki.

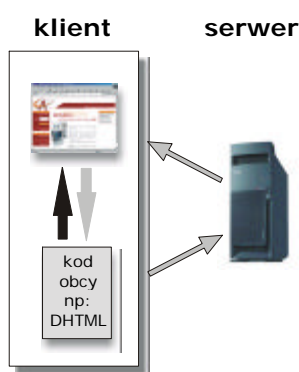
4.2 Dynamiczne generowanie zawartości stron WWW

Dokumenty zapisane w czystym HTML są statyczne, tzn. prezentują dokładnie i niezmiennie zawarte w nich dane. Wraz z rozwojem WWW pojawił się problem stworzenia mechanizmów automatycznego tworzenia bądź modyfikacji stron, których treść jest zmienna i zależna od pewnych czynników (np.: personalizacja danych lub/i wyglądu doku-

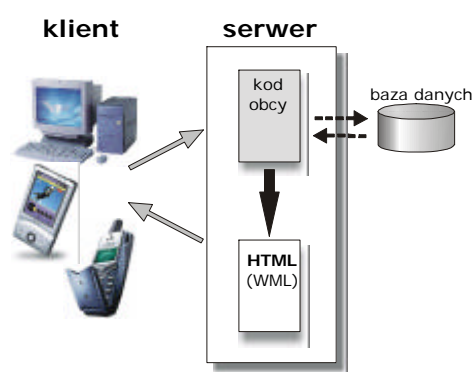
mentu), bądź też powtarzalna, tzn. prezentująca różną zawartość, lecz według tego samego schematu (np.: katalog produktów wg szablonu).

Technologie pozwalające na dynamiczne generowanie zawartości strony w momencie zadania klienta wprowadzają dodatkowy kod w jej ciało lub wręcz wymieniają całą jej zawartość na obcą notację. W ogólnym ujęciu mogą to być funkcje języków skryptowych (np.: JavaScript), komendy dla specjalnych preprocesorów (np.: PHP) lub osobne aplikacje, które na wyjściu generują kod HTML (bądź WML). Ogólnie techniki te podzielić możemy w zależności od miejsca wykonywania:

- po stronie klienta (ang. *client-side*) (Rys. 3), np.: JavaScript i DHTML, aplety Java,
- po stronie serwera (ang. *server-side*) (Rys. 4), np.: CGI, PHP, JSP, ASP itp..



Rys. 3 Technika *client-side*.



Rys. 4 Technika *server-side*.

Przetwarzanie po stronie klienta

Wśród technik typu *client-side* wyróżnia się **DHTML** (*Dynamic HyperText Markup Language*). Są to techniki łączenia elementów takich jak HTML, arkusze stylów i język skryptowy (np. JavaScript). Prezentowana treść i/lub forma mogą zmieniać się po załadowaniu do przeglądarki odwiedzającego bez konieczności ponownego odwołania się do serwera WWW. Przeglądarka traktuje wyświetlany dokument jako obiekt – **DOM** (*Document Object Model*). Do odwołania się do niego i modyfikacji jego elementów wykorzystuje się języki skryptowe.

Jest to technika dość popularna i efektywna. Jednak problem polega na niekompatybilności modelu dla różnych przeglądarek. Wynika stąd konieczność ich rozpoznawania i uzależniania od tego dalszego kodu. Oczywiście jest, że jest to uciążliwe dla programisty i często spotykamy się z nieoczekiwanymi zachowaniami strony. Innym zagadnieniem jest też bezpieczeństwo, gdyż wszystkie dane związane ze stroną (nawet te, które potencjalnie nie będą użyte) muszą być wysłane jednocześnie do klienta.

Techniki 'server-side' rozwiązują wiele z tych trudności. Niemniej z reguły stosuje się rozwiązania łączące oba te sposoby, ze względu na niewatpliwe zalety metod 'client-side' (np.: interaktywne zmiany bez przeladowywania stron).

Przetwarzanie po stronie serwera

Techniki typu *server-side* cechują się większym bezpieczeństwem (wysyłają dane tylko zadane przez danego klienta). W znacznym stopniu zwiększają też kontrole nad postacią generowanej strony (centralizacja). Wspomnijmy tu o najbardziej popularnych:

- **CGI** (Common Gateway Interface). Aplikacje CGI mogą być pisane w wielu językach (np. C, C++, Java, Perl, Visual Basic). Popularny jest tutaj Perl, ponieważ jest to język prosty, wysokopoziomowy i posiada wiele rozszerzających jego możliwości bibliotek. Prócz niskiej wydajności (osobny proces dla każdego zadania) CGI posiada ogromną wadę z punktu widzenia interfejsu - trudność w rozdzieleniu prezentacji od logiki.
- **PHP** (Hypertext Preprocessor) [8]. Istnieje bardzo duża ilość bibliotek rozszerzających podstawową funkcjonalność PHP. Najbardziej użyteczną grupę stanowi obsługa dostępu do baz danych (w zasadzie wszystkich znaczących na rynku). Wadą jest konieczność 'zaszywania' notacji HTML wewnątrz kodu PHP, co czyni analizę struktury, a więc i późniejsze modyfikacje uciążliwymi.
- **JSP i serwlety**: zostały już opisane w rozdziale dotyczącym technologii budowy systemów.

W mechanizmie generowania stron przez serwer znaczną rolę odgrywa obecnie, wspominany już wcześniej, język **XML** (eXtensible Markup Language) [7]. Jest to w istocie uproszczenie przemysłowego standardu obróbki dokumentów elektronicznych SGML (Standard Generalized Markup Language). XML wprowadza znaczniki semantyczne (ang. *tags*), np. <Imię>, <Tytuł>, wolne od ograniczeń narzuconych przez predefiniowane znaczniki w HTML'u. Dzięki temu, oraz oddzieleniu warstwy prezentacji od opisu semantycznego dokumentu, XML umożliwia nie tylko prezentację danych według możliwości urządzenia i preferencji użytkownika, ale przede wszystkim czyni możliwą automatyczną interpretację, zdecydowanie upraszczając wyszukiwanie i korektę informacji.

Dlatego też XML może zostać użyty jako uniwersalna 'postać pośrednia', definiująca strukturę dokumentu, a nie jego prezentację. Istnieją rozwiązania bazujące na idei, iż strona napisana za pomocą XML'a może być skonwertowana do dowolnego formatu, np. na inny XML, HTML czy WML, co daje niezależność od urządzeń. Przykładem może tu być **XSLT** (eXtensible Stylesheet Language Transformation). Język ten jest szybki i ma duże możliwości, jeśli chodzi o manipulowanie danymi. Choć definiowanie osobnego arkusza dla urządzenia może wydawać się pracochłonne, działanie takie jest znacznie wydajniejsze od zmian kodu całego PHP czy JSP. Jest to obecnie technika polecana i preferowana ze względu na swą elastyczność oraz możliwość konserwacji i modyfikacji.

5 Standardy dla systemów medycznych: HL7 i DICOM

W wielu krajach informatyzacja służby zdrowia nie postępowała w sposób systematyczny i planowy, a w szczególności nie wdrożono w nich regulacji prawnych wymuszających standaryzację i współpracę różnorodnych systemów informatycznych używanych przez instytucje medyczne. Te sytuacje świetnie umiały wykorzystać koncerny informatyczne obecne na tym rynku, tworząc i dostarczając niekompatybilne z innymi, zamknięte rozwiązania firmowe, by związać klienta ze sobą i dyktować mu cenę. Tymczasem w praktyce działania służby zdrowia, zwłaszcza w warunkach wolnego rynku i konkurencji oraz mobilności współczesnych ludzi, istnieje często potrzeba współpracy i integracji systemów informatycznych i aparatury medycznej będącej w gestii zarówno jednej jak i wielu instytucji.

HL7 (Health Level 7) [6] jest zaawansowanym technicznie standardem wymiany danych elektronicznych pomiędzy instytucjami medycznymi, reprezentacji danych medycznych i integracji różnorodnych systemów informatycznych. Jest on zdefiniowany jako niezależny od systemu komputerowego oraz protokołu komunikacyjnego używanego do wymiany danych. Rozwiązania HL7 mogą być wykorzystywane w każdej instytucji medycznej, niezależnie od charakteru jej pracy i w każdej dziedzinie medycyny. Standard opisuje szereg rozwiązań, które pozwalają istniejącym, dojrzałym systemom medycznym na integrację z nowymi, zgodnymi z HL7, znacząco rozszerzając w ten sposób zasięg dostępności danych medycznych. Podstawowym elementem i narzędziem integracji standardu HL7 jest zestaw komunikatów, które tworzą hierarchicznie uporządkowaną strukturę. Standard jest podzielony na rozdziały, odpowiadające podstawowym zakresom funkcjonalnym systemów medycznych, takim jak np. ruch chorych i informacje demograficzne, zamówienia (leków i badań oraz konsultacji), przechowywanie i udostępnianie wyników badań.

HL7 został stworzony głównie w USA i tam uzyskał status standardu ANSI (pod koniec 2000 roku), ale promującą go organizacją HL7 posiada członków w wielu krajach, m.in. W. Brytanii, Finlandii, Niemczech, Szwajcarii, Kanadzie, Australii i Polsce. HL7 został zaakceptowany i jest popierany przez międzynarodowe korporacje medyczne i komputerowe, jak np. Johnson & Johnson, Agilent Technologies, IBM, czy Siemens i szybko stał się standardem de facto w wielu szpitalach w USA i Europie.

Najnowsza wersja standardu HL7 (3.0) używa języka XML do definicji komunikatów i ich danych oraz standardu CORBA IDL do tworzenia implementacji interfejsów. Użycie tych nowoczesnych technologii informatycznych świadczy o wysokim poziomie technicznego zaawansowania standardu HL7 i dobrze wróży jego upowszechnieniu. Obecne zastosowania XML to m.in.: uniwersalny format dokumentów, publikowanie zawartości baz danych, handel elektroniczny, wymiana informacji między aplikacjami. Integracja systemów medycznych oraz aplikacje telemedyczne do transmisji danych i dokumentów medycznych oraz zdalnego dostępu do szpitalnych baz danych stanowią doskonałe dziedziny zastosowania tej technologii.

W dziedzinie przekazu obrazów medycznych wiodącym standardem jest DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), umożliwiający współpracę między różnymi urządzeniami medycznymi generującymi, archiwizującymi i przysyłającymi obrazy medyczne (PACS – Picture Archiving and Communications System) oraz stacjami roboczymi służącymi do przeglądania i obróbki tych obrazów. Należy podkreślić, że DICOM to nie tylko format plików, w jakim zapisuje się obrazowe i tekstowe dane medyczne, ale przede wszystkim protokół komunikacyjny. Największą zaletą DICOM jest to, że jest najbardziej rozpowszechnionym i zaakceptowanym spośród standardów medycznych, i obecnie praktycznie każde nowoczesne urządzenie diagnostyczne jest przystosowane do jego obsługi. Inne jego atuty to: oparcie na modelu klient-serwer, który dobrze odpowiada współczesnym systemom sieciowym, stosunkowo swobodny sposób zapisu, wiele algorytmów kodowania oraz negocjacje formy, w jakiej informacje mają być przekazywane pomiędzy systemami. Standard używa bezstratnych metod kompresji, dzięki czemu gwarantuje uznaną diagnostyczną jakość obrazu, jaka jest obecnie wymagana przez ośrodki medyczne. Jego wadami są: bardzo uproszczony i niewydajny interfejs sieciowy, pozbawiony możliwości bezpośredniej pracy poza sieciami lokalnymi, oraz brak metod szyfrowania oraz uwierzytelniania danych.

6 Wideokonferencje i systemy cyfrowej komunikacji multimedialnej

Wideokonferencje można zdefiniować jako interaktywną komunikację wielu (minimum dwóch) stron (osrodków) z transmisją strumienia multimedialnych w czasie rzeczywistym. Podstawowym zastosowaniem wideokonferencji w medycynie mogą być multimedialne telekonsultacje, gdzie specjaliści różnych dziedzin w ośrodkach o wyższym poziomie referencyjnym mogą zdalnie konsultować kontrowersyjne przypadki u pacjentów znajdujących się w ośrodkach peryferyjnych czy szpitalach o niższym poziomie referencyjnym. Dzięki temu lekarze-eksperti mogą np. ordynować przygotowanie do zabiegu operacyjnego na podstawie dyskusji z lekarzami po drugiej stronie i oglądu obrazowych wyników badań, dostarczonych przez drugą stronę przed telekonsultacją lub „na żywo” w jej trakcie, a także np. przeprowadzać zdalnie wywiad z pacjentem. Dotychczas konsultacje takie możliwe były tylko z użyciem telefonu, a najczęściej wiązały się z koniecznością przewiezienia pacjenta do ośrodka referencyjnego, gdzie następowała szczegółowa analiza przypadku. Transport pacjenta, nie dość, że uciążliwy i często niebezpieczny dla zdrowia chorego, zwiększa jednocześnie koszty leczenia, dlatego pozadane są rozwiązania mogące obniżyć te koszty i jednocześnie „przybliżyć” lekarza specjalistę do chorego z ośrodka peryferyjnego.

Innym zastosowaniem cyfrowej komunikacji multimedialnej w medycynie może być transmisja obrazu i dźwięku z sali operacyjnej do sali konferencyjnej, innego ośrodka medycznego lub nagranie takiej transmisji na serwer wideo dla celów późniejszej prezentacji na zadanie. Ma to fundamentalne znaczenie w usprawnieniu i uprzączeniu dydaktyki i doskonalenia zawodowego chirurgów i lekarzy prowadzących chorych po zabiegach, gdzie przy klasycznych metodach szkolenia z powodów anatomicznych oraz miejsca usytuowania obserwatorów, pewne etapy operacji mogą być mało widoczne, a ponadto wymogi bloku operacyjnego istotnie ograniczają liczbę obecnych osób, a wręcz uniemożliwiają dostęp większych grup szkolonych. Zastosowanie multimedialnych narzędzi zdalnego przekazu jest optymalnym rozwiązaniem tego problemu.

Dokładne ustalenie wymagań co do jakości przekazu audio i wideo dla danego rodzaju wideokonferencji oraz jej scenariusza i rodzaju oraz formatu przesyłanych danych (zwl. obrazowych wyników badań, np. radiologicznych) jest kluczowe dla doboru odpowiednich technologii i narzędzi transmisji multimedialnej. Ponadto parametry techniczne sieci takie jak: przepustowość, opóźnienie i jego wariacja (tzw. *jitter*) w torze transmisji czy obecność mechanizmów gwarantowania jakości usług (ang. *Quality of Service*) mogą determinować użycie lub wykluczenie pewnych technologii. Zdecydowanie najistotniejszym parametrem, wpływającym również na pozostałe, wydaje się być przepustowość.

W trakcie realizacji grantu PBZ KBN wyróżniono 3 scenariusze wideokonferencji, z których dwa pierwsze są planowane do przygotowania i pilotowego wdrożenia w ramach projektu:

1. **Scenariusz wysokiej jakości** (ang. *high-end*): telekonferencja z przekazem sygnału audio i wideo wysokiej jakości, porównywalnym co najmniej ze standardami telewizji analogowej (min. rozdzielczość VHS lub PAL, ok. 25 klatek na sekundę). Jako technologii kodowania i dekodowania można tu użyć standardu MPEG-1 lub MPEG-2 ze względu na dostępność na rynku urządzeń sprzętowych (koderów i dekoderów), wspomagających działanie stacji wideokonferencyjnych w trybie czasu rzeczywistego. Zaletą tych technologii jest stosunkowo wysoka jakość obrazu, umożliwiająca ogląd pacjenta oraz większości dokumentów medycznych i obrazowych wyników badań (np. tomografii komputerowej lub rezonansu magnetycznego) okiem kamery wideokonferencyjnej „na żywo”, bez konieczności ich wcześniejszego fotografowania lub skanowania i

transmisji powstałych w ten sposób plików graficznych (przy założeniu braku możliwości generacji standardowej postaci cyfrowej, np. DICOM, przez aparaturę medyczną w miejscu badania).

Minimalne wymagane pasmo dla realizacji takiego scenariusza typu „punkt-punkt” w standardzie MPEG-1 wynosi ok. 1,4 Mb/s (2 strumienie po 700 Kb/s) w formacie SIF (rozmiar 352 x 288 dla PAL), a w standardzie MPEG-2 aż do 8 Mb/s (2 x 4 Mb/s) w formacie Half-D1 (352 x 576 dla PAL, a więc przy dwa razy większym rozmiarze). Wartości te potwierdzono eksperymentalnie w trakcie testów koderów sprzętowych MPEG, przeprowadzonych w Katedrze Informatyki AGH w Krakowie.

2. **Scenariusz niskiej i średniej jakości:** telekonferencja w sieci o niskiej i średniej przepustowości (128 Kb/s – 1,4 Mb/s), zakładająca wykorzystanie następujących mediów, technologii i narzędzi:
 - ✓ *pomocniczego strumienia audio/wideo o niskiej lub średniej rozdzielczości i jakości, a zwł. niskiej częstotliwości generacji klatek na sekundę, dla celów transmisji ogólnego widoku uczestników w pokoju wideokonferencyjnym i ew. obrazu pacjenta, z użyciem programowych narzędzi wideokonferencyjnych, np. Microsoft NetMeeting lub VIC/RAT; zalecane standardy kodowania wideo: H.261 lub H.263, rozdzielczość: QCIF (176 x 144); kodowanie audio: np. G.723, μ -law (G.711) lub GSM (wybór algorytmu kodowania audio w dużej mierze zależy od dostępnej przepustowości, ponieważ jest ona współdzielona ze strumieniami wideo);*
 - ✓ *seria nieruchomych obrazów i zdjęć, stanowiących reprodukcje wyników badań radiologicznych (np. RTG, CT, NMR) i dokumentacji medycznej pacjenta istniejącej na kliszach i wydrukach; w pewnych przypadkach bowiem przesyłanie obrazu ruchomego z kamery jest niewystarczające. Rezultatem np. przeswietlenia RTG jest klisza o bardzo wysokiej rozdzielczości, której pewne szczegóły nie będą z pewnością widoczne w przekazie wideo narzędzi stosowanych w tym scenariuszu, ze względu na zbyt dużą utratę jakości przy kodowaniu i kompresji międzyramkowej standardów H.261 i H.263 oraz transmisji w wąskim pasmie. Taka utrata jakości uniemożliwia dokonanie analizy obrazu po stronie ośrodka referencyjnego w jednoznaczny sposób. Lepiej wykonać zdjęcia takich klisz i ew. innych obrazów drukowanych za pomocą tzw. kamery dokumentacyjnej, której rolę może pełnić wysokiej klasy cyfrowy aparat fotograficzny, i przetransmitować je do ośrodka po drugiej stronie w trybie off-line przed telekonsultacją lub on-line w trakcie jej trwania (pamiętając, że możliwe rozdzielczości takich zdjęć sięgają nawet do 2 tys. pikseli w poziomie, a więc są to pliki naprawdę duże!). Narzędziem ułatwiającym konsultację takich wyników obrazowych (zdjęć) może być *Telenegatoskop* (patrz podpunkt 7.4),*
 - ✓ *przeglądarka medycznych obrazów cyfrowych w formacie DICOM (o ile takie obrazy są dostępne w wersji elektronicznej w ośrodku peryferyjnym i mogą być przesłane do ośrodka referencyjnego).*
3. **Scenariusz „off-line”**, który mógłby być stosowany przy bardzo niskich dostępnych przepustowościach, ale w/w projekt PBZ KBN nie przewiduje jego wdrożenia. Polega on na przesłaniu sieci komputerowej serii obrazów i dokumentów w postaci elektronicznej, wraz z ew. opisem i prośbą o konsultację, z ośrodka peryferyjnego do ośrodka referencyjnego, za pomocą odpowiedniego narzędzia transmisyjnego (np. ftp lub poczty elektronicznej). Dodatkowy kontakt lekarzy z obu ośrodków (i ew. dyskusja) mógłby

byc przeprowadzony telefonicznie, jesli istnialaby taka koniecznosc. Wynik konsultacji bylby odeslany siecia komputerowa.

Dla realizacji scenariuszy wysokiej jakosci w laczach o duzej, a takze sredniej przepustowosci (juz od ok. 200 Kb/s) celowym wydaje sie rozwazenie uzycia standardu MPEG-4, poniewaz:

- ✓ MPEG-4 umozliwia efektywne kodowanie z jakoscia obrazu telewizyjnego i ma przy tym lepsze parametry kompresji niz MPEG-1 i MPEG-2, a zatem mniejsze wymagania co do przepustowosci,
- ✓ MPEG-4 ma mozliwosc dynamicznego dostosowania jakosci i rozdzielczosci do dostepnego pasma,
- ✓ Ze wzgledu na bardziej „konsumencki” charakter standardu MPEG-4, nalezy sie spodziewac nizszych cen jego koderów sprzetowych w porownaniu do MPEG-1 i MPEG-2.

Niestety, w chwili obecnej sprzetowe kodery MPEG-4 nie sa dostepne na rynku polskim. Z kolei dostepne kodery programowe (np. DivX) nie maja zdolnosc strumieniowania (transmisji strumienia audio/wideo w sieci komputerowej), ale w Katedrze Informatyki AGH trwaja prace nad rozwiazaniem tego problemu.

Wspólnym zagadnieniem dla telekonferencji jest mechanizm zapraszania i informowania o aktualnych sesjach wideokonferencyjnych, przy uzyciu protokółów SIP lub H.323, opracowanych przez organizacje IETF oraz ITU. Coraz szerzej poruszonym aspektem w kontekście wideokonferencji jest takze wykorzystanie transmisji typu *multicast* oraz mozliwosci protokółu IPv6. Upowszechnianie sie bezprzewodowych technologii sieciowych oraz nieduzych urzadzen zdolnych transmitowac i wyswietlac strumienie multimedialne, wyznacza z kolei nowe obszary badan np. nad mozliwosciami transmisji MPEG-4 w sieciach 802.11 czy Bluetooth.

7 Przykłady systemów telemedycznych

W niniejszym rozdziale przedstawiono przyklady systemów telemedycznych tworzonych na AGH w ramach prac Krakowskiego Centrum Telemedycyny.

7.1 System internetowej rejestracji CAS

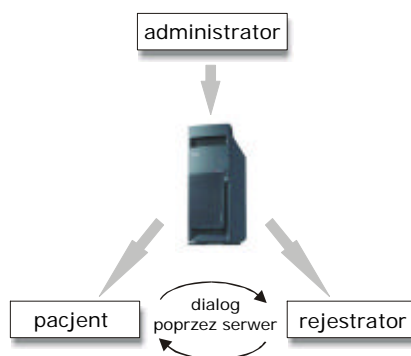
System zdalnej rejestracji CAS jest nowoczesna internetowa platforma zgłaszania wizyt lekarskich czy badan laboratoryjnych. Pozwala na komunikacje z rejestracja kliniki czy przychodni poprzez wysylanie informacji droga analogiczna do poczty elektronicznej. Powiadomienia moga byc wysylane i odczytywane poprzez strone WWW (dla stacjonarnych i przenosnych komputerów PC, podrecznych urzadzen typu PDA) oraz serwis WAP (dla telefonów komórkowych).

W projekcie wyróznione zostaly 3 klasy uzytkowników: pacjent, rejestrator (operator) i administrator. Zasada dzialania calego systemu nie jest skomplikowana i opiera sie na dialogu pacjenta z rejestratorem (Rys. 5), czyli sekwencji wysylanych zgłoszen i odpowiedzi na nie (potwierdzen, korekt, badz rezygnacji/odmów). Obecność rejestratora wynika z braku modulu zarzadzajacego wizytami i automatycznie przydzielajacego wolne terminy.



Rys. 5 Ekran powitalny systemu CAS (logowanie).

Pacjent ma ponadto możliwość przeglądania swoich wizyt oraz danych osobowych. Rejestrator może przeszukiwać listy wizyt i dane pacjentów, tworzyć i modyfikować wpisy itp. Cały dialog między pacjentem a rejestratorem odbywa się z pomocą serwisu sieciowego (Rys. 6), a dostęp do systemu możliwy jest poprzez strony WWW. Obie strony są klientami serwera obsługującego całą aplikację. To na nim zaimplementowana jest cała warstwa biznesowa i bazodanowa systemu. Kontrolę nad nią sprawuje administrator.



Rys. 6 Mechanizm funkcjonowania systemu CAS.

Do budowy systemu użyta została technologia EJB oraz JSP i serwlety. Ponieważ wyróżniono trzy klasy urządzeń końcowych, kod wynikowy ma postać HTML dla PC, HTML dla PDA, bądź WML.

7.2 System rezerwacji usług medycznych mbook-Med

mbook-Med jest systemem, którego zadaniem jest usprawnienie pracy szpitala w zakresie rezerwacji udostępnianych usług. Jest to system, którego funkcjonalność stanowi nadzbiór możliwości systemu CAS. mbook-Med automatyzuje proces rezerwacji usług wprowadzając zarządzanie czasem dostępności zasobów wymaganych do realizacji tych usług takich jak lekarze, pielęgniarki, urządzenia czy pomieszczenia. System ma rozbudowane możliwości reakcji na wystąpienie sytuacji wyjątkowych: sam reorganizuje czasy wizyt starając się jak najmniej modyfikować istniejące harmonogramy oraz wysyła powiadomienia do użytkowników systemu, na których te sytuacje miały wpływ. Użytkownikami systemu są przede wszystkim pacjenci, ale także lekarze, pracownicy obsługi urządzeń i pielęgniarki. Przy budowie systemu została wykorzystana technologia EJB. Jako urządzenia dostępne wybrano przeglądarki WWW, co zaowocowało wykorzystaniem kolejnych technologii: serwerów, JSP, XML, XSL.

7.3 Stacje wideokonferencyjne do telekonsultacji

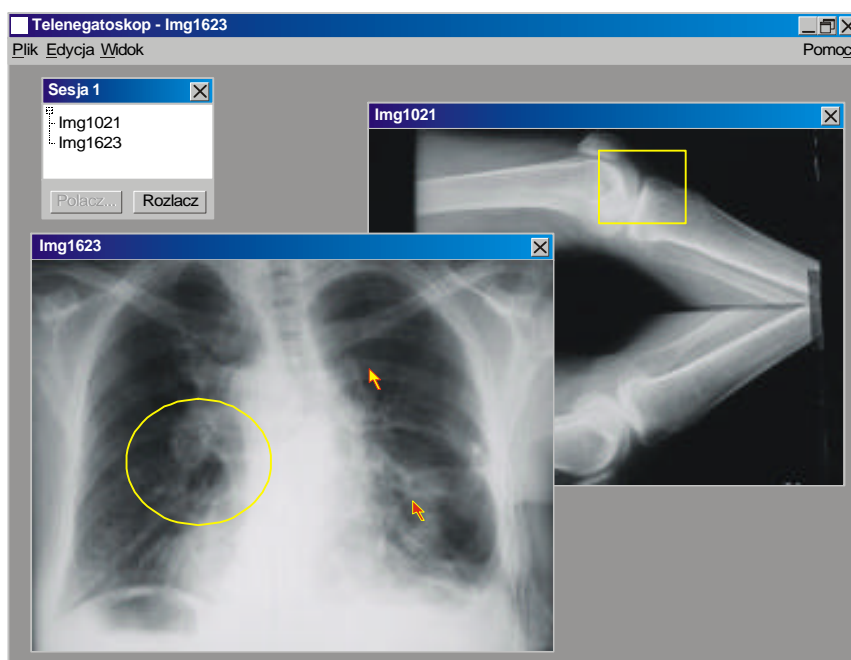
Dla realizacji scenariusza telekonsultacji o wysokiej jakości przekazu w w/w projekcie KBN, stosowane są stacje wideokonferencyjne kodujące i dekodujące strumień multimedialny w standardzie MPEG-1 w czasie rzeczywistym, oraz nadające i odbierające ten strumień w sieci pakietowej (TCP/IP) bez mechanizmów zapewnienia jakości usług (QoS). Stacje te zbudowano na bazie komputerów PC z systemem operacyjnym Windows 2000, wyposażając je w karty kodujące i dekodujące MPEG-1 firmy Optibase (odpowiednio: serii MovieMaker Xpress i VideoPlex Xpress) oraz odpowiednie urządzenia peryferyjne, tj. kamery analogowe (np. S-VHS) oraz zestawy audio (mikrofony kierunkowe i głośniki lub zestawy słuchawkowo-mikrofonowe). Jedynym istotnym wymaganiem sprzętowym dla tych komputerów są wydajne interfejsy sieciowe (np. karty Fast Ethernet). Karty dekodujące VideoPlex są dostarczane ze specjalizowanymi przeglądarkami, tj. oprogramowaniem umożliwiającym wyświetlenie obrazu i odtworzenie dźwięku ze strumienia multimedialnego po stronie odbiorcy. Alternatywa dla sprzętowej karty dekodującej może być program-przeglądarka z wbudowanym dekodującym i możliwościami odbioru strumienia multimedialnego bezpośrednio z sieci. Stacje telekonferencyjne nadają strumień MPEG, używając UDP jako protokołu transportowego w sieci IP. Należy podkreślić, że to rozwiązanie ma charakter otwarty i uniwersalny, a cena urządzeń jest kilkakrotnie niższa od zamkniętych technologicznie, gotowych urządzeń wideokonferencyjnych, np. firm Polyspan czy Picture-Tel, które stosują metody kodowania o gorszej jakości (H.261 i H.263) oraz często umożliwiają jedynie korzystanie z łącza ISDN. Stacje wideokonferencyjne pracujące w standardzie MPEG-1 są obecnie wdrażane do telekonsultacji między klinikami Collegium Medicum UJ i Szpitalem Specjalistycznymi im. Jana Pawła II w Krakowie w ramach sieci miejskiej (MAN) oraz pomiędzy nimi a szpitalami w Tarnowie i Kielcach po łączach sieci POL-155.

7.4 Wspomaganie telekonsultacji: aplikacja Telenegatoskop

Pierwotnym dla aplikacji Telenegatoskop jest negatoskop, czyli urządzenie do podświetlania i oglądu klisz rentgenowskich. Przesyłanie zdjęć RTG nie jest jednak jedynym możliwym zastosowaniem tej aplikacji. Może ona służyć do wymiany dowolnych obrazów statycznych np. wyników EKG, pozwalając na łatwy wgląd w dokumentację pacjenta, wyniki jego badań, itp. bez konieczności stosowania nowoczesnych komputerowych systemów przechowywania informacji o pacjencie w ośrodkach prowincjonalnych (co jest tam najczystszy status quo). Ponadto, stosowany w ośrodkach lokalnych sprzęt rzadko kiedy

umożliwia generowanie wyników badania w postaci cyfrowej, które w prosty sposób można wysłać do ośrodka referencyjnego. Bardzo często wszystkie wyniki są w postaci papierowej, podobnie jak cała dokumentacja o pacjencie. Dokumenty takie mogą zostać sfotografowane aparatem cyfrowym i przy użyciu Telenegatoskopu przesłane do ośrodka zdalnego.

Interaktywna konsultacja przy użyciu Telenegatoskopu polega na wymianie pomiędzy obiema stronami ruchomego wskaźnika oraz możliwości zaznaczania fragmentów obrazu za pomocą prostych figur geometrycznych: elipsy, prostokąta i linii. Ruchomy wskaźnik zastępuje wskaźnik używany przez lekarza podczas tradycyjnych konsultacji przy użyciu negatoskopu. Figury geometryczne mają natomiast zastąpić flamaster, którym lekarz może zaznaczać interesujące fragmenty zdjęcia. Rys. 7 przedstawia przykładową sesję telekonsultacji z użyciem Telenegatoskopu. Jak pokazano na rysunku, program umożliwia pracę z wieloma obrazami jednocześnie, na każdym z nich interesujące fragmenty mogą zostać wyróżnione kolorową figurą geometryczną. Na ekranie przedstawiono dwa ruchome wskaźniki, będące w dyspozycji użytkowników: jeden lokalny i jeden zdalny. Dzięki nim obie strony biorące udział w konsultacji mają możliwość pokazywania interesujących je fragmentów obrazu. Narzędzie to, w połączeniu z transmisją głosu, daje dość dużą swobodę w prowadzeniu konsultacji medycznych, tak, że konsultacja z jego użyciem nie powinna odbiegać znacząco od konsultacji prowadzonych w tradycyjny sposób.



Rys. 7 Przykładowa sesja z użyciem programu Telenegatoskop

8 Podsumowanie

Systemy telemedyczne wymagają bardzo zaawansowanych technologii informatycznych w zakresie przesyłania, przechowywania i wizualizacji danych. Ich budowa obecnie wymaga także użycia technologii internetowych, gwarantujących otwartość i powszechność dostępu do informacji. Współczesne środowiska tworzenia aplikacji rozproszonych stwarzają możliwość budowy systemów skalowanych i modularnych, dobrze przystosowanych do dalszej rozbudowy. Zapewniają to adaptowalność powstających aplikacji do rosnących i zmieniających się wymagań użytkowników. Należy jednak podkreślić, że większość aktualnie eksploatowanych informatycznych systemów medycznych jest zbudowanych w technologii nie pozwalającej na ich adaptację do wymagań współczesnych systemów telemedycznych. Stwarza to poważny problem techniczny.

Bibliografia

1. M. Handley, J. Crowcroft, C. Bormann, J. Ott; The Internet Multimedia Conferencing Architecture; Internet Draft draft-ietf-mmusic-confarch-03.txt; July 2000
2. E. Roman, "Mastering Enterprise JavaBeans, 2nd Edition", John Wiley & Sons, 2001
3. H. Bergsten, "Java Server Pages", O'Reilly, 2000
4. J. Hunter, "Java Servlet Programming, 2nd Edition", O'Reilly, 2001
5. S. Oaks, H. Wong, "Jini in a Nutshell", O'Reilly, 2000
6. HL7 Group, <http://www.hl7.org/>
7. XML: <http://www.xml.com>, <http://www.xml.org>, <http://www.xml.pl>
8. PHP: <http://www.php.net>
9. Dupłaga M.: „Telemedycyna – czynniki rozwoju i aplikacje specjalistyczne”, *Zdrowie i Zarządzanie*, nr 1, 2002; str. 56-64
10. M. Dupłaga, K. Zielinski, A. Szczeklik: „Wspomaganie opieki nad chorymi na ciężką astmę przy pomocy dokumentacji udostępnianej przez Internet”, Materiały Zjazdowe V Konferencji Internetu Medycznego, Poznań, 10-11 listopad 2000