

Magdalena Ładniak, Adam Piórkowski
Katedra Geoinformatyki i Informatyki Stosowanej
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

Robert Paweł Banyś
Zakład Radiologii i Diagnostyki Obrazowej
Szpital im. Jana Pawła II, Kraków

Przegląd otwartych rozwiązań systemów archiwizacji i komunikacji obrazów medycznych

STRESZCZENIE

Poniższy artykuł porusza tematykę zarządzania obrazami cyfrowymi magazynowanymi w bazie danych medycznych. W pracy przedstawiono koncepcję rozwiązań systemów archiwizacji, dystrybucji i komunikacji obrazów medycznych (PACS) wykorzystywanych w jednostkach medycznych i badawczych. Przedstawiono aspekty techniczne i praktyczne. Przetestowano i opisano zestaw najpopularniejszych otwartych rozwiązań archiwizacji, dystrybucji i komunikacji obrazów medycznych.

WSTĘP

Rozwój technologii teleinformatycznych w znacznym stopniu zmienia podejście do niezmiennych od dziesięcioleci dziedzin jak radiologia. Popularna i praktycznie wykorzystywana do niedawna klisza RTG oraz opisy badań utrwalone w formie papierowej, wypierane są przez nowoczesne systemy komputerowe. Zmniejszające się koszty sprzętu komputerowego i nośników danych powodują, iż proces archiwizowania wyników badań optymalizuje się i nie wymaga już wykorzystywania fizycznie wielkich powierzchni do składowania tysięcy wywołanych klisz [1]. Szybki rozwój technologiczno-informatyczny w zakresie konstrukcji aparatów diagnostycznych oraz akwizycji danych obrazowych i procesów ich przetwarzania spowodował dynamiczny wzrost liczby wykonywanych badań obrazowych, a co za tym idzie – zwiększeniu się woluminu rezultatów badań (obrazów medycznych i ich rekonstrukcji oraz opisów). Powstaje tutaj problem optymalnego magazynowania i zarządzania takimi danymi. W środowisku przemysłowym (jednostki medyczne i duże centra badawcze) przyjął się proces informatyzacji diagnostyki obrazowej, polegający na instalacji zaawansowanych systemów typu PACS (ang. Picture Archiving and Communication System) do archiwizacji dystrybucji i komunikacji obrazów medycznych. Rozwiązanie takie pozwala na zdalną analizę obrazów, będących rezultatem wykonywanych badań, niezależnie od czasu i miejsca ich wykonania, czyli obraz medyczny we właściwym miejscu i czasie. [2]. Wdrożenie takiego nowoczesnego i funkcjonalnego systemu informatycznego poprawia dostęp do informacji i usprawnia działanie zarówno tych małych, jak i dużych centrów diagnostycznych – zakładów radiologicznych zarówno w placówkach szpitalnych jak i badawczo naukowych. Niestety koszty, jakie niesie ze sobą wdrożenie w pełni funkcjonalnego systemu komunikacji i archiwizacji obrazów medycznych, są bardzo duże. Staje się to przyczyną poszukiwania innych optymalnych rozwiązań, szczególnie na potrzeby analizy problemów o charakterze wstępnie naukowym. W niniejszym artykule Autorzy przedstawiają przeglądowy opis infrastruktury takiego systemu oraz programowych rozwiązań między innymi otwartych systemów archiwizacji dystrybucji i komunikacji obrazów medycznych PACS.

IDEA KOMPUTEROWEGO WSPOMAGANIA DIAGNOSTYKI MEDYCZNEJ I ZNACZENIE BADAŃ OBRAZOWYCH

Obrazowanie zmian fizjologicznych oraz patologicznych zachodzących w ciele ludzkim za pomocą oddziaływań fizycznych jest podstawą realizacji procesu diagnostyki medycznej. Diagnostyka obrazowa definiowana jest jako nauka z pogranicza radiologii i medycyny nuklearnej. Do lat 50' XX wieku do dziedziny radiologii włączano działy wykorzystujące promieniowanie jonizujące w diagnostyce oraz terapii. Były to: rentgenodiagnostyka, radioterapia oraz medycyna nuklearna. Rozwój nauki przyczynił się do wydzielenia dwóch ostatnich, tworząc nowe gałęzie nauk medycznych oraz do usystematyzowania współczesnej definicji radiologii, jako nierozdzielnie związanej z obrazowaniami medycznymi. Zmiany jakie nastąpiły nie dotyczą jednak tylko teoretycznych rozważań, lecz również praktycznych technik wykonywania obrazowań medycznych. Nie wykorzystuje się w tym celu tylko promieniowanie jonizujące (tomografia komputerowa), lecz również oddziaływanie pola magnetycznego z impulsem elektromagnetycznym (rezonans magnetyczny) czy ultradźwięki (ultrasonografia). Znaczenie badań obrazowych we współczesnej medycynie jest zarówno poznawcze jak i praktyczne. Stanowią one jeden z podstawowych działów diagnostyki medycznej. Uważa się, że badania obrazowe umożliwiają ustalenie rozpoznania w ponad 50%, a w 20% mają znaczenie pomocnicze [3].

KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE POZYSKIWANIA I PRZETWARZANIA OBRAZU MEDYCZNEGO

Aktualnie wyróżnia się dwa główne nurty obrazowania: analogowy oraz cyfrowy. Konwencjonalna metoda obrazowania polega na wykorzystaniu dużej liczby mikroskopijnych punktów znajdujących się na błonie halogeanosrebrowej. Ich liczba zmienia w sposób ciągły zależnie od stopnia natężenia promieniowania rentgenowskiego po przejściu przez organizm. Obraz medyczny analogowo zapisany na błonie halogeanosrebrowej może zostać przekonwertowany na postać cyfrową za pomocą dedykowanych skanerów do pamięci komputera. Zapis cyfrowy może zostać zrealizowany za pomocą pośredniej radiologii cyfrowej (płyty pamięciowe zawierające związki selenu i fosforu) i bezpośredni zapis na detektorze cyfrowym. Zaawansowane metody obrazowania wymagają dużej mocy obliczeniowej oraz nośników, które zarchiwizują otrzymane dane. Tym wymogom sprostała generacja współczesnych komputerów oraz rozwój oprogramowania odczytującego obrazy medyczne [11]. Zapewniły one diagnostyce dokładniejszą analizę badanego organizmu, którego obraz dzięki nim był przechowywany w o wiele lepszej jakościowo formie (jakość diagnostyczna). Wykorzystuje się w tym celu np. komputerowe metody wspomaganie diagnostyki obrazowej. Są nimi np. systemy klasy CAD (ang. Computer Aided Diagnosis). Wykorzystywane w nich są podstawowe operacje przetwarzania obrazów, mające na celu poprawę jakości obrazu np. poprzez modyfikację kontrastu, redukcję szumów i artefaktów, poprawę percepcji dzięki uwzględnieniu właściwości ludzkiego systemu widzenia, uwydatnienie cech obrazu kluczowych w dalszej analizie itd. Dzięki nim lekarz skupia się na interpretowaniu przetworzonych i przygotowanych danych.

ZARZĄDZANIE DANymi OBRAZOWYMI W MEDYCYNIE

Informatyzacja zakładów diagnostyki obrazowej jest podyktowana przede wszystkim koniecznością usprawnienia obiegu informacji. W praktyce integruje się dwa podsystemy zarządzania danymi medycznymi. Pierwszym jest system wspierający proces zbierania dokumentacji medycznej i gromadzenia informacji diagnostycznej – takim systemem jest tzw. RIS, czyli radiologiczny system informatyczny. Odpowiada on za zarządzanie informacją związaną z danymi pacjenta, opisami badań, informacjami dotyczącymi konkretnych obrazów, takimi jak dawka promieniowania wykorzystana podczas badania, czas ekspozycji. Do zarządzania powstałymi danymi powszechnie stosuje się archiwizację cyfrową [4]. W tym celu wykorzystuje się PACS – odpowiada on za przekazywanie obrazów z urządzeń medycznych (tomograf komputerowy, ultrasonograf itp.) do serwera, archiwizację obrazów oraz przekazywanie obrazów do celów opisowych do stacji diagnostycznych. Popularnym podejściem do analizy badań diagnostycznych stał się proces opisu obrazów „na odległość”. Pozwala on na stały dostęp do wykwalifikowanych i wyspecjalizowanych lekarzy

radiologów i specjalistów opisujących badania obrazowe bez względu na czas i miejsce wykonania badania. Przekłada się to znaczne skrócenie czasu oczekiwania na opis, podniesienie wartości diagnostycznej badań, lepszy standard obsługi pacjenta oraz realną redukcję kosztów. Możliwe jest to dzięki systemom teleradiologicznym. Jest to rozwiązanie umożliwiające wysyłkę obrazów cyfrowych w jakości diagnostycznej (DICOM) i podstawowych danych pacjenta, bezpiecznym połączeniem do lekarza radiologa, który opisuje badanie i odsyła do pracowni. Systemy radiologiczne funkcjonują w różnych modelach, z których najpopularniejsze są dwa – z centralną jednostką opisującą lub w formie tzw. „węzła teleradiologicznego”. W pierwszym modelu placówki wykonujące badania wysyłają obrazy do specjalnie utworzonego do tego celu centrum opisowego, w którym pracują lekarze radiolodzy i specjaliści i na bieżąco analizują i dokumentują badania. Drugi system opiera się na współpracy pomiędzy placówkami medycznymi, w którym jedne pracownie wysyłają obrazy do opisu, a inne (dysponujące wolnymi zasobami lub będące jednostkami o większych kompetencjach) przyjmują obrazy do analizy. W obu przypadkach wymiana danych odbywa się dzięki opracowanej infrastrukturze telekomunikacyjnej dla stworzenia zamkniętej sieci komputerowej VPN (VPN ang. Virtual Private Network) dla przepływu i magazynowania informacji medycznej. Architektura sieci, ma umożliwić dostęp do obrazowych i tekstowych danych medycznych z zapewnieniem bezpieczeństwa (szyfrowanie danych – protokół SSL) i poufności danych (np. Fire Wall, karty chipowe), z pełną autoryzacją i monitorowaniem dostępu – wyłącznie przez zarejestrowanych użytkowników (hasło, login). Dane medyczne muszą być archiwizowane i dystrybuowane zgodnie ze standardami składowania i przesyłania informacji medycznych (tekst – HL7, HTTP i obrazy diagnostyczne DICOM, ACR).

OPIS INFRASTRUKTURY ROZWIĄZAŃ SYSTEMÓW ARCHIWIZACJI I KOMUNIKACJI OBRAZÓW MEDYCZNYCH – PACS

System archiwizacji i dystrybucji obrazu to technologia, która zapewnia ekonomiczne przechowywanie i wygodny dostęp do zdjęć z fizycznie wielu różnych urządzeń medycznych i modalności [2]. Obrazy cyfrowe składowane w komputerowej bazie danych są dostępne dla wszystkich specjalistów zajmujących się danym pacjentem w tym samym czasie, co umożliwia jednocześnie diagnozowanie i konsultacje "na żywo" w fizycznie odległych miejscach. Technicznie w skład PACS wchodzi elementy:

- urządzenie medyczne produkujące cyfrowe obrazy medyczne oraz system wprowadzania danych o pacjentach i bazy danych zawierających dane demograficzne,
- system archiwizacji i dystrybucji medycznych obrazów cyfrowych,
- baza danych, umożliwiająca obsługę medycznych obrazów cyfrowych,
- system teleinformatyczny pozwalający na przesyłanie zdjęć cyfrowych
- do wskazanego, odległego użytkownika (linia telefoniczna – modem, sieć komputerowa) serwera o odpowiedniej objętości mocy obliczeniowej nadzorującego pracę systemu informatycznego i zestaw stacji roboczych do analizy zdjęć medycznych, zapewnienie długoterminowego bezpiecznego i poufego gromadzenia obrazowych i tekstowych danych medycznych.

System taki może być zrealizowany jako integralna część systemu radiologicznego bądź jako oddzielna aplikacja. Konstrukcja infrastruktury systemu PACS jest uzależniona od potrzeb użytkownika. Pomimo, iż istnieje wiele rozwiązań PACS zależnych od dostawców, podstawowe komponenty są niezmiennione i podobne. Podstawy definicji systemu odseparowują zależności funkcjonalne od ich infrastruktury. Wyróżnia się komponenty odpowiedzialne za pozyskiwanie obrazów, ich przetwarzanie, umieszczanie w bazie danych, wyświetlanie przez użytkowników. Powyższe komponenty zostały omówione w dalszej części pracy [5, 6].

SYSTEMY POZYSKIWANIA OBRAZU

Obrazy, będące informacją w systemie PACS, pozyskiwane są zwykle z urządzeń wzajemnie się uzupełniających, połączonych za pomocą sieci wewnętrznej. Urządzenia np. tomografii komputerowej (TK), ultrasonograficzne (USG), medycyny nuklearnej, pozytonowej tomografii emisyjnej (PET/SPECT) i rezonansu magnetycznego (MRI) są zintegrowane z urządzeniem przechwytyjącym (np. komputer akwizycyjny) pozwalającym na ich dalszą obróbkę i dystrybucję. Schemat

przepływu informacji przedstawiono na Ryc. 1. Tak przygotowana informacja z wykorzystaniem protokołu sieciowego przekazywana jest do systemu zarządzającego PACS.



Ryc. 1. Schemat procesu pozyskiwania obrazów.

KONTROLER PACS

Kontroler PACS jest głównym silnikiem systemu. Zarządza wszystkimi transakcjami w systemie, pomiędzy bazami danych i archiwizacji. Zestaw informacji medycznych w postaci serii obrazów cyfrowych oraz zestawu informacji tekstowych (np. danych badania, danych pacjenta) transmitowane są z komputera akwizycyjnego do kontrolera PACS (np. zintegrowanego z systemem informacji radiologicznej lub szpitalnej). Po otrzymaniu takich danych, kontroler kontynuuje przetwarzanie danych skupiając się na poniższych usługach [6]:

- eksploracja wiedzy z danych tekstowych,
- aktualizacja dostępu sieciowego do bazy danych,
- ustalenie (decyzyjność) do jakiego archiwum powinny trafić nowo pozyskane dane,
- automatyczne wydobywanie niezbędnych obrazów z archiwum,
- automatyczna optymalizacja zdjęcia (metody przetwarzania obrazów, metody kompresji obrazów),
- archiwizacja zdjęcia i usuwanie zarchiwizowanych danych z komputera akwizycyjnego,
- rozdzielanie archiwów pomiędzy żądania z różnych stacji roboczych.

Najistotniejszym zadaniem kontrolera PACS (serwera PACS) jest integracja z innymi systemami zarządzania informacją w jednostce medycznej (RIS, HIS itp.). Warto zwrócić uwagę także na inne rozwiązania, np. skupiające się na strumieniu danych z urządzeń diagnostycznych [12].

SERWER BAZODANOWY I ARCHIWIZACYJNY PACS

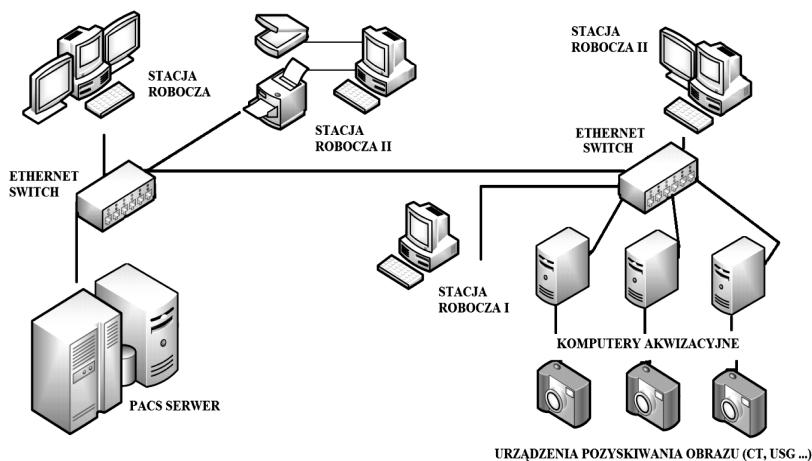
Jak wspomniano wcześniej serwer bazodanowy i archiwizacyjny jest istotną częścią systemu PACS. Istnieje wiele możliwości budowania odpowiedniego schematu takiego systemu, lecz w każdej z możliwości, wyróżnia się tendencję [7]: „Serwer bazodanowy PACS zezwala na automatyczne grupowanie danych według badań, chronologicznie lub innych istotnych kryteriów. Wszystkie dane pacjenta są od razu dostępne do dyspozycji klientów usług”. Ponadto, uważa się [8], iż serwer bazodanowy PACS powinien składać się z baz danych z homogenicznym oprogramowaniem wspierającym możliwości wykonywania zapytań z użyciem strukturalnego języka zapytań. SQL (ang. Structured Query Language). Sprzęt fizyczny powinien umożliwiać szybkie przetwarzanie oraz wspierać procesy zrównoleglenia symulacji i obliczeń pomiędzy wiele jednostek odbiorczych oraz zezwalać na transfer obrazów do różnych urządzeń sieciowych [6]. Różnicuje się również metody archiwizacji na krótko i długookresowe. Archiwizacja krótkookresowa wykorzystywana jest jako pamięć podręczna działania systemu. Stacje robocze mają w pierwszej kolejności szybki dostęp do ostatnio wykorzystywanych danych. Archiwizacja długookresowa determinowana jest przez prawo jakie obowiązuje w danej jednostce badawczej.

STACJE ROBOCZE

Stacje robocze są końcowym elementem systemu PACS. W literaturze spotyka się określenie, iż stacje robocze są punktem kontaktowym lekarzy radiologów [7]. Stacją roboczą nazywany jest fizyczny komputer z monitorami do wyświetlania informacji wydobytej z systemu bazodanowego PACS. Stacje robocze są podłączone do systemu PACS jako klient, które pozwalają na komunikację z serwerem PACS (mogącym fizycznie znajdować się w innym miejscu) i zarządzanie danymi tam umieszczonymi.

Do podstawowych funkcjonalności stacji zalicza się umożliwienie:

- przygotowywania badania (akumulacja powiązanych zdjęć przynależących do badania pacjenta, wprowadzenie dodatkowych opisów),
- dokonania interpretacji obrazowań pomiaru (modeli 2D, 3D/4D),
- wykonania dokumentacji medycznej (narzędzia do tworzenia raportów),
- wykonania porównywania analizowanych przypadków.



Ryc. 2. Model sieci systemu PACS.

SIEĆ KOMPUTEROWA

Głównym założeniem systemu PACS jest integracja danych znajdujących się w różnej fizycznej lokalizacji. Odbyna się to z wykorzystaniem połączeń sieciowych. W celu połączenia danych w obrębie małego ośrodka badawczego wykorzystuje się sieć lokalną LAN, podczas gdy dla wymiany plików w obrębie wielu takich jednostek (np. wielu szpitali) WAN [7]. Na rysunku 2 zaprezentowano przykładową schematyczną realizację takiej architektury w niewielkim ośrodku badawczym. Urządzenia pozyskiwania obrazu połączone zsynchronizowane z komputerami akwizycyjnymi z wykorzystaniem lokalnej sieci internetowej Ethernet, umieszczone są z fizycznie innej lokalizacji (w obrębie jednej sieci lokalnej) niż stacje robocze (np. rozróżnienie dla departamentów, gabinetów) i główny serwer PACS z bazą danych. Przesył informacji może być realizowany wykorzystaniem komunikacji z protokołem TCP/IP.

PROTOKOŁY KOMUNIKACYJNE

Wymiana informacji graficznych oraz towarzyszących im danych medycznych między różnymi urządzeniami i systemami informatycznymi stała się możliwa dzięki opracowaniu i wykorzystaniu dedykowanego tym celom standardu komunikacyjnego. Pierwszy zarys standardu został opracowany w 1983 roku przez American College of Radiology (ACR) oraz National Electrical Manufacturers Association (NEMA). W 1988 roku powstała druga wersja dokumentu, zaś w 1993 roku powstała wersja trzecia, znacznie rozbudowana i uzupełniona o nowe możliwości. Zmieniono wówczas nazwę standardu na Digital Imaging and Communications in Medicine – DICOM [8, 9]. Został on przystosowany do sieciowej wymiany informacji (on-line) w architekturze klient - serwer, poprzez protokół TCP/IP oraz do współpracy z nośnikami wymiennymi (off-line). Standard DICOM powstał w celu odzwierciedlenia rzeczywistych informacji medycznych w postaci zunifikowanego standardu zapisu niezależnie od producenta urządzenia medycznego na którym został wygenerowany obraz medyczny. Informacje, jakie zawierają się w pliku, opisują zestaw atrybutów danego obiektu. Każdy atrybut ma określone znaczenie i jest identyfikowany szesnastkowymi kluczami. Do najistotniejszych informacji, jakie magazynowane są w standardzie DICOM, można

zaliczyć dane: pacjenta (np. dane personalne, data urodzenia itp.), badania (np. dane o pacjencie, dane na temat wizyt oraz inne informacje opisujące badanie, serie danych uzyskanych podczas badania (obrazy, dane nieprzetworzone, bitową płaszczyzna notatek, tablicę kolorów, dawka promieniowania, parametry akwizycji, ostatnia kalibracja urządzenia itp.). Przykładem serii danych może być zestaw obrazów przedstawiających przekroje przez ciało pacjenta, otrzymane podczas rekonstrukcji danych CT dla konkretnych parametrów rekonstrukcji. Zawartość takiego pliku może być wyświetlana poprzez przeglądarkę plików zgodnych ze standardem DICOM lub oprogramowanie klienta systemu PACS (który zawiera w sobie przeglądarkę plików zgodnych ze standardem DICOM).

PRZEGLĄD WYBRANYCH OTWARTYCH ROZWIĄZAŃ PROGRAMOWYCH SYSTEMÓW ARCHIWIZACJI I KOMUNIKACJI OBRAZOWAŃ MEDYCZNYCH

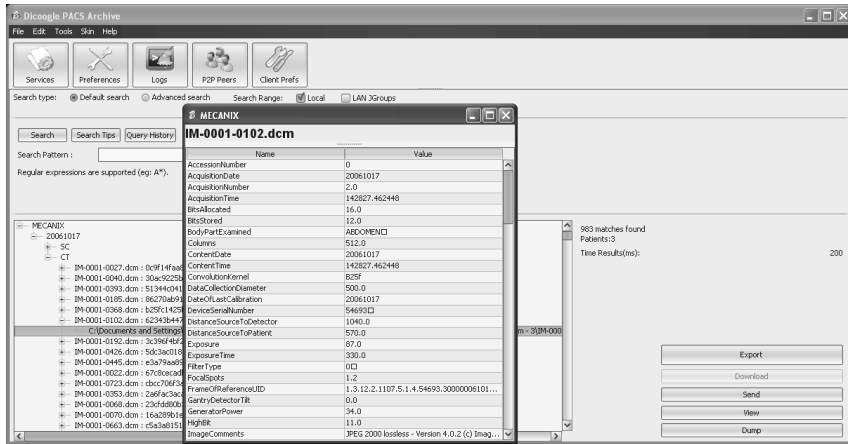
Istotny wpływ na działanie systemu PACS ma rodzaj zainstalowanego oprogramowania. Komercyjne wersje systemów PACS są oferowane przez większość wiodących producentów urządzeń do obrazowania medycznego i wielu niezależnych producentów oprogramowania. Niestety ze względu na ogromne koszty, Autorzy zdecydowali się podjąć tematykę opisu dostępnych funkcjonalności wybranych zestawów (aplikacje klienckie i serwerowe) oprogramowania PACS na licencji freeware. Popularnym otwartym systemem PACS był projekt stworzony przez zespół badaczy Uniwersytetu w Kalifornii (UCLA) "openPACS". Ze względu na fakt, iż projekt nie jest już wspierany i nie jest możliwym jego pobranie, nie przedstawiono w niniejszej pracy jego opisu. Poniżej przedstawiono opis innych równie popularnych systemów.

DCM4CHE

Projekt dcm4che to zbiór aplikacji serwerowych typu open source. Aplikacje te zostały opracowane w języku programowania Java JDK 1.4. U podstaw projektu dcm4che jest solidne wdrożenie standardu DICOM. Dcm4che DICOM jest używany w wielu zastosowaniach produkcyjnych na całym świecie. Aplikacja zawiera obsługę standardów DICOM i HL7 oraz interfejsy, które są wymagane, aby zapewnić przechowywanie, odzyskiwanie danych. Oprogramowanie daje możliwość wyboru bazy danych. Wszystkie komponenty należy uprzednio zainstalować. System daje możliwość personalizowania wyszukiwania danych przez zastosowanie zaawansowanej filtracji. Program umożliwia generowanie raportów. Istnieje możliwość autentykacji użytkowników.

DICOOCLE

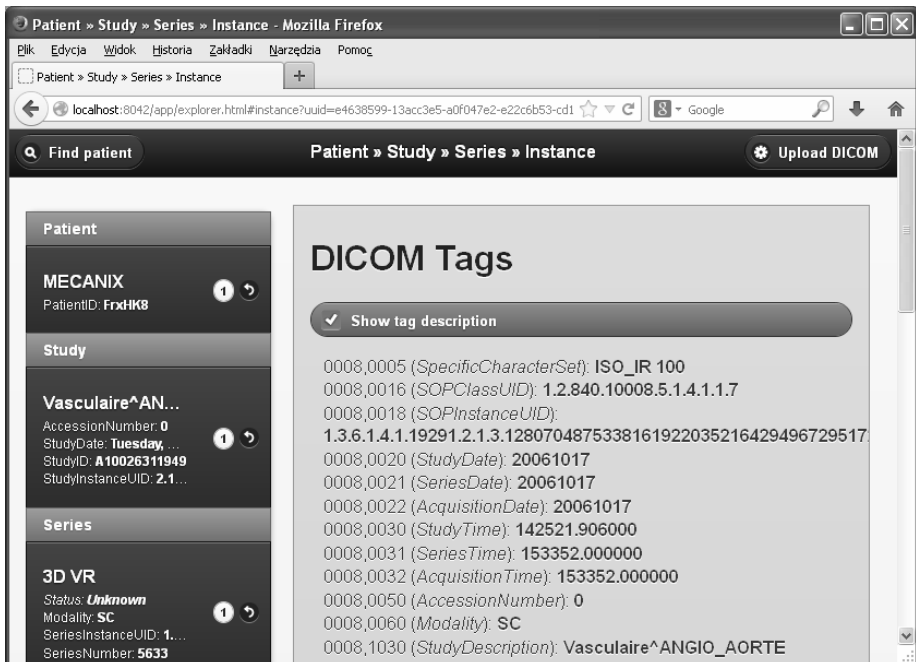
DiCooCle to oprogramowanie na licencji GNU GPL. Obejmuje typ aplikacji serwerowej i klienckiej. Operuje na standardzie DICOM. Wieloplatformowy rozproszony system umożliwia przeszukiwanie zasobów lokalnych w systemie peer-to-peer (P2P). Korzysta z zasobów dysku jako lokalnej bazy danych. Użytkownicy mogą spersonalizować wyniki wyszukiwania poprzez korzystanie z trybu "dowolny tekst". Wówczas użytkownik wprowadza tekst zapytania, a wyszukiwanie jest wykonywane we wszystkich indeksowanych polach. Podobnie jak w wyszukiwarkach internetowych, możliwe jest również, aby używać operatorów logicznych w celu sprecyzowania zapytania. Wynik kwerendy zawiera podgląd obrazu przy użyciu zapisanych miniatur obrazu. Istnieje możliwość podglądu całej serii danych (Ryc. 3).



Ryc. 3. Graficzny interfejs użytkownika – DICOCLE.

ORTHANT

Innym równie popularnym otwartym programem serwerowym, obsługiwanym z poziomu przeglądarki (klient) jest program Orthant. Program ów może przekształcić dowolny komputer z systemem Windows lub Linux do ubogiej wersji pełnego systemu PACS. Jego architektura jest lekka, co oznacza, że nie jest wymagana skomplikowana administracja bazy danych, ani instalacja dodatkowych programowych zależności. Zawartość pliku DICOM można pobrać między innymi w formacie JSON, co sprzyja rozwojowi w tej dziedzinie. Ponadto w trakcie działania programu możliwym jest ekstrakcja standardowych formatów PNG na podstawie zawartości serii obrazów umieszczonych w pliku DICOM (Ryc. 4).



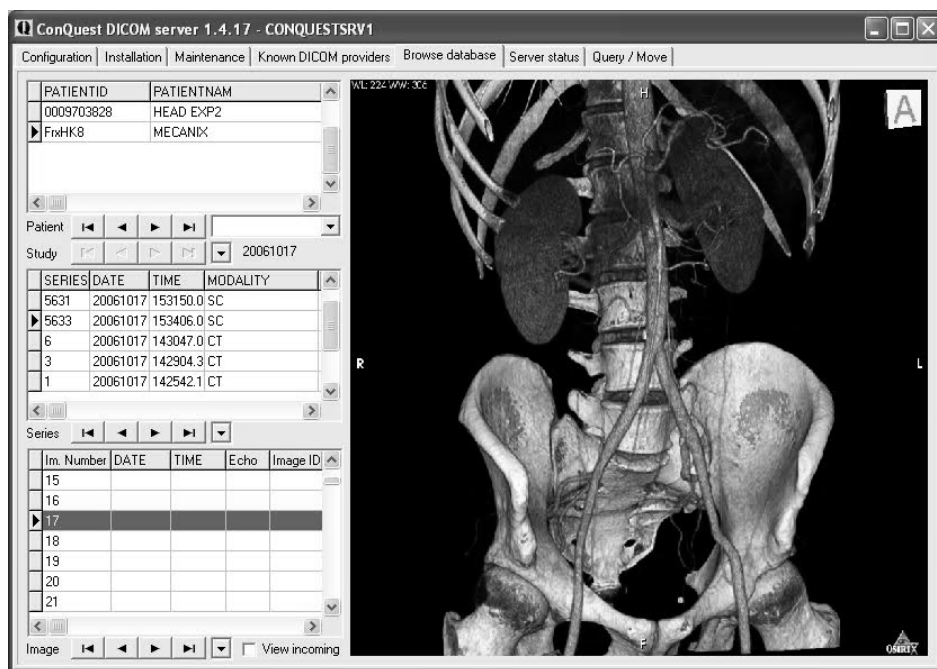
Ryc. 4. Graficzny interfejs użytkownika – Orthant.

CONQUEST DICOM

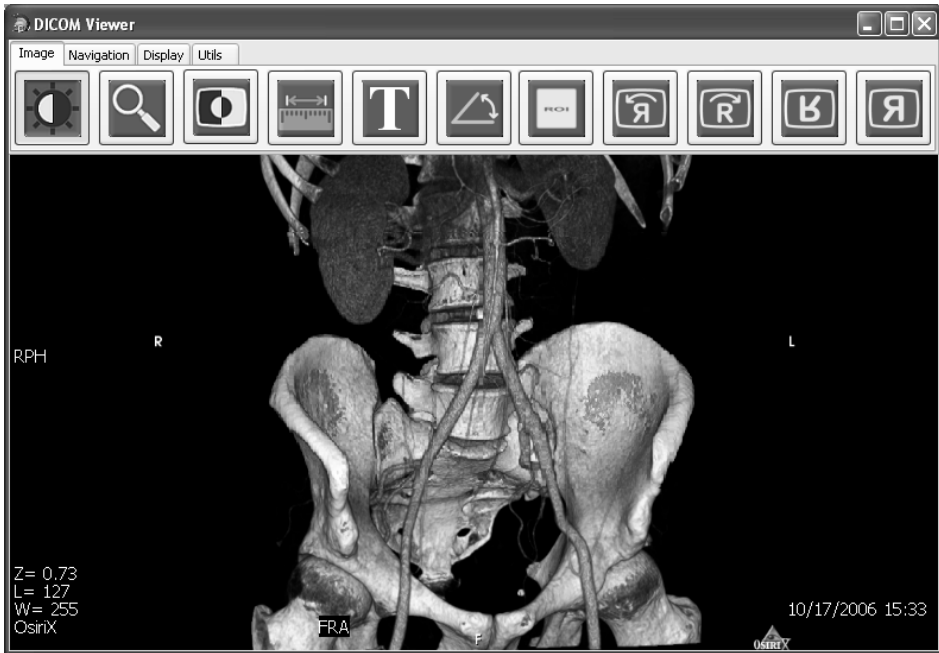
ConquestDICOM to wieloplatformowe oprogramowanie opracowane przez Marka Oskin. Jest to serwerowa aplikacja dająca możliwości zarządzania ustawieniami bazy danych np. wyboru rodzaju bazy danych, czyszczenia i odnawiania bazy danych. Umożliwia zarówno pobieranie danych w postaci plików DICOM jak również przeglądanie ich zawartości. Pozwala na przechowywanie zdjęć w postaci zarówno nieskompresowanej, jak i skompresowanej (Ryc. 5).

CHARRUAPACS

CharruaPACS jest stosunkowo prostym, darmowym serwerem PACS, z możliwością automatycznego routingu. Składa się z trzech aplikacji: administracyjna (służąca do początkowej konfiguracji), wielowątkowego serwera PACS, klienta (zarówno w wersji webowej jak i desktopowej). Korzysta z bazy danych PostgreSQL, którą należy uprzednio zainstalować. Posiada, w swoim interfejsie graficznym, opcje tworzenia i odbudowy schematu bazy danych. Obsługuje cztery metody kompresji serii obrazów zawartych w plikach DICOM. Aplikacja klienta pozwala na zmianę ustawień serwera do którego się łączy. Pozwala na zaawansowane wyszukiwanie danych z wykorzystaniem wybranych cech (jak np. ID pacjenta). Aplikacja desktopowa (Ryc. 6) wzbogacona jest dodatkowo o panel boczny z dodatkowymi funkcjami, jak np. nagrywanie obrazów CD, wczytywanie obrazów z dysku itp.



Rys. 5. Graficzny interfejs użytkownika – Conquest DICOM.



Rys. 6. Graficzny interfejs użytkownika – CharruaPACS.

PODSUMOWANIE

W środowisku naukowym i badawczym przyjął się proces informatyzacji diagnostyki obrazowej, polegający na instalacji złożonych systemów typu PACS do dystrybucji i archiwizacji obrazów medycznych. Rozwiązanie takie, umożliwia specjalistom na analizę i interpretację rezultatów badań, niezależnie od czasu i miejsca ich wykonania. Niestety ze względu na wysokie koszty wdrożenia takiego systemu, niekiedy trzeba poszukiwać alternatywnych metod odtworzenia środowiska w niewielkich centrach badawczo rozwojowych. W tym celu można zaprojektować własny system imitujący pracę PACS. Istnienie oprogramowania na licencji wolnodostępnej przyczynia się do ułatwienia odtworzenia takiego środowiska w zminimalizowanej wersji, wystarczającej dla badań np. naukowych.

W niniejszym artykule Autorzy przedstawiają przeglądowy opis infrastruktury systemu komunikacji obrazów medycznych, wyodrębniając opisowo poszczególne jednostki logiczne wchodzące w jego skład (jak na przykład urządzenie pomiarowe, serwer bazodanowy, stacje robocze). Omówiono również metodę wymiany obrazowych danych medycznych z wykorzystaniem sieci komputerowej i standardu komunikacyjnego DICOM. Ustalono, iż szeroko wykorzystywana idea systemów PACS, pozwala na wykonywanie 'twardej' wymiany kopii: PACS zastępuje papierowe środki zarządzania obrazami medycznymi, takich jak archiwa filmowe. Pozwala na zdalny dostęp: rozszerza on możliwości tradycyjnych systemów poprzez zapewnienie możliwości przeglądania off-site i raportowania (edukacja na odległość, teleradiologii). Umożliwia analizę tych samych danych jednocześnie w różnych fizycznych lokalizacjach. Stanowi platformę elektroniczną dla obrazów radiologicznych w relacji z innymi systemami automatyki medycznych, takimi jak szpitalny system informacyjny (HIS), elektronicznej dokumentacji medycznej (EMR), oprogramowanie do zarządzania praktyką i system informacyjny radiologii (RIS). Komercyjne wersje systemów PACS są oferowane przez większość wiodących producentów urządzeń do obrazowania medycznego, firm IT medycznych i wielu niezależnych producentów oprogramowania. Podstawowe oprogramowanie PACS dostępne na wolnej licencji przetestowano w ramach przeglądu niniejszego artykułu. Oferowane przez nie podstawowe funkcjonalności pozwalają na konstrukcję prototypowej wersji systemu archiwizacji i komunikacji obrazów medycznych.

Kierunkiem dalszych badań jest konstrukcja systemu do analizy statystycznej danych magazynowanych w systemie PACS. Wstępnym nakreśleniem tego zamiaru są prace [13, 14, 15], w których przedstawiono ideę przetwarzania obrazów po stronie serwera. Dokonano tego dla zbioru obrazów szlifów skalnych, jednakże dużo większym wyzwaniem jest analiza ogromnej ilości danych medycznych, składanych w systemach PACS.

Praca finansowana w ramach badań statutowych Katedry Geoinformatyki i Informatyki Stosowanej.

BIBLIOGRAFIA

- [1] De Backer A.I., Mortelet K.J., De Keulenaer B.L., *Picture archiving and communication system: the impact of filmless and distance radiology*, „Jbr-Btr”, 87(6), 2004, 300–304.
- [2] Taira R.K., et al, *Design and implementation of a picture archiving and communication system for pediatric radiology*, „American Journal of Roentgenology” 150.5, 1988, 1117–1121.
- [3] Wieczorek A., *PACS–system do archiwizacji i dystrybucji obrazów medycznych: Co warto o nim wiedzieć?*, „Inżynier i Fizyk Medyczny”, 2012, 1.3.
- [4] Perner P., Belikova T., *A hybrid tool for data mining in picture archiving system*, *Machine Learning and Data Mining in Pattern Recognition*, Springer Berlin Heidelberg, 2001, 141–156.
- [5] Hurlen P., Stbye T., Borthne A., Gulbrandsen P., *Introducing PACS to the Late Majority, A Longitudinal Study*, *Journal of Digital Imaging Online*, 2008.
- [6] Huang H. K., *PACS*, VCH Verlag, 1996.
- [7] Knig H., Klose K.J., *Anforderungsdefinition und spezifikation fr PAC–Systeme*, „Der Radiologe”, 39, 1999, 269–275.
- [8] Hecht M., *PACS – Picture Archiving and Communication System*, Vienna University of Technology, University of Paderborn, 2008.
- [9] Mildenerger P., Eichelberg M., Martin E., *Introduction to the DICOM standard*, „European radiology”, 12(4), 2002, 920–927.
- [10] Nagy P., *Open Source in Imaging Informatics*, „Journal of Digital Imaging”, 1, 2007, 1–10.
- [11] B. Pruszyński (red.), *Radiologia : diagnostyka obrazowa Rtg, TK, USG, MR i radioizotopy*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, 2011
- [12] Widera M., Wróbel J., Owczarek A., Matonia A., Jezewski M., *Data management system for computer aided biophysical monitoring*, [w:] *Engineering in Medicine and Biology Society*, 2005, IEEE-EMBS 2005, IEEE, 2006, 4712–4715.
- [13] Ładniak M., Piorkowski A., Młynarczuk M., *Konstrukcja systemów eksploracji danych dla obrazów rastrowych*, „Studia Informatica”, vol. 33, 2B, 2013, 7–20.
- [14] Ładniak M., Piorkowski A., Młynarczuk M., *The Data Exploration System for Image Processing Based on Server-Side Operations*, „Springer LNCS”, vol. 8104, 2013, 168–176.
- [15] Młynarczuk M., Ładniak M., Piorkowski A., *The Application Of Database Technologies To Analysis Of Rock Structure Images*, „Physicochemical Problems of Mineral Processing” 50(02), 2014, 563–573.

SUMMARY

REVIEW OF OPEN PICTURE ARCHIVING AND COMMUNICATION SYSTEMS

The following article discusses the possibilities for managing medical imaging stored in a database. The Authors present a description of the picture archiving and communication system (PACS) infrastructure. This framework integrate distributed and heterogeneous medical imaging systems Construction and implementation aspects were discussed.

The PACS infrastructure consists of a basic skeleton of hardware components integrated by software subsystems. This review describes concepts and basic methods of the exchange of medical data, using computer networks and communication standard DICOM. Basic open PACS software was tested in the review of this article.