

Otrzymano: 2004.06.21
Zaakceptowano: 2004.11.20

Implementation and use of a PACS network in a radiology department: own experience

Realizacja i użytkowanie sieci PACS w zakładzie radiologii – doświadczenia własne

Robert Chrzan, Andrzej Urbanik, Wadim Wojciechowski, Amira Bryll

Katedra Radiologii, Collegium Medicum, Uniwersytet Jagielloński, Kraków, Polska

Adres autora: Robert Chrzan, Katedra Radiologii, Collegium Medicum, Uniwersytet Jagielloński, ul. Kopernika 19, 31-501 Kraków, Polska, e-mail: rchrzan@mp.pl

Summary

Background:

DICOM created a common software platform enabling communication between devices from different vendors. This allows the creation of a PACS (Picture Archiving and Communication System) – a hospital network of imaging modalities, graphics workstations, film printers, and archiving devices. The aim of this study was to show the practical aspects of using a heterogeneous PACS, composed of equipment from several vendors. Both advantages and problems in the cooperation of theoretically "DICOM compatible" devices are presented.

Material/Methods:

A heterogeneous PACS was gradually created in our department between 1998 and 2003, currently consisting of a Siemens CT multi-row scanner, a GE MRI scanner, a GE rotational angiograph, Siemens, GE, Marconi, and eFilm Medical graphics workstations, and Agfa thermal printers. DICOM 3.0 was used as a common protocol and the 100 Mb Ethernet as the hardware solution. Connectivity and interoperability in such a system were tested.

Results:

Using the DICOM protocol, it was possible to transfer images from the modality of one vendor to the graphics workstation of another vendor and then use sophisticated software for image processing. It was also possible to use storage devices such as CD recorders for images from modalities without a built-in storage option. In spite of theoretical DICOM compatibility, in some cases it was not possible to achieve correct communication in practice.

Conclusions:

DICOM enables the gradual creation of a PACS with devices from different vendors, thus reducing implementation costs. Using a PACS, many different imaging modalities may use the same graphic workstations and digital printers. Usually one could expect full compatibility of all DICOM devices; however, in practice cooperation is sometimes limited or erroneous, reducing the benefits of the standard. Archiving data on CD-ROMs is a solution which greatly reduces the operational costs of a radiology department.

Key words:

PACS • DICOM • digital

PDF file:

http://www.polradiol.com/pub/pjr/vol_70/nr_1/5740.pdf

Wstęp

PACS (Picture Archiving and Communication System) to sieć komputerowa integrująca medyczne urządzenia obrazujące, graficzne stacje robocze, komputerowe systemy baz danych, urządzenia archiwizujące, w celu stworze-

nia systemu diagnostyki opartego wyłącznie na obrazach w formie cyfrowej [1]. W rozwiązaniu takim docelowo całkowicie rezygnuje się ze stosowania klasycznych filmów rtg, a dokumentacja obrazów na filmach za pomocą kamer cyfrowych stosowana jest wyłącznie w wybranych przypadkach.

Koncepcja PACS została przedstawiona pod koniec lat 70-tych w Europie, natomiast pierwsze funkcjonujące systemy powstały na początku lat 80-tych ubiegłego wieku w Stanach Zjednoczonych (Pennsylvania University, UCLA, Kansas City University) i nieco później w krajach Europy Zachodniej i Skandynawii. Początkowo były to systemy obejmujące pojedyncze zakłady radiologii czy medycyny nuklearnej. Dopiero na początku lat 90-tych pojawiły się pierwsze realizacje PACS obejmujące całe szpitale (Hammersmith Hospital w Londynie [2] i Socialmedizinisches Zentrum Ost w Wiedniu [3, 4]). Pod koniec lat 90-tych liczbę takich instalacji szacowano już na 10–20 w każdym z większych krajów Europy Zachodniej, natomiast pierwsze lata XXI wieku to okres implementacji rozległych sieci PACS, łączących kilka regionalnych ośrodków opieki zdrowotnej [5].

Korzyści, możliwe do osiągnięcia dzięki wykorzystaniu PACS to m. in. [6–11] :

- skrócenie czasu pomiędzy wykonaniem badania a jego opisem,
- ocena obrazów w oryginalnej postaci, wygenerowanej przez urządzenie obrazujące,
- możliwości wtórnej obróbki obrazu cyfrowego (regulacja jasności, kontrastu, cyfrowe powiększanie wybra-

nych fragmentów obrazu, programowa filtracja obrazu, pomiary, oznaczenia i podpisy), niedostępne w przypadku korzystania jedynie z dokumentacji zdjęciowej,

- łatwa implementacja systemów komputerowego wspomagania diagnozy (CAD – Computer Aided Diagnosis),
- możliwość jednoczesnej oceny na tej samej stacji graficznej badań z kilku różnych urządzeń obrazujących,
- możliwość jednoczesnej oceny na tej samej stacji graficznej badań aktualnych i archiwalnych,
- brak kosztów utrzymania tradycyjnego systemu wywoływania zdjęć rtg,
- redukcja kosztów prowadzenia i miejsca zajmowanego przez archiwum wykonanych badań,
- łatwiejszy i szybszy dostęp do badań archiwalnych, są one przechowywane w oryginalnej cyfrowej postaci,
- możliwość tworzenia dowolnej liczby kopii obrazów badań na potrzeby zewnętrznych szpitali, zarówno w postaci cyfrowej jak i zdjęć wykonanych za pomocą kamery cyfrowej z nośnika danych,
- możliwość wykorzystania systemów teleradiologicznych,

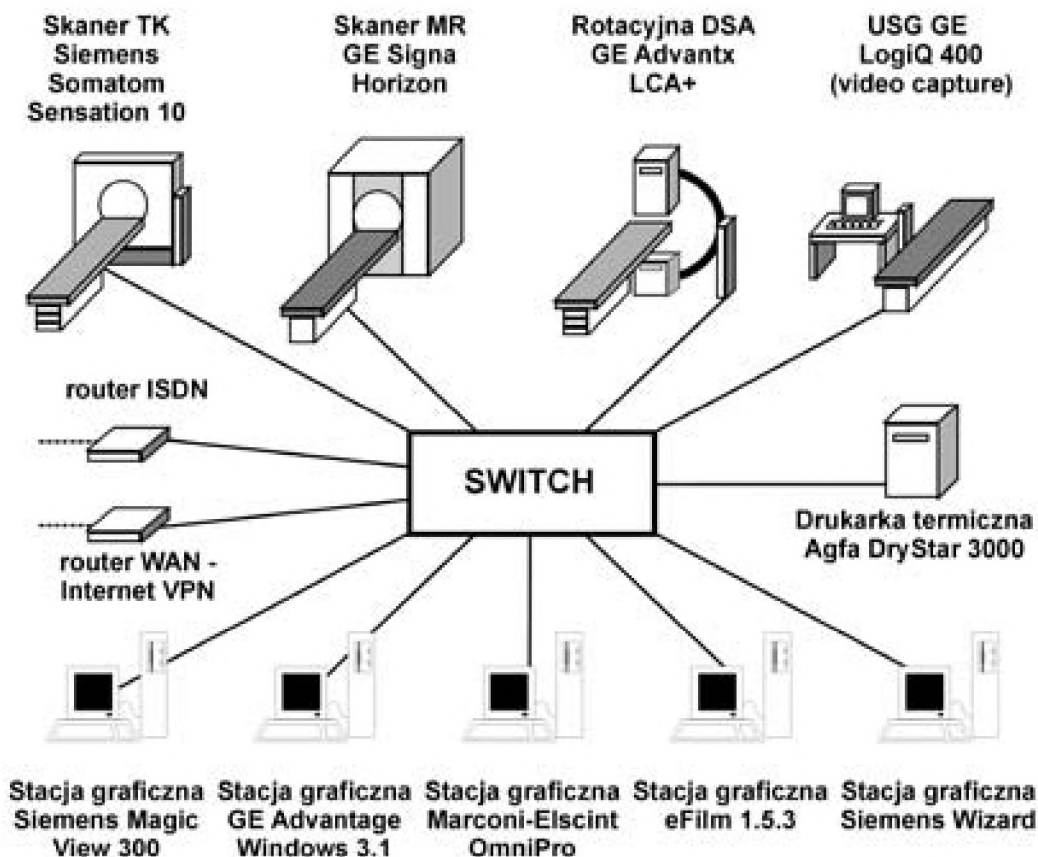


Figure 1. Diagram of the PACS network in the Radiology Department of the University Hospital in Cracow.

Rycina 1. Schemat sieci PACS w Zakładzie Radiologii Szpitala Uniwersyteckiego w Krakowie.



Figure 2. Spiral CT scanner: Marconi-Elscont Helicat Flash.
Rycina 2. Skaner spiralnej TK Marconi-Elscont Helicat Flash.

- łatwe tworzenie archiwum badań interesujących przypadków dla celów naukowo-dydaktycznych,
- łatwiejsza i bardziej owocna współpraca z klinicystami, korzystającymi z wyników badań obrazowych,
- przy włączeniu w skład PACS systemu radiografii i mammografii cyfrowej zmniejszenie liczby badań powtarzanych oraz dawki promieniowania rtg.

Problemy związane z wdrożeniem PACS to m. in. [11, 12]:

- wysoki koszt instalacji systemu, w szczególności w przypadku jednoczesnego „ucyfrowienia” całego zakładu radiologii czy też szpitala,
- koszty utrzymania specjalistycznego personelu dla konserwacji systemu,
- koszty przeszkolenia pracowników medycznych w zakresie użytkowania systemu,
- zapewnienie bezawaryjnej pracy systemu (układy awaryjnego zasilania, rezerwowe serwery),
- zapewnienie bezpieczeństwa danych (archiwizacja na trwałych nośnikach danych, stosowanie macierzy dysków twardych, ochrona przed nieuprawnionym dostępem).

Material i metoda

W Zakładzie Radiologii Szpitala Uniwersyteckiego w Krakowie w roku 1998 rozpoczęto tworzenie sieci PACS. Podstawą sprzętową sieci była technologia Ethernet 10/100 Mb. Jako protokół transmisyjny wykorzystano standard DICOM 3.0 (Digital Imaging and Communications in Medicine) [13, 14] ponad warstwą TCP/IP. Sieć obejmowała stopniowo poszczególne urządzenia obrazujące generujące obrazy cyfrowe oraz graficzne stacje robocze, znajdujące się na wyposażeniu Zakładu (Ryc. 1). W ten sposób do roku 2002 w skład sieci wchodziły:



Figure 3. Spiral multi-row CT scanner: Siemens Somatom Sensation 10 (Siemens Navigator console).
Rycina 3. Skaner spiralnej wielorzędowej TK Siemens Somatom Sensation 10 (konsola Siemens Navigator).

- skaner spiralnej TK Marconi-Elscont Helicat Flash (Ryc. 2),
- skaner MR General Electric Signa Horizon (Ryc. 4),
- system rotacyjnej cyfrowej angiografii subtrakcyjnej General Electric Advantx LCA+ (Ryc. 5),
- ultrasonograf General Electric LogiQ 400 z dodatkowym systemem cyfrowej akwizycji obrazów („video capture”) (Ryc. 6),
- stacja graficzna Marconi-Elscont OmniPro (Ryc. 7),
- stacje graficzne General Electric Advantage Windows 1.2 i 3.1 (Ryc. 8),
- stacja graficzna Siemens Magic View 300 z opcją teleradiologiczną (Ryc. 9),
- stacja graficzna eFilm Medical 1.5.3 (Ryc. 10).



Figure 4. MRI scanner: General Electric Signa Horizon.
Rycina 4. Skaner MR General Electric Signa Horizon.



Figure 5. Rotational DSA system: General Electric Advantx LCA+
Rycina 5. System rotacyjnej cyfrowej angiografii subtrakcyjnej General Electric Advantx LCA+



Figure 6. US unit: General Electric LogiQ 400 with video capture system.
Rycina 6. Ultrasonograf General Electric LogiQ 400 z systemem cyfrowej akwizycji obrazów („video capture”).



Figure 7. Graphics workstation: Marconi-Elsclint OmniPro.
Rycina 7. Stacja graficzna Marconi-Elsclint OmniPro.



Figure 8. Graphics workstation: General Electric Advantage Windows 3.1
Rycina 8. Stacja graficzna General Electric Advantage Windows 3.1

W roku 2003 dokonano modernizacji aparatu TK, zastępując uprzedni model skanerem spiralnej wielorzędowej TK Siemens Somatom Sensation 10 (konsola Siemens Navigator) (Ryc. 3). W związku z tym sieć PACS poszerzyła się również o:

- stację graficzną Siemens Wizard (Ryc. 11),
- kolejne stacje graficzne eFilm Medical 1.5.3 (obecnie 6 stanowisk),
- drukarki termiczne Agfa DryStar 3000 (3 sztuki) (Ryc. 12).

Jako urządzenia archiwizujące stosowano początkowo stacje dysków magnetoptycznych (MOD) będące na wyposażeniu stacji graficznych OmniPro i Advantage Windows 1.2, a następnie wyłącznie nagrywarki CD-ROM stacji Advantage Windows 3.1, Siemens Magic View 300, Navigator i Wizard oraz eFilm Medical 1.5.3.

W tak powstałej sieci PACS testowano w praktyce:

- przesyłanie obrazów pomiędzy urządzeniami różnych producentów,

- możliwości wtórnej obróbki danych z urządzeń obrazujących (w tym rekonstrukcje 3D, wirtualna endoskopia, perfuzja TK) na stacjach graficznych innych producentów,

- wykonywanie dokumentacji zdjęciowej z poszczególnych stacji graficznych przy użyciu dostępnych w sieci drukarek termicznych,

- wydajność archiwizacji danych i wzajemną kompatybilność danych na nośnikach CD-ROM.

Wyniki badań

Dzięki zastosowaniu standardu DICOM w większości przypadków możliwe było przesyłanie obrazów pomiędzy urządzeniami obrazującymi a stacjami graficznymi różnych producentów, a tym samym ocena badań w oryginalnej postaci, bez straty jakości na skutek konwersji formatu czy transmisji. Teoretycznie, przy zgodności urządzeń ze standardem DICOM, oczekiwano prawidłowej transmisji dla wszystkich możliwych połączeń urządzeń różnych producentów. W praktyce okazało się, że w niektórych przypadkach taka transmisja nie była poprawnie realizowana z różnych powodów.



Figure 9. Graphics workstation: Siemens Magic View 300 with teleradiology option.

Rycina 9. Stacja graficzna Siemens Magic View 300 z opcją teleradiologiczną.

Po pierwsze należy pamiętać, że dla prawidłowej współpracy połączone urządzenia muszą być nie tylko zgodne z DICOM, ale w obu z nich musi być zaimplementowana ta sama para SOP (Service-Object Pair), przy czym jedno musi pracować jako SCU (Service Class User) a drugie jako SCP (Service Class Provider).

I tak w stacji General Electric Advantage Windows 3.1 brak było implementacji SCP dla usługi Query/Retrieve, w wyniku czego nie było możliwe oglądanie listy pacjentów i ściąganie obrazów znajdujących się na tej stacji z poziomu innych stacji graficznych. Natomiast z poziomu samej stacji Advantage Windows 3.1 możliwe było oglądanie listy pacjentów na innych stacjach graficznych, ściąganie i wysyłanie obrazów.

Z poziomu stacji OmniPro z nieustalonej przyczyny nie było możliwe oglądanie listy pacjentów i ściąganie obrazów znajdujących się na stacji eFilm (usługa Query/Retrieve), natomiast wysyłanie obrazów (usługa Storage) na stację eFilm wiązało się z okresowymi błędami transmisji.



Figure 11. Graphics workstation: Siemens Wizard.

Rycina 11. Stacja graficzna Siemens Wizard.



Figure 10. Graphics workstation: eFilm Medical 1.5.3

Rycina 10. Stacja graficzna eFilm Medical 1.5.3

Jednakże z poziomu stacji eFilm oglądanie listy pacjentów na innych stacjach graficznych, ściąganie i wysyłanie obrazów było prawidłowe.

Z poziomu stacji OmniPro funkcjonowało oglądanie listy pacjentów, ściąganie i wysyłanie obrazów na stację Siemens MV 300, ale cechowało się okresowymi błędami transmisji z nieustalonej przyczyny.

Na każdej testowanej stacji graficznej niezależnie od źródła danych prawidłowo działały podstawowe narzędzia używane podczas analizy cyfrowych obrazów medycznych: dobór okna / regulacja kontrastu i jasności, pomiary liniowe, powiększanie i przesuwanie obrazu, pomiary współczynnika pochłaniania dla badań TK.

W przypadku stacji dysponujących możliwościami rekonstrukcji 3D i wirtualnej endoskopii (Siemens Wizard, Navigator, Advantage Windows 3.1, OmniPro) źródłem obrazów mogły być zarówno skaner TK jak i MR. Natomiast po wykonaniu takich rekonstrukcji format danych definiujących poszczególne struktury 3D nie był nawzajem kompatybilny.



Figure 12. Thermal printer: Agfa DryStar 3000.

Rycina 12. Drukarka termiczna Agfa DryStar 3000.

Obrazy badania perfuzji TK, uzyskane za pomocą skanera TK Marconi-Elsclint Helicat Flash były prawidłowo przesyłane do stacji Siemens Magic View 300, jednakże nie mogły być wykorzystywane przez firmowe oprogramowanie Siemens Perfusion z powodu odmiennych znaczników (DICOM tags) daty i czasu stosowanych przez tych producentów (Marconi-Elsclint – Image Date, Image Time, Siemens – Acquisition Date, Acquisition Time).

Obrazy DSA z aparatu General Electric Advantx LCA+, uzyskane w opcji angiografii rotacyjnej, mogły być oglądane na stacjach graficznych innych niż firmowa Advantage Windows 3.1, ale bez możliwości wykonywania subtrakcji. Przyczyną był fakt używania w tej technice nie jednej ale wielu masek subtrakcyjnych, co ze względu na słabe rozpowszechnienie metody nie zostało uwzględnione w oprogramowaniu stacji innych niż firmy General Electric. Ze stacji Advantage Windows można było jednak wysyłać na inne stacje obrazy zapisane już po wykonaniu subtrakcji.

Obrazy USG uzyskane z ultrasonografu General Electric LogiQ 400 za pomocą karty „video capture”, w przypadku konieczności wykonywania na nich pomiarów liniowych po przesłaniu na stacje graficzne wymagały kalibracji odległości (programowy pomiar długości znacznika na obrazie).

W przypadku stacji General Electric Advantage Windows, w odróżnieniu od innych producentów, możliwość wykonywania dokumentacji zdjęciowej przy użyciu kamer cyfrowych zgodnych z DICOM okazała się opcją (DICOM Print) uaktywnianą za dodatkową opłatą, pomimo wcześniejszych warunków zakupu zapewniających pełną zgodność ze standardem. Dlatego w tym wypadku wykorzystano dodatkowe konwertery obrazu DASM-DICOM dostarczone przez firmę Agfa i zapewniające wydruk przy użyciu kamer Agfa Drystar 3000 dostępnych w sieci.

Wszystkie pozostałe testowane stacje graficzne zapewniały bezproblemowe wykonywanie dokumentacji zdjęciowej przy użyciu kamer dostępnych w sieci. Różnice dotyczyły jedynie możliwości edycji zestawu obrazów przed wysłaniem do kamery (zaawansowane możliwości stacji Siemens Wizard i Navigator, Marconi-Elsclint OmniPro, nieco mniejsze Siemens MV 300, bardzo uproszczone stacje eFilm).

Archiwizacja danych na nośnikach CD-ROM okazała się rozwiązaniem znacznie obniżającym koszty w porównaniu z wykonywaniem i przechowywaniem tradycyjnych kopii zdjęć. Przy konieczności porównywania aktualnych i uprzednich badań dysponowano w ten sposób wszystkimi oryginalnymi obrazami cyfrowymi, a nie tylko wybranymi zdjęciami bez możliwości powiększenia i pomiarów. W dowolnym momencie można było również wykonać kopię archiwalnych płyt lub dokumentację zdjęciową obrazów na niej zawartych, na potrzeby zewnętrznych oddziałów czy szpitali.

Stosowanie do archiwizacji nagrywarek CD-ROM wbudowanych w graficzne stacje robocze i konsolę aparatu TK było rozwiązaniem wystarczającym w stosunku do liczby wykonywanych w naszym Zakładzie badań, wiązało

się jednak z dodatkowym wkładem pracy personelu technicznego, utrudnionym dostępem do innych funkcji stacji podczas procesu nagrywania oraz koniecznością ręcznego wyszukiwania płyt w archiwum w razie potrzeby odtworzenia obrazów.

Niezależnie od producenta, we wszystkich przypadkach poszczególne obrazy zapisywane na płytach CD-ROM były zgodne ze standardem DICOM. Istniały natomiast różnice w długości nazw plików, stosowaniu rozszerzenia *.dcm, hierarchii podkatalogów z plikami i obecności pliku DICOMDIR opisującego zawartość całej płyty. Obrazy z płyt nagranych na stacjach Siemens Wizard, Navigator, MV 300 oraz Advantage Windows 3.1 można było odczytywać i importować wymiennie na wszystkich powyższych stacjach oraz stacji eFilm, natomiast obrazy z płyt nagranych na stacji eFilm jedynie na stacji tego typu oraz Siemens MV 300 (import za pomocą dodatkowego programu).

Ponadto jedynie część stacji (Siemens MV 300, eFilm) pozwalała na opcjonalne nagranie na płycie oprócz obrazów cyfrowych również przeglądarki uruchamiającej się automatycznie na dowolnym komputerze klasy PC z systemem rodziny Windows. W pozostałych przypadkach lekarz z zewnętrznego oddziału lub szpitala chcąc obejrzeć obrazy z płyty musiał je importować do zainstalowanej u siebie przeglądarki.

Omówienie

Większość rozwiązań PACS w Europie Zachodniej i USA zostało wprowadzonych w dość krótkim czasie [9], co wiązało się z bardzo dużymi nakładami finansowymi [11]. W Polsce koszty jednoczesnego „ucyfrowienia” całego zakładu radiologii czy też szpitala są wciąż zbyt wysoką barierą dla rozpowszechnienia tej technologii. Tymczasem funkcjonująca w Zakładzie Radiologii Szpitala Uniwersyteckiego w Krakowie sieć PACS została zbudowana stopniowo w ciągu kilku lat, z wykorzystaniem już posiadanych urządzeń i zależnie od aktualnych możliwości finansowych. Nawet, jeżeli w chwili obecnej brak jest pełnej realizacji wszystkich rozwiązań spotykanych w „profesjonalnych” implementacjach (w szczególności automatycznego systemu archiwizacji), to i tak radiolodzy w naszym zakładzie mają już możliwość zapoznania się z technologią, która dla wielu ich kolegów z Europy Zachodniej i USA stała się codziennym narzędziem pracy [5], zarówno w publicznych szpitalach [2-4, 8], jak i ośrodkach prywatnych [7, 15].

Najlepsza ocena własnego rozwiązania została już wystawiona przez jego użytkowników. Jest nią fakt, że wielu radiologów w naszym zakładzie, przyzwyczajonych do oceny dokumentacji zdjęciowej badań TK i MR i jeszcze niedawno z nieufnością podchodzących do techniki komputerowej, obecnie nie wyobraża sobie opisu badań bez ich oceny na graficznej stacji roboczej.

Kolejnym, planowanym w najbliższym czasie, krokiem rozbudowy istniejącej sieci PACS ma być włączenie do niej systemu pośredniej radiografii cyfrowej, a tym samym „ucyfrowienie” działu diagnostyki konwencjonalnej oraz mammografii. Etap ten będzie szczególnie istotny ze względu na nieco inną specyfikę powyższych obrazów

cyfrowych w porównaniu z TK czy MR (znacznie większa matryca obrazu, a tym samym wielkość pojedynczego pliku, konieczność stosowania specjalistycznych monitorów o bardzo wysokiej rozdzielczości [16, 17]).

W polskim piśmiennictwie, pomimo coraz większej liczby prac dotyczących technik cyfrowych w diagnostyce obrazowej i ich integracji, można znaleźć stosunkowo niewiele doniesień dotyczących własnych prób realizacji systemów PACS.

Dlatego na szczególną uwagę zasługują osiągnięcia autorów z Lublina (system przetwarzania obrazów medycznych zaimplementowany w Zakładzie Diagnostyki Radiologicznej w Wojewódzkim Szpitalu Specjalistycznym w Lublinie [18, 19]) oraz Katowic (integracja HIS i PACS w Centralnym Szpitalu Klinicznym Śląskiej Akademii Medycznej [20, 21]).

W zestawieniu obrazującym wykorzystanie systemów PACS w 17 krajach europejskich w roku 2000 [22], sporządzonym na podstawie ankiet wysyłanych do kierowników zakładów radiologii, Polskę reprezentował 1 system PACS na poziomie zakładu radiologii (Wojewódzki Szpital Specjalistycznym w Lublinie) oraz 2 systemy mini-PACS (Lublin i Poznań – brak bliższych danych). Dzięki temu w ogólnym podsumowaniu nasz kraj znalazł się na przedostatniej pozycji.

W światowym piśmiennictwie spotyka się coraz częściej przykłady realizacji systemów PACS w krajach nie dysponujących tak dużymi środkami finansowymi na opiekę zdrowotną, jak Europa Zachodnia i USA. W implementacjach tych korzysta się ze standardowych komputerów klasy PC i zgodnego z DICOM oprogramowania powszechnie dostępnego („public domain”) lub własnego projektu [23]. Analiza takich doświadczeń jest szczególnie istotna w polskich realiach funkcjonowania tzw. opieki zdrowotnej.

Standard DICOM tworzy wspólną platformę programową dla urządzeń różnych producentów. Zwykle oczekuje się pełnej kompatybilności wszystkich urządzeń zgodnych z DICOM, jednak jak się okazuje w praktyce, współpraca jest czasami ograniczona lub błędna. Jak to opisano na własnych przykładach, przyczyny mogą być bardzo różne, od braku realizacji pewnych elementów standardu albo traktowaniu ich jako dodatkowe opcje, poprzez subtelne różnice w implementacji standardu, do trudnych do wyjaśnienia błędów oprogramowania.

Podobne problemy podczas realizacji i użytkowania sieci PACS, złożonej z urządzeń różnych producentów, były również stwierdzane przez innych autorów [24, 25]. Dlatego przed zakupem i włączeniem do sieci nowego urządzenia konieczne jest nie tylko dokładne zapoznanie się z jego dokumentacją (DICOM Conformance Statement) [13, 14], ale i w miarę możliwości testy praktyczne lub ocena doświadczeń użytkowników w innych ośrodkach.

Jedną z najważniejszych zalet sieci PACS jest możliwość przesyłania obrazów diagnostycznych nie tylko w obrębie zakładu radiologii, ale i do wszystkich oddziałów korzystających z wyników badań obrazowych i wyposażonych

w odpowiednie stacje graficzne. W przypadku Szpitala Uniwersyteckiego w Krakowie problemem jest rozproszenie infrastruktury w wielu budynkach na dużym obszarze. W większości z nich funkcjonuje już ogólnoszpitalna sieć komputerowa, zrealizowana na bazie połączeń światłowodowych, brak jest jednak pełnej integracji poszczególnych placówek. Obecnie trwają prace nad wprowadzeniem ogólnoszpitalnego systemu HIS (Hospital Information System) w miejsce stosowanych dotąd indywidualnych dla poszczególnych klinik rozwiązań. W kolejnym etapie planowane jest jednak również wykorzystanie sieci szpitalnej do przesyłania obrazów diagnostycznych. W związku z tym od roku 2003 sieć PACS Zakładu Radiologii jest zintegrowana z siecią ogólnoszpitalną i możliwe jest zestawienie połączenia opartego na protokole DICOM ze stacją graficzną lub urządzeniem obrazującym w dowolnej innej podłączonej do sieci placówce Szpitala Uniwersyteckiego. Co więcej, połączenie takie jest możliwe również z urządzeniami w innych odległych szpitalach, poprzez linię ISDN lub Internet z wykorzystaniem zapewniającej bezpieczeństwo technologii VPN (Virtual Private Network). W ten właśnie sposób są realizowane połączenia teleradiologiczne naszego Zakładu Radiologii ze szpitalami w Rabce i Jaśle [26].

Archiwizacja danych na nośnikach CD-ROM za pomocą nagrywarek wbudowanych w stacje graficzne i konsolę TK jest aktualnie wystarczającym rozwiązaniem, wiąże się jednak z opisanymi niedogodnościami. Metodę taką wybrano ze względu na obecne ograniczenia finansowe. Natomiast w przyszłości, w szczególności po rozbudowie o system radiografii cyfrowej, planowane jest zastosowanie profesjonalnego systemu archiwizacji opartego na macierzy dyskowej (dostęp do badań z ostatniego okresu) oraz urządzeniu typu „juke box” (docelowa archiwizacja). Przesyłanie obrazów wykonanych badań do systemu archiwizacji, nagrywanie płyt CD oraz powtórne ściąganie obrazów z archiwum na stacje graficzne będzie wówczas realizowane automatycznie, bez ingerencji personelu technicznego.

Wnioski

1. Standard DICOM umożliwia stworzenie sieci PACS, złożonej z urządzeń różnych producentów, co obniża koszty implementacji.
2. Sieć PACS może być tworzona stopniowo, z wykorzystaniem już posiadanych urządzeń i zależnie od aktualnych możliwości finansowych.
3. Dzięki sieci PACS wiele różnych urządzeń obrazujących może korzystać z tych samych graficznych stacji roboczych oraz wspólnych kamer cyfrowych.
4. Zwykle oczekuje się pełnej kompatybilności wszystkich urządzeń zgodnych z DICOM, jednak w praktyce współpraca jest czasami ograniczona lub błędna, co ogranicza korzyści standardu.
5. Archiwizacja danych na nośnikach CD-ROM jest rozwiązaniem znacznie obniżającym koszty funkcjonowania zakładu radiologii.

Piśmiennictwo

1. Beolchi L: PACS. In: Beolchi L (eds.): *Telemedicine Glossary 5-th Edition*. Information Society Directorate-General, Brussels, 2003, p. 864.
2. Watkins J: A hospital-wide picture archiving and communication system (PACS): the views of users and providers of the radiology service at Hammersmith Hospital. *Eur J Radiol*, 1999; 32: 106-112.
3. Hruby W, Mosser H, Urban M et al.: The Vienna SMZO-PACS-project: the totally digital hospital. *Eur J Radiol*, 1992; 16: 66-68.
4. Wild C, Peissl W, Tellioglu H: An assessment of picture archiving and communication systems (PACS). The case study of the SMZO Project. *Socialmedizinisches Zentrum Ost. Int J Technol Assess Health Care*, 1998; 14: 573-582.
5. Lemke HU: PACS developments in Europe. *Comput Med Imaging Graph*, 2003; 27: 111-120.
6. Langen HL, Bielmeier J, Wittenberg G et al.: Workflow improvement and efficiency gain with near total digitalization of a radiology department. *Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr*, 2003; 175: 1309-1316.
7. Chan L, Trambert M, Kywi A et al.: PACS in private practice-effect on profits and productivity. *J Digit Imaging*, 2002; 15 Suppl 1: 131-136.
8. Gross-Fengels W, Miedeck C, Siemens P et al.: PACS: from project to reality. Report of experiences on full digitalisation of the radiology department of a major hospital. *Radiologe*, 2002; 42: 119-124.
9. Hayt DB, Alexander S, Drakakis J et al.: Filmless in 60 days: the impact of picture archiving and communications systems within a large urban hospital. *J Digit Imaging*, 2001; 14: 62-71.
10. Reiner BI, Siegel EL, Hooper FJ et al.: Radiologists' productivity in the interpretation of CT scans: a comparison of PACS with conventional film. *Am J Roentgenol*, 2001; 176: 861-864.
11. Bryan S, Weatherburn G, Buxton M et al.: Evaluation of a hospital picture archiving and communication system. *Journal of Health Services & Research Policy*, 1999; 4: 204-209.
12. Strickland NH: The filmless hospital: 3-year experience at the Hammersmith Hospital, London. *Bull Acad Natl Med*, 1999; 183: 1615-1623.
13. Mildemberger P, Eichelberg M, Martin E: Introduction to the DICOM standard. *Eur Radiol*, 2002; 12: 920-927.
14. Chrzan R, Urbanik A: DICOM – standard transmisji cyfrowych obrazów medycznych i jego znaczenie dla radiologii. *Pol Przegl Radiol*, 1999; 64: 141-143.
15. Sutton RT, Rasmussen RG, Kester MB et al.: Picture archiving and communications systems (PACS) in private practice: St. Paul Radiology PACS project. *J Digit Imaging*, 2001; 14 Suppl 1: 160-162.
16. Kasprzak R, Furmanek M: Radiografia cyfrowa – znak czasu współczesnej radiologii. *Pol J Radiol*, 2003; 68: 123-127.
17. Chrzan R: Zastosowanie mammograficznego cyfrowego toru wizyjnego w ocenie skupisk mikrozwąpnień w obrębie gruczołu piersiowego. *Praca doktorska*. Kraków: CMUJ; 2003.
18. Laszewski M, Mikołajczak P: System Informatyczny w Radiologii (RIS). <http://www.nadcisnienie.med.pl/konferencja/prace/mikolajczak/medcon3.html> (accessed 24.05.2004).
19. Laszewski M, Mikołajczak P: Lublin Medical Network – NetMed. http://www.man.poznan.pl/ist/isthmus/programme/slides/laszewski-mikolajczak/PM_polman-laszewski.PPT (accessed 24.05.2004).
20. Pietka E: Large-Scale Hospital Information System in clinical practice. In: Lemke HU, Vannier MW, Inamura K et al. (eds.): *Computer Assisted Radiology and Surgery CARS London 2003*, Elsevier, Amsterdam, 2003, p. 843-848.
21. Gould P: New markets emerge for PACS and teleradiology. *CARS 2003 Conference Reporter (A Special Supplement to Diagnostic Imaging Europe)*, 2003; 10: 13-16 <http://www.diagnosticimaging.com/cars2003/cars8.shtml> (accessed 24.05.2004).
22. Foord K: Year 2000: status of picture archiving and digital imaging in European hospitals. *Eur Radiol*, 2001; 11: 513-524.
23. Passadore DJ, Isoardi RA, Ariza PP et al.: Use of a low-cost, PC-based image review workstation at a radiology department. *J Digit Imaging*, 2001; 14 Suppl 1: 222-223.
24. Levine BA, Cleary KR, Norton GS et al.: Experience implementing a DICOM 3.0 multivendor teleradiology network. *Telemed J*, 1998; 4: 167-175.
25. Mildemberger P, Jensch P: Use of the DICOM standard in a heterogenous environment. Incompatibility or inoperability? *Radiologe*, 1999; 39: 282-285.
26. Chrzan R, Urbanik A, Renczyńska-Wyrobek M et al.: Teleradiology in practice – our experience with teleconsultation of CT examinations. In: Lemke HU, Vannier MW, Inamura K et al. (eds.): *Computer Assisted Radiology and Surgery CARS London 2003*, Elsevier, Amsterdam, 2003, p. 1386.