

Ewa PIĘTKA

Politechnika Śląska, Instytut Elektroniki

## STANDARD DICOM W ARCHIWIZACJI I TRANSMISJI OBRAZÓW MEDYCZNYCH

**Streszczenie.** Wdrażanie na coraz szerszą skalę medycznych systemów informacyjnych dostarczanych przez wielu producentów i realizowanych na różnych systemach komputerowych sprawiło, że konieczne stało się opracowanie standardu, który pozwalałby na wymianę informacji pomiędzy systemami. Opracowano standard DICOM definiujący format danych obrazowych, protokół komunikacyjny oraz format komunikatów przesyłanych pomiędzy poszczególnymi systemami.

## DICOM STANDARD IN PICTURE ARCHIVING AND COMMUNICATION SYSTEMS

**Summary.** Large-scale medical information systems delivered by various vendors and implemented at different computer systems require a precisely defined standard which permits information to be exchanged between systems. Developed DICOM standard defines the file format, communication protocol, and text format transmitted in all health care systems.

### 1. Wprowadzenie

Technologia umożliwiająca zapis obrazów rentgenowskich i emisyjnych w postaci cyfrowej oraz rozwój sieci komputerowych i technik wyświetlania i przetwarzania obrazów wprowadziły radykalne zmiany w organizacji archiwizacji i udostępniania diagnostycznych obrazów medycznych. Biblioteka filmów rentgenowskich zastąpiona jest archiwum cyfrowym, eliminującym zgubienie lub uszkodzenie filmu. Przeszukiwanie pól z filmami rentgenowskimi zastąpione zostało stacją komputerową zarządzającą bazą danych obrazów medycznych, co w sposób radykalny skróciło czas dostępu do obrazów. Obrazy odczytywane z archiwum, są w ciągu sekund przesyłane siecią komputerową do użytkownika (radiologa

lub klinicysty) w obrębie szpitala lub pomiędzy szpitalami. Wyświetlanie obrazów na ekranie monitora oraz możliwość ilościowej ich analizy obiektywizuje diagnostykę, zmniejszając liczbę niezauważonych zmian patologicznych. Ograniczenie lub wyeliminowanie liczby drukowanych filmów oraz skrócenie czasu dostępu do informacji znacznie redukuje koszty.

Doświadczenia ostatnich 20 lat wykazały trzy istotne cechy systemu, które sprawiły, że system przechowywania i transmisji obrazów (PACS – Picture Archiving and Communication System) znajduje coraz szersze zastosowanie w praktyce klinicznej. Należą do nich [1]:

1. Obiektywizacja analizy obrazów poprzez wykorzystanie procedur poprawiających jakość obrazu (zmiana jasności i kontrastu, progowanie, zoom, rotacja, szkło powiększające, filtracja określonymi filtrami dolno- lub pasmowo-przepustowymi), pozwalająca na analizę ilościową (pomiar długości i pola powierzchni, analiza profili i histogramu oraz gęstości rejonów zainteresowania). Wzajemne nakładanie obrazów morfologicznych i metabolicznych pozwala na dokładniejszy opis zmian patologicznych.
2. Szybszy dostęp do informacji oraz możliwość swobodnego dostępu do wyników wcześniej przeprowadzonych badań, które zgromadzone są na dysku optycznym, co pozwala na lepsze śledzenie skuteczności terapii bądź kierunku rozwoju zmian patologicznych. W badaniach naukowych umożliwia łatwy dostęp do całej zgromadzonej bazy danych.
3. Redukcja kosztów.

Kompleksowa komputeryzacja szpitala, zmierzająca w kierunku archiwizacji i transmisji danych medycznych, obrazowych i tekstowych, narzuca ostre wymagania dotyczące standaryzacji zarówno w dziedzinie sprzętowo-organizacyjnej, jak i formatu przesyłanej i odczytywanej informacji.

Artykuł zawiera, na tle rysu historycznego rozwoju i wdrażania PACSu, krótką charakterystykę standardu DICOM i jego trzy zasadnicze elementy składowe, jakimi są:

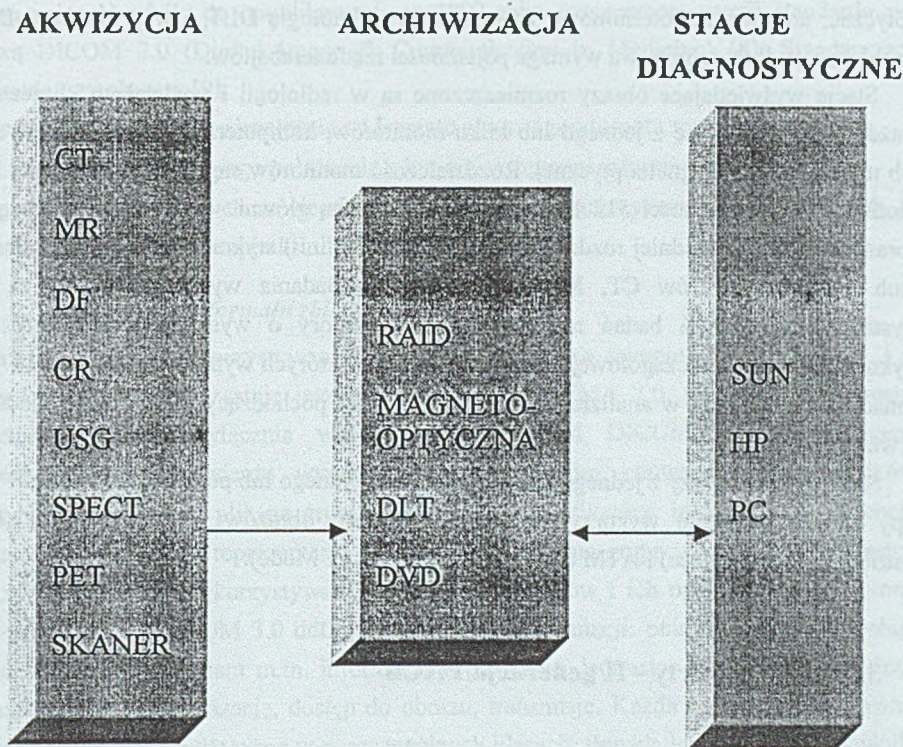
1) format plików danych, 2) standaryzacja transmisji, 3) format informacji tekstowej.

## 2. System zarządzania obrazami - I generacja PACS

Pierwsza generacja PACSu opisywana jest [2 - 5] jako system przesyłający obrazy poprzez sieć ze stacji akwizycyjnej do stacji archiwizującej. Stamtąd obrazy transmitowane są do jednostek komputerowych, zdolnych do ich wyświetlania i podstawowego przetwarzania. PACS zawiera więc cztery główne elementy składowe (moduły) (rys. 1):

- akwizycję,
- archiwizację,

- wyświetlanie,
- sieć.



Rys. 1. System archiwizacji i transmisji obrazów

Fig. 1. Picture archiving and communication system

Jednostki akwizycyjne zapisują obrazy radiologiczne w postaci cyfrowej. Do podstawowych jednostek akwizycyjnych zaliczyć należy: tomografy komputerowe (CT), tomografy emisyjne (Single Photon Emission CT - SPECT - oraz Positron Emission Tomography - PET), rezonans magnetyczny (MR), radiografię komputerową (Computed Radiography - CR), fluoroskopię cyfrową, ultrasonografię (US). Poza tym możliwe jest także wprowadzenie do PACS obrazu umieszczonego na filmie poprzez wykorzystanie skanerów laserowych.

Archiwizacja obrazów zależy od liczby obrazów i ich wielkości. Może ona być realizowana na szybkich dyskach macierzowych (RAID), pamięci magnetoptycznej, taśmach magnetycznych (DLT) lub wykorzystać technologię DVD. Na obecnym etapie

pojawia się koncepcja archiwum trójpoziomowego z podziałem na archiwum krótko-, średnio- i długoterminowe. Archiwa krótkoterminowe realizowane są na dyskach macierzowych, archiwa średnioterminowe (około 3 do 5 lat) wykorzystują pamięci magneto-optyczne, archiwa długoterminowe wykorzystują technologię DLT, a w przyszłości DVD. Archiwizacja długoterminowa wymaga pojemności rzędu terabajtów.

Stacje wyświetlające obrazy rozmieszczone są w radiologii i wydziałach klinicznych. Każda stacja składa się z jednego lub kilku monitorów, komputera, pamięci magnetycznej lub małej pamięci magneto-optycznej. Rozdzielczość monitorów sięga od 512 do 2048 linii. Monitory o rozdzielczości 512 linii wykorzystywane są głównie do wstępnego przeglądu obrazów. Monitory średniej rozdzielczości (około 1024 linii) wykorzystywane są do analizy i/lub diagnozy obrazów CT, MR, USG, SPECT. Badania wykazały [6], że są one wystarczające w 90% badań radiologicznych. Monitory o wysokiej rozdzielczości są wykorzystywane do szczegółowej analizy obrazów CR, których wymiar waha się od 1670 do ponad 2100 linii oraz w analizie porównawczej badań pochodzących z różnych modułów akwizycyjnych.

Sieć przesyła obrazy z jednego miejsca szpitala do innego lub pomiędzy szpitalami. Trzy typy sieci są głównie wykorzystywane w transmisji obrazów: Ethernet, FDDI (fiber distributed data interface) i ATM (Asynchronous Transfer Mode).

### 3. System otwarty - II generacja PACS

PACS I generacji został opracowany jako system umożliwiający przesyłanie i archiwizację obrazów. Wadą jego była niemożliwość dołączania systemów dostarczanych przez różnych producentów, jak również akceptowanie danych pochodzących z innych systemów informacyjnych, takich jak Szpitalny System Informacyjny lub Radiologiczny System Informacyjny. Na początku lat 90. zrodziła się myśl [7] utworzenia ogólnoszpitalnego PACSu II generacji. Zawiera on dwa dodatkowe elementy, które eliminują wady PACSu I generacji. Są to:

- standaryzacja interface'u umożliwiająca połączenie różnych systemów informacyjnych,
- system zarządzania.

#### 3.1. Współpraca z medycznymi systemami informacyjnymi

W 1982 roku American College of Radiology i National Electrical Manufacturers Association podjęły prace nad opracowaniem standardu umożliwiającego połączenie systemów dostarczanych przez różnych użytkowników i transmisję informacji pomiędzy

tymi systemami. W 1985 opublikowano pierwszą, a 3 lata później drugą wersję standardu ACR-NEMA. ACR-NEMA 2.0 definiuje format komunikatu transmisyjnego, format danych i sposób ich prezentacji. Doświadczenia kolejnych lat wskazały konieczność wprowadzenia zmian i doprowadziły do opublikowania w 1992 roku rozszerzonej wersji standardu pod nazwą DICOM 3.0 (Digital Image & Communication in Medicine) [8]. Standaryzacja obejmuje trzy obszary [9]:

- komunikację obrazów niezależnie od formatu zbioru i producenta sprzętu,
- rozszerzenie PACSu i jego połączenie z innymi systemami informacyjnymi szpitala,
- stworzenie bazy danych zawierających informacje diagnostyczne i przesyłanie ich do dowolnego miejsca w szpitalu.

### 3.1.1. Standaryzacja formatu zbioru

Wiele systemów wykorzystywanych w służbie zdrowia, a zakupionych w latach 80. i na początku lat 90. wykorzystuje jeszcze standard ACR-NEMA 2.0. Obecnie produkowane urządzenia pracują wyłącznie w oparciu o standard DICOM 3.0. Ujednolicenie wykorzystywanego standardu wymaga przede wszystkim konwersji formatu plików. ACR-NEMA 2.0 dzieli plik na grupy zawierające identyfikatory, informację o pacjencie, parametry akwizycyjne, reprezentację obrazów; jako ostatnia grupa wpisana jest informacja obrazowa. Polecenia wykorzystywane w transmisji obrazów i ich opis zawarte są w zbiorze komend. Standard DICOM 3.0 definiuje dwie klasy informacji: obiekty (object) i obsługa (service). Pierwsza zawiera m.in. informację o pacjencie, jednostce akwizycyjnej, rodzaju badania, druga – archiwizację, dostęp do obrazu, transmisję. Każda klasa posiada słownik zawierający określenia używane w poszczególnych klasach. Przykładowe elementy słownika dla klasy obiektów i poleceń zawierają odpowiednio tabele 1 i 2. Przykłady poleceń dla obiektów złożonych (composite) i znormalizowanych (normalized) przedstawiają tabele 3 i 4.

Tabela 1

Klasa obiektów standardu DICOM

Obiekty złożone	Obiekty znormalizowane
radiogram komputerowy tomogram komputerowy obraz rezonansu magnetycznego obraz medycyny nuklearnej krzywe	badanie raport komentarz

Tabela 2

## Klasa obsługi standardu DICOM

Polecenia	Opis
archiwizacja zapytanie o obraz dostęp do obrazu wydruk	archiwizuje plik zawierający obraz kieruje zapytanie do bazy danych transmisja obrazów z archiwum naświetlenie filmy lub wydruk obrazu

Tabela 3

## Polecenia złożone standardu DICOM

Polecenia	Opis
ECHO SEND FIND GET MOVE	weryfikacje połączeń transmisja obiektu informacyjnego zapytanie o obiekt informacyjny transmisja obiektu informacyjnego do użytkownika transmisja obiektu informacyjnego do innego – niż inicjator polecenia – użytkownika

Tabela 4

## Polecenia dla obiektów znormalizowanych standardu DICOM

Polecenia	Opis
M_CREAT M_DELETE M_GET M_SET	utworzenie obiektu informacyjnego usunięcie obiektu informacyjnego uzyskanie cech obiektu informacyjnego ustawienie cechy obiektu

**3.1.2. Standaryzacja komunikacji z innymi systemami informacyjnymi**

Drugi poziom, na którym wymagana jest standaryzacja interface'u, wynika ze współpracy PACSu z innymi systemami informacyjnymi, takimi jak HIS (Hospital Information System) i RIS (Radiological Information System) oraz własną bazą danych [10]. Pozwala to na utworzenie PACSu ogólnoszpitalnego (HI-PACS – Hospital Integrated Picture Archiving and Communication System). W tym zakresie DICOM odwołuje się do HL7 (Health Level) [11]. HL7 jest protokołem aplikacyjnym wykorzystywanym do wymiany danych w środowisku szpitalnym. Celem jego jest uproszczenie połączenia pomiędzy

systemami komputerowymi różnych producentów. Standard definiuje protokół transmisji i format danych tekstowych konieczne dla wymiany informacji pomiędzy systemami RIS, HIS i PACS.

W standardzie HL7 jednostką przesyłanej informacji jest wiadomość. Wiadomość składa się z segmentów ułożonych w ściśle zdefiniowanej sekwencji. Każdy segment składa się z pól i jest identyfikowany za pomocą unikalnego 3-literowego kodu. Pierwszy segment składa się z nagłówka MSH (message header segment) definiującego nadawcę, odbiorcę, pole kontrolne, datę i godzinę wysłania. Kolejne segmenty zależą od typu przesyłanej informacji. Typowa wiadomość, jak na przykład przyjęcie pacjenta do szpitala, składa się z następujących segmentów:

MSH	Nagłówek
PID	Identyfikacja pacjenta
NK1	Najbliższa rodzina
PV1	Wizyta pacjenta

Segment PID zawiera imię i nazwisko pacjenta, datę urodzenia, adres, numer telefonu, płeć, rasę. Segment NK1 identyfikuje członka najbliższej rodziny. Wreszcie PV1 podaje datę i godzinę przyjęcia pacjenta, nazwisko lekarza przyjmującego, nazwę oddziału, numer sali i łóżka, w którym pacjent leży.

Komunikacja pomiędzy HIS i RIS odbywa się za pomocą segmentu ADT. Jego obecność powoduje, że wiadomość jest automatycznie przesyłana do RISu. Na tej podstawie możliwa jest przykładowo rejestracja pacjenta do badania radiologicznego. RIS prześle dane zawierające opis koniecznej do wykonania procedury do PACSu.

Protokołem transmisyjnym obowiązującym w systemach PACS, RIS i HIS jest TCP/IP.

### 3.2. Zarządzanie PACSem

Zarządzanie PACSem II generacji bazuje na informacji uzyskanej z HIS i RIS [12]. HIS zawiera informacje o wszystkich pacjentach i dotyczy historii choroby oraz wykonanych i planowanych badań. RIS spełnia funkcje administracyjne dotyczące przebytych badań radiologicznych, informacje umożliwiające dostęp do raportów radiologicznych i ewentualnych filmów. W praktyce klinicznej dostęp do danych o pacjencie wymagany jest na dwóch poziomach. Pierwszy, wymagany przez akwizycję dotyczy danych osobowych pacjenta. Pozwala to na automatyczne wprowadzenie tych danych do jednostki akwizycyjnej bez konieczności ręcznego ich przepisywania. Ponowny dostęp do systemu informacyjnego konieczny jest w czasie diagnozy. Informacja o lokalizacji obrazu umieszczona jest w bazie danych.

#### 4. Podsumowanie

Standard DICOM, definiując format danych, tekstu i protokół komunikacyjny, umożliwia połączenie systemów informacyjnych pracujących w szpitalach i przesyłanie danych pomiędzy tymi systemami. Dane medyczne pacjenta mogą być grupowane i przesyłane jako jeden dokument, a obrazy multimodalne oglądane jednocześnie. Opracowywane procedury przetwarzania obrazów mogą być wykorzystywane do analizy obrazów pochodzących z różnych jednostek akwizycyjnych. Szybki dostęp do dużej bazy danych stwarza nowe możliwości w pracy klinicznej, naukowej i dydaktycznej.

#### LITERATURA

1. Huang H. K.: Picture Archiving and Communication Systems in Biomedical Imaging. VCH Publishers, Inc., 1996.
2. Piętka E.: System archiwizacji i transmisji obrazów – część I: Struktura systemu. *Problemy Techniki w Medycynie*. 1996, 27, 56-63.
3. Komori M, Minato K, Nakano Y, et al.: Pilot PACS with on-line communication between an image workstation and CT scanners in a clinical environment. *Proc. SPIE*, 1987, 767, 744-752.
4. Taira R. K., Mankovich N. J., Boechat M. I., Kangarloo H., Huang H. K.: Design and implementation of picture archiving and communication system for pediatric radiology. *AJR*, 1988, 117-1121.
5. Lou A. S. L., Huang H. K., Mankovich N. J., et al.: A CT/MR/US picture archiving and communication system. *The UCLA PACS Modules and Related Projects - A Progress Report*, 1989, 72-77.
6. Huang H. K.: PACS research and development - a review and perspective. *Proc. NATO ASI*, Evian, 1990, 122-128.
7. Huang H. K., Kangarloo H., Cho P. S., Taira R. K., Ho B. K. T., Chan K. K.: Planning a totally digital radiology department. *AJR*, 1990, 154, 635-639.
8. American College of Radiology - National Electrical Manufacturers Association Digital Imaging and Communication Standards Committee, ACR-NEMA 300-1988: *Digital Imaging and Communications*, 1988.
9. Bidgood W. D., Horii S. C.: Introduction to the ACR-NEMA DICOM standard. *RadioGraphics*, 1993, 2, 345-355.



10. Taira R. K., Stewart B. K., Sinha U.: PACS database architecture and design. *Comp. Med. Imag. Graph.* 1991, 15, 171-176.
11. Health level seven (HL7). An application protocol for electronic data exchange in health care environment Version 2.1. Health Level Seven, Inc. Ann Arbor, Michigan, 1991.
12. Bakker A. R.: HIS, RIS, and PACS. *Comp. Med. Imag. Graph.* 1991, 15, 157-160.

Recenzent: Dr inż. Henryk Małysiak

Wpłynęło do Redakcji 12 kwietnia 1999 r.

## Abstract

Clinical experiences in Picture Archiving and Communication System (PACS) implementation show three main advantages which cause an increasing interest in this concept. Access time, computer-assisted diagnosis, and cost-effectiveness are parameters describing the efficiency of PACS. Link to other medical information systems required a precise definition of a standard which permits information to be exchanged between various systems delivered by different vendors. In 1985 American College of Radiology and National Electrical Manufacturers Association published the ACR-NEMA 2.0 standard which after major modification has turned to the DICOM 3.0 (Digital Imaging & Communication Standard).

Although in 1992 a DICOM 3.0 has been world-wide accepted, equipment as well as data base still complies to the ACR-NEMA 2.0 standard. Thus, in most cases an ACR-NEMA 2.0 to DICOM 3.0 conversion is required. The DICOM 3.0 standard provides several major enhancements to the earlier ACR-NEMA version.

Two fundamental components of DICOM refer to as information object class and service class. The information objects define the contents of a set of images and their relationship (e.g. patients, modalities, studies). They consist of normalized objects including attributes inherent in the real-world entity and composite objects which combine normalized object classes. On the other hand, ACR-NEMA 2.0 describes images obtained from different modalities based on a composite information concept.

The service class describes the action performed upon the objects (e.g. image storage, query, retrieval, print, etc.). These commands are backward compatible with the earlier ACR-

