

**WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI, AUTOMATYKI,  
INFORMATYKI I INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ**

KATEDRA ELEKTROTECHNIKI I ELEKTROENERGETYKI

Praca dyplomowa magisterska

**System wizualizacji danych medycznych DICOM z możliwością dostępu zdalnego**

Autor: *Rafał Kobak*

Kierunek studiów: Elektrotechnika

Opiekun pracy: *dr inż. Paweł Turcza*

Kraków, 2015

*Oświadczam, świadomy odpowiedzialności karnej za poświadczenie nieprawdy, że niniejszą pracę dyplomową wykonałem osobiście i samodzielnie i że nie korzystałem ze źródeł innych niż wymienione w pracy.*

*Rafał Kobak*

*Pragnę złożyć serdeczne podziękowania Panu dr inż. Pawłowi Turczy, za poświęcony czas, cenne wskazówki i pomoc w realizacji pracy.*

Spis treści

[1. Wstęp 4](#_Toc426820346)

[2. Standard DICOM. 5](#_Toc426820347)

[2.1. Wprowadzenie. 5](#_Toc426820348)

[2.2. Historia DICOM 7](#_Toc426820349)

[2.3. Dokumentacja standardu oraz model danych. 10](#_Toc426820350)

[2.4. Budowa plików w standardzie DICOM. 15](#_Toc426820351)

[2.5. Zawartość binarna pliku DICOM. 17](#_Toc426820352)

[2.6. Podział standardu DICOM. 19](#_Toc426820353)

[2.7. Oprogramowanie wykorzystujące standard DICOM. 22](#_Toc426820354)

[3. System archiwizacji obrazu i komunikacji. 24](#_Toc426820355)

[4. Struktura systemu wizualizacji danych medycznych DICOM. 25](#_Toc426820356)

[5. Aplikacja serwera. 26](#_Toc426820357)

[5.1. Zadania. 26](#_Toc426820358)

[5.2. Środowisko programistyczne. 26](#_Toc426820359)

[5.3. Algorytm 26](#_Toc426820360)

[5.4. Kod źródłowy 26](#_Toc426820361)

[6. Aplikacja kliencka. 27](#_Toc426820362)

[6.1. Zadania. 27](#_Toc426820363)

[6.2. Środowisko programistyczne. 27](#_Toc426820364)

[6.3. Algorytm. 27](#_Toc426820365)

[6.4. Kod źródłowy 27](#_Toc426820366)

[7. Podsumowanie. 28](#_Toc426820367)

[8. Bibliografia 29](#_Toc426820368)

# **Wstęp.**

DICOM — Digital Imaging and Communications in Medicine — jest to międzynarodowy standard związany z obrazowaniem i przetwarzaniem diagnostycznych obrazów medycznych i powiązanych z nimi informacji. Format DICOM definiuje strukturę tych danych z zachowaniem jakości niezbędnej do użytku klinicznego. Implementacja standardu DICOM jest wykorzystywana w niemal każdym urządzeniu obrazowania kardiologicznego, radiologicznego (aparaty do zdjęć rentgenowskich, tomografy komputerowe, rezonans magnetyczny). Standard DICOM znajduje również coraz szersze zastosowanie w urządzeniach wykorzystywanych w innych dziedzinach medycyny takich jak okulistyka czy stomatologia. Obecnie jest to najszerzej rozwijany standard opisu danych związany z opieką zdrowotną.

Celem pracy jest opracowanie systemu wizualizacji danych medycznych zapisanych w formacie DICOM. System składa się z aplikacji serwera realizującego operację wizualizacji i świadczącego usługi bazodanowe oraz aplikacji klienckiej działającej na urządzeniu mobilnym (tablet, smartfon), na którym będzie prezentowany wynik wizualizacji. System współpracuje z PACS (Picture Archiving and Communications System). Wizualizacja w postaci renderingu powierzchni jest zrealizowana z wykorzystaniem biblioteki VTK.

# Standard DICOM.

## Wprowadzenie.

DICOM – skrót od Digital Imaging and Communications in Medicine czyli Obrazowanie Cyfrowe i Wymiana Obrazów w Medycynie jest to najbardziej uniwersalny oraz podstawowy standard stosowany w obrazowaniu medycznym. W obecnej postaci opracowany został w roku 1993 przez [ACR](http://pl.wikipedia.org/wiki/ACR)/[NEMA](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=NEMA&action=edit&redlink=1) (American College of Radiology / National Electrical Manufacturers Association) dla potrzeb umożliwienia współpracy systemów używanych do wytwarzania, przetwarzania, interpretacji oraz przechowywania i transmisji danych medycznych reprezentujących lub związanych z obrazami [diagnostycznymi](http://pl.wikipedia.org/wiki/Diagnostyka_(medycyna)) w medycynie. Standard zawiera definicje formatu pliku oraz opis protokołu komunikacji sieciowej. Protokół komunikacyjny używa TCP/IP do komunikacji pomiędzy systemami. Dane w formacie DICOM mogę być wymieniane pomiędzy jednostkami zgodnymi z standardem.

Obrazy w formacie DICOM cechują się dużą objętością oraz wymagają specjalistycznego oprogramowania do obsługi. Ze względu na te dwie cechy do obsługi danych w formacie DICOM wymagany jest wysokiej jakości sprzęt komputerowy oraz łącze o wysokiej przepustowości. Wykorzystanie technologii renderingu powierzchniowego umożliwia uzyskanie obrazów (Rys.2.1) które z powodzeniem mogą znaleźć zastosowanie również podczas zajęć dydaktycznych, zastępując rzeczywiste modele wykonane z tworzyw sztucznych.



Rys.2.1. Obraz w formacie DICOM z zastosowaniem renderingu powierzchniowego.

Standard DICOM znajduje szerokie zastosowanie w przetwarzaniu obrazów z urządzeń:

* Tomografii komputerowej (CT) – rys.2.2a
* Tomografii rezonansu magnetycznego (MRI)
* Pozytonowej tomografii emisyjnej (PET) – rys.2.2b
* Cyfrowej angiografii subtrakcyjnej (DSA)
* [Radiografii konwencjonalnej](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Cyfrowa_angiografia_konwencjonalna&action=edit&redlink=1) (CR)
* [Radiografii cyfrowej](http://pl.wikipedia.org/wiki/Radiografia_cyfrowa) (DR)



Rys.2.2. To samo zdjęcie wykonane w technologii CT po lewe oraz PET po prawej.

Wykorzystywanych w takich dziadzinach medycyny jak:

* kardiologii,
* radiologii,
* chirurgii,
* neurologii,
* stomatologii,
* chirurgii,
* onkologii,
* okulistyki,
* patologii,
* weterynarii.

Z standardu DICOM korzysta większość systemów typu PACS ( Picture archving and comunication system) czyli systemów archiwizacji obrazu i komunikacji.

## Historia DICOM

DICOM jest pierwszą wersją standardu rozwijanego przez ACR (American College of Radiology) i NEMA (National Electrical Manufacturers Association). Standard w obecnej postaci został opublikowany w roku 1993, jednakże jego początki sięgają znacznie wcześniej.

W latach 70-tych na wskutek intensywnego rozwoju technologii tomografii komputerowej oraz wzrostu ilości komputerów w zastosowaniach klinicznych, ACR oraz NEMA rozpoznało potrzebę stworzenia jednolitego standardu danych oraz transmisji dla medycznych obrazów diagnostycznych oraz powiązanymi z nimi danymi. Problemem był fakt, że każdy z producentów sprzętu medycznego stosował własny sposób opisu danych, który to często był trudny do zdekodowania przez radiologów oraz fizyków medycznych. Specjaliści potrzebowali tych danych np. do ustalenia poprawnej dawki promieniowania podczas radioterapii. Techniki interpretacji obrazów pochodzących z urządzeń medycznych różnych producentów były mocno zróżnicowane co sprawiało wiele kłopotów i mogło prowadzić do pomyłek. Niezbędne zatem okazało się opracowanie jednolitego standardu.

W roku 1983 ACR oraz NEMA połączyły siły i utworzyły komitet którego celem miało być utworzenie takiego jednolitego standardu. Za cel postawiono sobie stworzenie standardu który zapewniałby:

* promowanie wykorzystania techniki cyfrowej w obrazowaniu medycznym,
* ułatwienie rozwoju oraz możliwości rozszerzania PACS (Picture archving and communication system)
* stworzenie bazy z danymi diagnostycznymi, oraz możliwości dostępu przez szeroką gammę urządzeń różnych producentów z różnych zakątków świata.

W roku 1985 a więc dwa lata po ustaleniu komitetu pojawiła się pierwsza wersja standardu pod nazwa ACR-NEMA Standard Publication No. 300-1985 opatrzona werjsą 1.0. Nowy standard określił format danych, rodzaj transmisji oraz pierwszy słownik komunikatów. Bardzo szybko po ukazaniu, okazało się że nowy standard zawierał wiele błędów oraz wewnętrznych niespójności. Potrzebne były liczne poprawki których rezultatem było pojawienie się dwóch poprawek kolejno w sierpniu 1986 (No. 1) oraz w styczniu 1988 (No. 2).

W roku 1988 a więc 3 lata od ukazania się pierwszej wersji standardu ACR-NEMA opublikowana została druga wersja standardu – ACR-NEMA Standard Publication No. 300-1988 opatrzona wersją 2.0. Wersja ta zawierała wersje pierwszą wraz z obiema poprawkami oraz:

* wsparcie dla urządzeń graficznych,
* nowy schemat interpretowania obrazów,
* nowe pola danych,
* zdefiniowany sposób transmisji obrazu poprzez EIA-486.

Wersja druga standardu była znacznie lepiej dostosowana do współpracy z sprzętem medycznym. Pierwsza demonstracja standardu ACR-NEMA 2.0 miała miejsce w dniach 21-23 maja roku 1990 na uniwersytecie Georgetown. W wydarzeniu tym brały takie firmy jak:

* DeJarnette Research Systems,
* General Electric Medical Systems,
* Merge Technologies,
* Siemens Medical Systems,
* Vortech,
* 3M.

Sprzęt wykorzystujący standard ACR-NEMA 2.0 został zaprezentowany po raz pierwszy podczas corocznego spotkania RSNA ([Radiological Society of North America](http://www.rsna.org/) ) w roku 1990. Praktyczne zastosowanie pokazało, że wersja druga również nie jest wolna od błędów, konieczne były dalsze poprawki. Na wskutek tego powstało kilka niezależnych rozszerzeń standardu takich jak rozwijane przez University Hospital w Genewie Papyrus, czy stworzony przez Siemens Medical Systems i Philips Medical Systems SPI (Standard Product Interconnect).

Pierwsze wdrożenie standardu ACR-NEMA na szeroką skale miało miejsce w roku 1992 i zostało wykonane przez armię amerykańską (US Army) oraz amerykańskie siły powietrzne (US Air Force) jako część programu MDIS (Medical Diagnostic Imaging Support). Loral Aerospace oraz Siemens Medical Systems przewodziły konsorcjum firm których celem było stworzenie pierwszego systemy PACS dla zastosowań militarnych. System został wdrożony we wszystkich liczących się oddziałach armii amerykańskiej oraz amerykańskich sił powietrznych.

W roku 1993 ukazała się trzecia wersja standardu ACR-NEMA. Nazwa standardu została zmieniona na DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine).



Rys.2.3. Oficjalne logo standard DICOM.

W nowej wersji dodano nowe klasy, wsparcie dla obsługi sieci, oraz stworzono deklarację zgodności. Oficjalnie ACR-NEMA 3.0 czyli DICOM jest najnowszą wersją standardu, jednakże standard ten jest stale aktualizowany i rozszerzany. Kolejne aktualizacje oraz rozszerzenia oznacza się podając rok w którym zostały dodane np. wersja 2007 standardu DICOM.

## Dokumentacja standardu oraz model danych.

Standard DICOM zorganizowany jest w postaci wielostronicowego dokumentu podzielonego na poszczególne rozdziały. Najaktualniejszą wersję standardu można pozyskać z strony internetowej samego standardu DICOM to jest: <http://dicom.nema.org/>. Cały standard DICOM składa się z części przedstawionych na rys 2.4.

Rys.2.4. Części składowe (rozdziału) standardu DICOM.

Najbardziej istotne z punktu widzenia tematu pracy magisterskiej będą rozdziały 3 do 8 oraz 14. Każdy z nich zostanie przedstawiony w skrócie.

Rozdział trzeci standardu opisuje sposób definicji danych a więc określa między innymi ilość klas obiektów danych w skrócie IOC (Information Object Classes), które to zapewniają abstrakcyjne odzwierciedlenie rzeczywistych jednostek związanych z obrazowaniem medycznym takich jak dawka promieniowania, próbkowanie itp. Każda definicja IOC składa się z opisu tego co dana klasa ma definiować oraz atrybutów definiujących daną wielkość. Atrybut składa się z nazwy oraz wartości, IOC nie zawierają wartości dla atrybutów. Wyróżnia się dwa typy IOC, zwyczajne oraz złożone.

Zwyczajne IOC zawierają tylko takie atrybuty które są nieodłącznym elementem opisywanego przeze nie obiektu rzeczywistego. Dla przykładu Study IOC opisujący badanie, który w standardzie zdefiniowany jest jako zwyczajny, zawiera atrybuty takie jak data badania (Study Date), czas badania (Study Time). Atrybuty te są nierozerwalnie związane z każdym badaniem. Takie dane jak imię, nazwisko pacjenta nie są atrybutami Study IOC jako, że są to atrybuty związane z pacjentem a nie bezpośrednio z badaniem.

Złożone IOC mogą dodatkowo zawierać atrybuty pośrednio związane z samym obiektem rzeczywistym który opisują. Na przykład IOC Computed Tomography Image opisujący zdjęcie z tomografu komputerowego, który zdefiniowany jest jako złożony IOC, zawiera zarówno atrybutu bezpośrednio związane z rzeczywistym obiektem, takie jak data zdjęcia (Image Date) jak i atrybutu związane w sposób pośredni z opisywanym obiektem rzeczywistym takie jak imię pacjenta (Patient Name).

Dane w świecie rzeczywistym są ze sobą powiązane, tworzą pewien schemat powiązań rys.2.5. W przypadku danych medycznych pacjent może mieć na przykład badanie składające się z sesji na aparacie1 oraz aparacie2. Z aparatu1 może powstać pewna seria obrazów a z aparatu2 pojedynczy obraz. Pojedynczy obraz sam w sobie, nie osadzony w kontekście niewiele może powiedzieć. Liczy się to jak dany obraz jest powiązany z danym aparatem czy pacjentem. Budując model informatyczny należy mieć na uwadze aby w sposób dokładny odwzorować te powiazania pomiędzy obiektami. Na rys.2.5. przedstawiono przykładowe rzeczywiste badanie oraz model informatyczny odpowiadający temu badaniu.



Model danych medycznych wykorzystywany w standardzie DIOCM został przestawiony na rys.2.6. Model przedstawia sposób połączenia różnych informacji medycznych oraz zależności występujące pomiędzy nimi. Liczby obok strzałek reprezentują możliwą ilość połączeń pomiędzy poszczególnymi IOC.



Rys.2.5. Model rzeczywistych danym medycznych w standardzie DICOM.

Do najważniejszych informacji zawartych w takim modelu zaliczyć można:

* Dane pacjenta: imię i nazwisko, data urodzenia, data przyjęcia;
* Badania: elementy składowe badań, procedury, wyniki badań (raport);
* Serie danych: obrazy, dane surowe, tablice kolorów. Przykładem serii danych jest zestaw danych (slajdów) przedstawiających przekroje przez ciało pacjenta, otrzymane podczas rekonstrukcji danych CT dla konkretnych parametrów rekonstrukcji (np. rozdzielczość, odległość między przekrojami, filtr rekonstrukcji, czy parametry okna).

Rozdział czwarty standardu definiuje operacje przeprowadzane na obiektach danych opisanych w rozdziale trzecim. W rozdziale tym zdefiniowane są tak zwane klasy usług (Service classes). Klasa usług tworzy powiązania pomiędzy obiektami danych, tworzy operacje które mogą być wykonywane na obiektach danych. Przykładami klas usług są:

* Przechowywanie danych (Storage Service Class),
* Zapytania (Query Service Class),
* Zarządzanie drukowaniem (Print Management Class).

Rozdział piąty standardu DICOM określa jak aplikacje korzystające z DICOM będą konstruować zestawy danych (Data Sets) oraz w jaki sposób będą one zakodowane. Zestawy danych budowane są z klas obiektów danych oraz klas usług opisanych w rozdziałach trzecim i czwartym standardu. Zdefiniowany jest również sposób tworzenia strumieni danych przekazywanych w wiadomościach opisanych w rozdziale siódmym. Dodatkowo rozdział ten definiuje rodzaj technik kompresji obrazu jpeg zarówno stratnej jak i bezstratnej, oraz sposób kodowania znaków międzynarodowych.

Rozdział szósty poświęcony jest słownikom danych. Definiuje on zestawy danych DIOCOM (Dicom Data Elements) możliwe do wykorzystania podczas prezentacji informacji medycznych. Dla każdego takiego elementu rozdział szósty standardu definiuje jego unikalny znacznik składający się z grupy oraz numeru elementu, jego nazwę, typ wartości (całkowitoliczbowy, ciąg znaków itp), mnogość - jak wiele wartości może wystąpić na atrybut oraz czy jest oficjalnie wspierany czy może wycofywany wraz z każdą aktualizacją standardu.

Rozdział siódmy specyfikuje zarówno usługę jak i protokół wykorzystywany przez aplikację w środowisku obrazowania medycznego w celu wymiany informacji. Do wymiany informacji wykorzystuje się wiadomości. Wiadomości te składają się z strumienia rozkazów działającego na podobnej zasadzie jak strumień danych zdefiniowany w rozdziale piątym. Rozdział siódmy określa operacje i notyfikacje dostępne dla klas usług zdefiniowanych w rozdziale czwartym, zasady ustanawiania i kończenia połączeń sieciowych wyspecyfikowanych w rozdziale ósmym, zasady które rządzą wymianą zapytań oraz odpowiedzi, zasady kodowania niezbędne do budowy wiadomości i strumieni rozkazów.

Rozdział ósmy poświęcony jest wymianie informacji poprzez sieć. Rozdział ten definiuje usługi komunikacyjne oraz protokoły wyższych warstw niezbędne przy pracy w środowisku sieciowym. Protokoły te oraz usługi mają na celu zapewnienie że komunikacja sieciowa pomiędzy aplikacjami DICOM przebiega w sposób zorganizowany i efektywny. Usługi komunikacyjne zdefiniowane w rozdziale ósmym są podzbiorem usług oferowanych przez standard ISO/OSI. Definicja usług komunikacyjnych wyższych warstw określa współprace wyższych warstw komunikacyjnych DIOCM w połączeniu z warstwą transportową protokołu TCP/IP.

W ostatnim wspomnianym rozdziale to jest rozdziale czternastym opisany jest sposób prezentacji danych graficznych. Rozdział ten definiuje zestandaryzowane funkcje dla spójnego wyświetlania obrazów w odcieniach szarości. Funkcje te zapewniają metody kalibracji dla poszczególnych systemów obrazowania. Celem jest zachowanie spójność dla różnych mediów prezentacji danych takich jak na przykład monitor i drukarka. Funkcje są zdefiniowane w oparciu o percepcję ludzkiego oka. Standard DICOM używa modelu Bartena opisującego percepcje ludzkiego oka.

## Budowa plików w standardzie DICOM.

Informacje znajdujące się pliku DICOM podzielone są na dwie główne jednostki:

* Nagłówek, to jest część zawierającą informacje o pliku DICOM (Dicom-Meta-Information-Header),
* Dane obiektu (Dicom-Data-Set).

Nagłówek pliku zawierający informacje o pliku (Dicom-Meta-Information-Header) jest wymagany dla każdego pliku DICOM. Rozdział 10 standardu DICOM definiuje zawartość tej części pliku. Jednostka zawierająca dane (Dicom-Data-Set) przechowuje informacje o jednym obiekcie typu Service-Obiect-Pair instance (SOP instance). Obiektem tym może być np: pojedynczy przekrój z tomografii komputerowej (CT), rezonansu magnetycznego (MRI), czy opis zawartości nośnika, tak jak ma to miejsce w przypadku pliku DICOMDIR.

Podstawową jednostką danych w standardzie DIOCM jest zestaw danych (Data Set). Zestawy danych reprezentują instancje opisu rzeczywistego obiektu. Zestawy danych zbudowane są z tak zwanych elementów danych (Data Elements). Elementy danych zawierają zakodowane atrybuty oraz wartości dla opisywanych obiektów. Elementy danych w zestawie danych maja przypisany unikalny identyfikator (Data Element Tag). Elementy danych w zestawie danych, uporządkowane są względem identyfikatorów w sposób rosnący. W jednym zestawie danych może się znajdować tylko jeden element danych o danym identyfikatorze.

Budowa pojedynczego elementy danych przedstawiona została na rys 2.6. Element danych zbudowany jest z pól. Poniżej zostanie scharakteryzowane każde z nich:

* Identyfikator (Data Element Tag), pole składające się z dwóch liczb całkowitych określających grupę oraz element grupy, kilka przykładowych identyfikatorów wraz z opisem zebrano w tabeli tab.2.1;
* Typ danych (Value Representation), pole składające się z dwuznakowego stringu określającego sposób reprezentacji danych np. SS (Singed Short) oznacza 16 bitową liczbę całkowitą ze znakiem, a AS (Age String) wiek wyrażony w dniach (nnnD), tygodniach (nnnW), miesiącach (nnnM) bądź latach (nnnY), dostępne w standardzie DICOM typy danych zostały zebrane w tabeli 2.2;
* Rozmiar danych (Value Length), pole będące liczbą całkowitą bez znaku określające parzysta liczbę bajtów potrzebną do zapisania danych w polu danych;
* Pole danych (Value Field), pole z właściwymi danymi.



Rys.2.6. Struktura zestawów danych oraz elementów danych.

Wyróżnia się dwa typu elementów danych standardowe oraz prywatne. Standardowe elementy danych mają parzyste numery grupy wewnątrz identyfikatora natomiast prywatne nieparzyste.

Nie każdy element danych zdefiniowany jest w ten sam sposób, niektóre z nich nie zawierają części pól, bądź reprezentowane są one w inny sposób. Wyróżnia się trzy struktury według których budowane mogą być elementy danych. Wszystkie trzy struktury zawierają pola identyfikatora, rozmiaru danych oraz pola danych. Pole typu danych jest polem które różnicuje te trzy struktury, w jednej z nich pole to nie występuje w ogóle, natomiast w dwóch pozostałych jest obecne ale z innych sposobem reprezentacji jego długości. W jednym zestawie danych nie mogą współistnieć elementy danych o różnej strukturze.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tab.2.1. Przykładowe identyfikatory wraz z opisem. | | |
| **Nazwa** | **Identyfikator DICOM** | **Definicja** |
| Data badania *Study Date* | (0008,0020) | Data rozpoczęcia badania. |
| Producent  *Manufacturer* | (0008,0070) | Producent urządzenia które jest źródłem obrazu. |
| Opis badania  *Study description* | (0008,1030) | Opis przeprowadzonego badania. |
| Płeć pacjenta  *Patient Sex* | (0010,0040) | Płeć pacjenta zdefiniowana za pomocą typu wyliczeniowego, M dla mężczyzny, F dla kobiety oraz O - inna |

| Tab.2.2. Typy danych w standardzie DICOM | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| **Typ danych** | **Skrót** | **Definicja** | **Rozmiar** |
| Jednostka aplikacji *Application Entity* | AE | Łańcuch znaków definiujący jednostkę aplikacji, gdzie pierwszy jak i ostatni znak spacji nie jest znaczący. Wartości składające się wyłącznie ze spacji nie powinny być używane z tym typem. | maks. 16 B |
| Tekst wieku  *Age String* | AS | Łańcuch znaków używający jednego z formatów – (nnnD, nnnW, nnnM, nnnY), gdzie nnn powinno zawierać liczbe dni dla D, tygodni dla W, miesięcy dla M oraz lat dla Y. Zapis „018M” reprezentuje wiek 18 miesięcy. | 4 B |
| Znacznik atrybutu  *Attribute Tag* | AT | Uporządkowana para 16-sto bitowych liczb całkowitych bez znaku, które są wartością pola identyfikatora w elemencie danych. Dla przykładu, pole identyfikatora o następującej postaci (0018,00FF) zostanie zakodowane jako seria 4 bajtów, w zapisie Big-Endian jako 00H, 18H, 00H, FFH natomiast w zapisie Little\_Endian jako 18H, 00H, FFH, 00H. | 4 B |
| Tekst kodu  *Code String* | CS | Łańcuch znaków z nieznaczącym pierwszym oraz ostatnim znakiem spacji. | maks. 16 B |
| Data  *Date* | DA | Łańcuch znaków w formacie YYYYMMDD gdzie YYYY oznacza rok, MM miesiąc natomiast DD dzień miesiąca według kalendarza gregoriańskiego. Dla przykładu 20150714 oznacza 14 lipca roku 2015. | 8 B |
| Tekst dziesiętny  *Decimal String* | DS | Łańcuch znaków reprezentujący liczbę stało bądź zmiennoprzecinkową. Liczba stałoprzecinkowa powinna zawierać tylko znaki 0-9 z opcjonalnym znakiem ‘+/-‘ i opcjonalnym znakiem‘.’ będącym kropką dziesiętną. Liczba zmiennoprzecinkowa składa się dodatkowo ze znaku ‘e’ lub ‘E’ który to wskazuje początek eksponenty. | maks. 16 B |
| Czas i data  *Date Time* | DT | Łańcuch znaków reprezentujący datę i czas w formacie YYYYMMDDHHMMSS.FFFFFF&ZZXX gdzie idąc od prawej do lewej: YYYY oznacza rok, MM miesiąc, DD dzień, HH godzinę (zakres od 0-23), MM minutę, SS sekundę. FFFFFF oznacza ułamkową część sekundy, &ZZXX jest opcjonalnym przyrostkiem dla przesunięcia czasu UTC gdzie & może przyjmować wartość +/- natomiast ZZ to godziny a XX minuty. | maks. 26 B |
| L. zmien. poj. precyzji  *Floating Point Single* | FL | Liczba zmiennoprzecinkowa pojedynczej precyzji. Zapisywana jest w formacie 32 bitowym. Odpowiednik typu float z takich języków programowania jak C czy C++. | 4 B |
| L. zmien. pod. precyzji  *Floating point Double* | FD | Liczba zmiennoprzecinkowa podwójnej precyzji. Zapisywana jest w formacie 64 bitowym. Odpowiednik typu double z takich języków programowania jak C czy C++. | 8 B |
| Liczba całkowita  *Integer String* | IS | Łańcuch znaków reprezentujący liczbę całkowitą o podstawie 10. Typ ten powinien zawierać jedynie znaki 0-9 z opcjonalnym znakiem +/- na początku. | maks. 12 B |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tab.2.2. Typy danych w standardzie DICOM cd. | | | |
| Długi łańcuch  *Long string* | LO | Łańcuch znaków który może zawierać znaki spacji z przodu jak i z tyłu. Typ nie może zawierać znaków sterujących z wyjątkiem ESC. | maks. 64 znaki |
| Długi tekst  *Long Text* | LT | Łańcuch znaków który może zawierać kilka akapitów. Typ ten może zawierać znaki graficzne oraz znaki sterujące oraz znaki spacji. | maks. 10240 znaki |
| Inny łańcuch bajtowy  *Other Byte String* | OB | Łańcuch bajtów gdzie kodowanie zawartości jest zdefiniowane w składni przejść. Typ ten jest niewrażliwy na sposób zapisu (Little Endian/Big Endian) | def. w składni przejść. |
| Łańcuch słów binarnych  *Other Double String* | OD | Łańcuch 64 bitowych słów binarnych. | – 8 B |
| Łańcuch słów binarnych  *Other Float String* | OF | Łańcuch 32 bitowych słów binarnych. | – 4 B |
| Łańcuch słów binarnych  *Other Words String* | OW | Łańcuch 16 bitowych słów binarnych. | def. w składni przejść. |
| Nazwisko Osoby  *Person Name* | PN | Łańcuch znakowy zbudowany z 5 komponentów. Łańcuch może zawierać znaki spacji. Którykolwiek z pięciu komponentów może być pustym łańcuchem znaków. | maks. 64 znaki |
| Krótki łańcuch  *Short String* | SH | Łańcuch znaków który może zawierać znaki spacji. Łańcuch nie powinien zawierać znaków sterujących za wyjątkiem znaku ESC. | maks. 16 znaków |
| L. całko. długa ze znakiem *Signed Long* | SL | Liczba całkowita długa ze znakiem. Jest to liczba 32 bitowa, zakres wynosi: – 1 | 4 B |
| Seria elementów *Sequence of Items* | SQ | Sekwencja grup elementów danych | - |
| L. całk. krótka ze zn.  *Signed Short* | SS | Liczba całkowita ze znakiem o długości 16 bitów. Jej zakres to: – 1 | 2 B |
| Krótki tekst  *Short Text* | ST | Łańcuch znakowy który może zawierać jeden lub więcej akapitów, znaki tekstowe oraz znaki sterujące. | maks. 1024 znaki |
| Czas  *Time* | TM | Łańcuch znaków zapisany w konwencji HHMMSS.FFFFFF, gdzie HH to godziny, MM minuty, SS sekundy, natomiast FFFFFF reprezentuje ułamkowe części sekundy. | maks. 14 B |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tab.2.2. Typy danych w standardzie DICOM cd. | | | |
| Nielimitowane znaki  *Unlimited Characters* | UC | Łańcuch znaków który może zawierać nieograniczoną długość znaków w tym spacji. Łańcuch nie powinien zawierać znaków sterujących za wyjątkiem znaku ESC. | maks. – 2 B |
| Unikalny identyfikator  *Unique Identyfier* | UI | Łańcuch znakowy zwierający unikalny identyfikator. Identyfikator ten to seria komponentów liczbowych oddzielonych znakiem ‘.’. | maks. 64 B |
| L. całk. długa bez znaku  Unsigned Long | UL | Liczba całkowita długa bez znaku. Długość tej liczby to 32 bity. Reprezentuje liczby z zakresu: | 4 B |
| Nieznany  *Unknown* | UN | Łańcuch bitowy w którym sposób kodowania znaków jest nieznany | różna |
| L. całk. krótka bez znaku  *Unsigned Short* | US | Liczba całkowita krótka bez znaku. Długość tej liczby to 16 bitów. Reprezentuje liczby z zakresu: | 2 B |
| Nielimitowany tekst  *Unlimited Text* | UT | Łańcuch znaków zawieający jeden bądź więcej akapitów, możne zawierać znaki graficzne i znaki sterujące. | maks. – 2 B |

## Zawartość binarna pliku DICOM.

Pliki w informatyce możemy podzielić na pliki tekstowe oraz pliki binarne. Pliki tekstowe to pliki zawierające dane zapisane w ustalonym formacie kodowania wraz ze znakami sterującymi, natomiast pliki binarne zawierają surowe dane zapisane w pamięci komputera bez przetwarzania na jakąkolwiek postać czytelną dla człowieka.

Pliki DICOM to pliki binarne. Dlatego też nie jest możliwy odczyt tego typu plików w edytorach tekstu takich jak Notatnik czy popularny Notepad++. Konieczne jest oprogramowanie umożliwiające podglądnięcie zawartości pliku binarnego tak zwany edytor heksadecymalny. Przykładem takiego oprogramowania jest HexEdit. HexEdit umożliwia obsługę plików o bardzo dużych rozmiarach – do 16 eksabajtów. Oprogramowanie pozwala na odczyt pliku i przeglądanie oraz edycję zawartych w nim danych. Edytor potrafi wyświetlać i modyfikować zawartość pliku wyświetlaną w postaci szesnastkowej, dziesiętnej, binarnej. Do odczytu zawartości binarnej pliku DICOM zostanie użyty właśnie program HexEdit.

Poniżej na rys 2.7. przedstawiony został plik DICOM z rys 2.2. (wersja z tomografu komputerowego) odczytany w programie HexEdit - tryb szesnastkowy, słowo 8-bitowe.



Rys.2.7. Zawartość binarna pliku z rys.2.2.

Całość została zgrupowana w trzy kolumny, pierwsza reprezentuje adres w pamięci, druga zawartość pliku zapisaną heksadecymalnie, natomiast trzecia zawartość pliku przetłumaczona na ASCII.

Na przykładzie tego pliku przeanalizowany zostanie sposób interpretacji plików DICOM. W pliku przedstawionym na rys 2.7. można wyróżnić 128 bajtową preambułę pliku, zapełnioną zerami. Ta sekcja jest pusta. W dalszej części znajduje się ośmiu bajtowy identyfikator pliku w postaci 44 49 43 4D, który to po przetłumaczeniu na ASCII daje DICM – identyfikator plików DICOM. W kolejnej sekcji znajduje się pierwszy zestaw danych (Data Set) składający się z kolejnych elementów (Data Element). Budowa zestawu danych została przestawiona na rys 2.6. w rozdziale 2.4. Pojedynczy element danych w odczytanym pliku został uwidoczniony zakreśleniem na rys 2.8.



Rys.2.8. Pojedynczy Data Element w pliku DICOM.

Pierwsze cztery zakreślone bajty to tak zwany identyfikator elementu (Tag), składający się z dwubajtowego identyfikatora grupy oraz dwubajtowego identyfikatora elementu grupy. Kolejne dwa bajty to kod typu danych (VR – value representation), dla zaznaczonego fragmentu jest to jest to UL czyli Unsigned Long - 32 bitowa liczba całkowita bez znaku. W zależności od VR kolejno następuje od dwóch do dziesięciu bajtów przeznaczonych na długość danych, dla zaznaczonego fragmentu są to 4 bajty. Pozostałe bajty zaznaczonego fragmentu to obszar z danymi. Dalej następują kolejne pola elementów (Data Element) zakodowane w analogiczny sposób. Znajomość binarnej budowy pliku DICOM będzie niezbędna do jego prawidłowego przetwarzania.

## Podział standardu DICOM.

Standard DICOM jest wykorzystywany w różnych gałęziach medycyny. Jest ze względu na ten fakt bardzo rozbudowanym standardem, przez co konieczne stało się podzielenie go na pomniejsze wyspecjalizowane grupy robocze (work groups) skojarzone z konkretna węższa dziedziną. Poniżej zamieszczone jest zestawienie każdej z tych grup roboczych z jednozdaniowym opisem:

* WG-01 Informacje o sercu i naczyniach krwionośnych (Cardiac and Vascular Information), zajmuje się wymiana informacji w dziedzinie układów naczyniowych, mocno współpracuje z drugą oraz ósmą grupą roboczą;
* WG-02 Projekcja radiografii i angiografii (Projection Radiography and Angiography), utrzymanie oraz rozwój obiektów XA, XRF, DX, CF zarówno w 2D jak i 3D związanych z radiografią;
* WG-03 Medycyna nuklearna (Nuclear Medicine), rozwój w dziedzinie wymiany informacji w obrazowaniu PET;
* WG-04 Kompresja (Compression), opracowanie sposobów kompresji obiektów standardu DICOM – obecnie dostępne (JPEG, RLE, JPEG-LS, JPEG2000, JPGPIP);
* WG-05 Nośniki wymiany danych (Exchange Media), rozwój w dziedzinie nośników wymiany danych, nośniki wykorzystywane w PACS;
* WG-06 Podstawa standardu (Base Standard), utrzymanie spójności całego standardu, publikacje nowych odsłon w porozumieniu z NEMA;
* WG-07 Radioterapia (Radioteraphy), rozwój i utrzymanie obiektów wykorzystywanych w urządzeniach radioterapii, opracowywanie obiektów dla nowych sposobów leczenia;
* WG-08 Strukturyzacja raportów (Structured Reporting), zajmuje się rozwojem norm, definicja nowych szablonów w standardzie DICOM;
* WG-09 Okulistyka (Ophthalmology), przygotowanie oraz utrzymywanie i rozwój obiektów wykorzystywanych w okulistyce;
* WG-10 Doradztwo strategiczne (Strategic Advisory), opracowuje strategie rozwoju standardu DIOCOM, długofalowe cele, współpraca z innymi organizacjami;
* WG-11 Standardy wyświetlania (Display Function Standard), rozwój sposobów wyświetlania danych zgodnie z standardem, opracowanie obiektów;
* WG-12 Ultrasonografia (Ultrasound), sprostanie wymaganiom stawianym przez ultrasonografie, opracowywanie obiektów 3D/4D, funkcje pomiaru;
* WG-13 Światło widzialne (Visible Light), rozwój standardu w zakresie stałego i ruchomego światła widzialnego, generowanego przez urządzenia wykorzystywane w medycynie takie jak endoskopy, mikroskopy;
* WG-14 Bezpieczeństwo (Security), rozwój standardu w zakresie bezpieczeństwa wymiany informacji, opracowywanie nowych sposobów kodowania;
* WG-15 Mammografia i CAD (Mammography and CAD), opracowywanie i rozwój obiektów wykorzystywanych w obrazowaniu piersi, opracowywanie struktury wyników badań z wykorzystaniem CAD;
* WG-16 Rezonans magnetyczny (Magnetic Resonance), dostosowywanie obiektów standardu DICOM do nowych urządzeń oraz technologii w zakresie obrazowanie z wykorzystaniem rezonansu magnetycznego;
* WG-17 3D, rozwój standardu dla współpracy z obrazami 3D oraz innymi wielowymiarowymi strukturami danych;
* WG-18 Badania kliniczne i edukacja (Clinical Trials and Education), praca nad rozszerzaniem standardu dla nowych rodzajów badań klinicznych z wykorzystaniem obrazowania;
* WG-19 Dermatologia (Dermatology), obrazowanie w dziedzinie dermatologii, według informacji z oficjalnej strony standardu zespół tymczasowo nieaktywny;
* WG-20 Integracja pomiędzy standardami obrazowania medycznego (Integration of Imaging and Information Systems), opracowanie metod zapewnienia spójność z innymi standardami np. HL7;
* WG-21 Tomografia komputerowa (Computed Tomography), dostosowywanie obiektów standardu DICOM do nowych urządzeń oraz technologii w zakresie obrazowania z wykorzystaniem tomografii komputerowej;
* WG-22 Stomatologia (Dentistry), opracowanie oraz utrzymanie obiektów związanych z stomatologią, rozwój standardu DICOM w aspektach związanych z symulacją leczenia, poprzez wykorzystanie projektowania wspomaganego komputerowo;
* WG-23 Hosting aplikacji (Application Hosting), opracowanie metod ujednolicenia współpracy pomiędzy oprogramowaniem klienta i serwera;
* WG-24 DICOM w chirurgii (DICOM in Surgery), rozwój standard w kierunku zdalnych operacji chirirgicznych;
* WG-25 Weterynaria (Veterinary Medicine), rozwój obiektów standardu dla zastosowań weterynaryjnych;
* WG-26 Patologia (Pathology), zapewnienie obsługi obrazów wykorzystywanych w patologii w tym autopsji;
* WG-27 Technologie Internetowe (Web Technology for DICOM), wykorzystanie technologii internetowych dla stworzenia rozszerzeń standardu w zakresie dystrybucji obrazów poprzez sieć Internet;
* WG-28 Fizyka (Physics Strategy), rozwija te elementu standardu które wymagają specjalistycznej wiedzy w zakresie fizyki medycznej;
* WG-29 Edukacja, komunikacja i popularyzacja (Education, Communication, and Outreach), promowanie standard DIOCM, edukowanie na temat korzyści wynikających z korzystanie z standardu, organizacja konferencji, poszukiwanie osób mogących wspomóc rozwój standardu;
* WG-30 Obrazowanie domowych zwierząt (Small Animal Imaging), obrazowanie w weterynarii dla zwierząt domowych, opracowanie obiektów standradu, najnowsza grupa robocza;

Szczegółowe informacje na temat każdej grupy roboczej, takie jak adres, osoba koordynująca, obecne krótko i długofalowe cele znaleźć na oficjalnej stronie standardu w pliku opisującym strategie: <http://medical.nema.org/dicom/geninfo/strategy.pdf>

## Oprogramowanie wykorzystujące standard DICOM.

Powstało kilka implementacji standardu DICOM zarówno w postaci bibliotek kompatybilnych z różnymi językami programowania jak i w postaci gotowych aplikacji do obsługi plików w standardzie DICOM. Przykładami bibliotek są:

* DCMTK – DICOM Toolkit;
* gdcm – Grassroots DICOM.

DCMTK jest zestawem bibliotek i aplikacji implementujących dużą cześć standardu DICOM. Udostępnia aplikacje do odczytywania, tworzenia i konwertowania plików DICOM, komunikacji poprzez sieć Internet. DCMTK napisane jest po części w ANSI C i w C++. Rozprowadzany jest na licencji wolnego oprogramowania. Biblioteki mogą być skompilowane po systemami Windows, Linux oraz MacOS. Szczegółowe informacje oraz kod źródłowy dostępne są pod adresem - <http://dicom.offis.de/dcmtk>

Biblioteka gdcm (Grassroots DICOM) jest kolejną implementacją standardu DICOM. Została zaprojektowana jako biblioteka open-source w celu umożliwienia badaczom bezpośredni dostęp do danych DICOM. Biblioteka gdcm zawiera definicję formatu pliku oraz protokół komunikacji sieciowej. Zachowana jest kompatybilność z wcześniejszymi wersjami standardu to jest ACR-NEMA 1.0 oraz 2.0. Napisana jest w języku C++, jednak ma zdefiniowane wrappery dla innych języków programowania takich jak Python, Java oraz C#. Prowadzone są prace nad przygotowaniem wrapperów dla jeżyków Perl oraz PHP. Biblioteka usiłuje zapewnić wspieracie dla wszystkich dostępnych w DICOM formatów zapisu obrazów. Wsparcie zostało zapewnione dla takich formatów jak:

* RAW,
* JPEG kompresja stratna wersja 8 i 12 bitowa,
* JPEG kompresja bezstratna wersja 8-16 bitowa,
* JPEG 2000,
* RLE,
* JPEG-LS.

Kod źródłowy biblioteki dostępny jest pod adresem <http://sourceforge.net/projects/gdcm/> natomiast pod adresem <http://gdcm.sourceforge.net/wiki/> znajduje się wirtualna encyklopedia na temat biblioteki.

Powstały również gotowe aplikacje do obsługi zdjęć medycznych zapisanych w formacie DICOM. Jeśli chodzi o darmowe rozwiązania warto wspomnieć o programach:

* MicroDicom, przeglądarka i nie tylko obrazów medycznych w formacie DICOM – strona domowa projektu <http://www.microdicom.com/>
* OsiriX(Lite), kolejna przeglądarka plików DIOCM, kompatybilna jedynie z systemami MacOSX, strona domowa projektu <http://www.osirix-viewer.com/>

Z rozwiązań komercyjnych warto wspomnieć o następujących aplikacjach:

* OsiriX –kompleksowe środowisko do obsługi zdjęć medycznych w formacie DICOM oraz do komunikacji z systemami PACS, kompatybilna jedynie z systemami MacOSX, strona domowa projektu <http://www.osirix-viewer.com/>
* rsr2 – polska przeglądarka plików DICOM, strona domowa <https://rsr2.pl/>

Warta uwagi jest aplikacja telemedyczna TeleDICOM stworzona przez katedrę informatyki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Jest to aplikacja przeznaczona dla lekarzy medycyny, umożliwia wzajemną konsultacje wyników badań medycznych pomiędzy lekarzami różnych często bardzo wąskich specjalizacji pomimo geograficznego oddalenia. Aplikacja może być również wykorzystywane w edukacji studentów medycyny oraz wspierać organizowanie konferencji naukowych, jak i wspierać ciągły rozwój zawodowy lekarzy. Strona domowa projektu <http://www.teledicom.pl/index.php/pl/>

# System archiwizacji obrazu i komunikacji.

Opis standardu PACS.

<http://ucyfrowienie.pl/systemy-pacsris/>

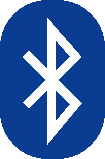
<https://en.wikipedia.org/wiki/Picture_archiving_and_communication_system>

<https://pl.wikipedia.org/wiki/System_archiwizacji_obrazu_i_komunikacji>

<http://searchhealthit.techtarget.com/definition/picture-archiving-and-communication-system-PACS>

<https://www.systemeskulap.pl/oferta/pacs/>

# Struktura systemu wizualizacji danych medycznych DICOM.



# Aplikacja serwera.

## Zadania.

## Środowisko programistyczne.

## Algorytm

## Kod źródłowy

# Aplikacja kliencka.

## Zadania.

## Środowisko programistyczne.

## Algorytm.

## Kod źródłowy

# Podsumowanie.

# Bibliografia.

1. Oleg S. Pianykh, *Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)*, Springer Boston 2008.
2. NEMA, *DICOM PS3.1 2015c - Introduction and* *Overview,* 2015
3. NEMA, *DICOM PS3.3 2015c - Information Object Definitions,* 2015
4. NEMA, *DICOM PS3.4 2015c - Service Class Specifications*, 2015
5. NEMA, *DICOM PS3.5 2015c - Data Structures and Encoding Standard DICOM*, 2015
6. NEMA, *STRATEGIC DOCUMENT,* 2014
7. Beata Brzozowska, Wykłady z przedmiotu *Praktyka z diagnostycznych metod nieradiacyjnych DICOM,* Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego2013
8. Strona domowa standardu DICOM

http://dicom.nema.org

1. Strategie rozwoju standard DICOM

<http://medical.nema.org/dicom/geninfo/strategy.pdf>

1. Broszura na temat DICOM ze strony towarzystwa NEMA

<http://medical.nema.org/dicom/geninfo/Brochure.pdf>

1. Strona internetowa Mirosława Sochy na temat standardu DICOM

<http://home.agh.edu/~socha/pmwiki/pmwiki.php/DICOM/>

1. Strona główna biblioteki DCMTK

<http://dicom.offis.de/dcmtk>

1. Strona główna biblioteki gdcm

<http://gdcm.sourceforge.net/wiki/>

1. Strona domowa projektu aplikacji medycznej TeleDICOM

<http://www.teledicom.pl/index.php/pl/>