



Софийски университет „Св. Климент Охридски”
Факултет по Математика и Информатика
Катедра „Информационни технологии”
Специализация „Био- и медицинска информатика”

Дипломна работа

Тема:

Първична обработка и съхранение на медицински
изображения в Dicom формат

Дипломант: Симеон Антонов Стойков, Ф№ М-21488
Научен ръководител: Доц. Д-р Антоний Попов
Консултант: Д-р Борислав Милев

Юли 2007 г.

гр. София

Благодарности

Бих искал да изразя своите благодарности към моя научен ръководител Доц. Д-р Антоний Попов, без които тази дипломна работа нямаше да е възможна в настоящия й вид.

Съдържание

1.	Въведение.....	7
1.1.	Медицински скенери и изображения. История на създаване.....	7
1.2.	Мотивация.....	11
1.3.	Цел и задачи на дипломната работа.....	12
1.4.	Структура на дипломната работа.....	13
1.5.	Обобщение.....	13
2.	Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM).....	14
2.1.	Резюме.....	14
2.2.	История.....	14
2.3.	Основни концепции на Dicom версия 3.0.....	17
2.3.1.	Разпределени процеси.....	17
2.3.2.	Dicom концепции за разпределени процеси.....	19
a.	Information Object Definitions(IOD).....	20
b.	Атрибути.....	21
c.	SOP инстанции.....	22
d.	Идентификация.....	22
e.	Value Representation.....	22
f.	Transfer syntax.....	22
2.3.3.	Мрежови концепции при Dicom.....	23
2.3.4.	Dicom концепции за съхранение върху носител.....	24
2.3.5.	Dicom файл формат.....	25
2.3.6.	Dicom формат на директорни файлове.....	28
2.4.	Описание на документацията за Dicom стандарта.....	28
2.5.	От реалния свят към света на Dicom.....	31
2.5.1.	Информационен модел на изображенията.....	31
a.	Ниво на пациента (Patient Level).....	32
b.	Ниво на изследването (Study Level).....	32
c.	Ниво на сериите.....	33
d.	Ниво на изображенията.....	34
2.5.2.	SOP инстанция на изображението в Dicom.....	34

2.5.3.	Идентификация.....	35
2.5.4.	Класификация на данните.....	36
a.	Информация за пациента.....	36
b.	Информация за изследването.....	37
c.	Информация за сериите.....	37
d.	Информация за приложението.....	38
e.	Информация за придобиването.....	38
f.	Информация за позицията.....	39
g.	Информация за данните на изображението.....	39
2.5.5.	Типове изображения.....	39
a.	Общи тип на изображенията.....	40
b.	Специализирани типове за изображения.....	41
2.5.6.	Процес на обработка на изображенията.....	42
a.	Необработени данни на изображението (Raw data).....	43
b.	Обработени данни на изображението.....	43
c.	Правилно възприемане на изображението.....	44
d.	Превръщане и селекция на стойностите на пикселите.....	45
e.	Стъпки за представяне на изображението.....	45
f.	Изисквания за обработените изображения.....	46
g.	Dicom преработени изображения.....	46
h.	Декодираща стъпка.....	47
i.	Нормализираща стъпка.....	47
j.	Стъпка на превръщане в сивата гама.....	48
k.	Overlay стъпка.....	49
2.5.7.	Приложение на изображенията.....	49
a.	Системи за съхраняване на изображения.....	50
b.	Станции за разглеждане на изображенията.....	51
c.	Станции за обработка на изображенията.....	51
d.	Използване повторно на изображенията от медицинските устройства.....	51
e.	Категории на приложение.....	51
2.6.	Обобщение.....	52
3.	Изисквания и дизайн. Проектиране на MicroDicom.....	53

3.1.	Изисквания.....	53
3.2.	Подходи при разработката на MicroDicom.	56
3.3.	Обобщение.....	56
4.	Имплементация на MicroDicom.	57
4.1.	Имплементация на потребителския интерфейс.	57
4.1.1.	Главно меню.	58
a.	Под меню File.....	58
b.	Под меню Edit.....	59
c.	Под меню View.....	59
d.	Под меню Image.....	60
e.	Под меню Filter.....	61
f.	Под меню Tools.	61
g.	Под меню Window.....	62
h.	Под меню Help.....	62
4.1.2.	Dicom Browser – Изглед на пациентите, изследванията, сериите и изображенията.	63
4.1.3.	Ленти с инструменти.	64
4.1.4.	Лента на състоянието(Status bar).	64
4.1.5.	Основен изглед.	64
4.2.	Имплементация на функционалността.	65
4.2.1.	Дървовидна структура на файловете с изходния код.	66
4.2.2.	Логическа структура на модулите в проекта.....	66
4.2.3.	Основния модул на приложението.	68
a.	Модул за работа с Dicom протокола.....	68
b.	Модул Math.....	68
c.	Модул Tool.....	69
d.	Модул Helper.....	69
e.	Модул Common.....	69
f.	Модул Export.....	69
g.	Модул Mfc.....	70
4.3.	Обобщение.....	70
5.	Изводи и заключения.	71

5.1.	Преглед на поставените цели.....	71
5.2.	Ползите от MicroDicom	72
5.3.	Ограничения	72
5.3.1.	Ограничения поставени от операционната система.	72
5.3.2.	Семантични ограничения.	72
5.4.	Насоки в развитието на MicroDicom.....	73
Приложения		74
Приложение 1. Списък на използваните съкращения.....		74
Приложение 2: Таблица на използваните фигури		76
Използвана литература		77
Интернет страници.....		79

1. Въведение.

С развитието на медицината през XIX век докторите са могли да се грижат за своите пациенти много повече от колкото те са правели преди. Повечето медицински инструменти са се побирали в малката черна докторска чанта и диагнозата е била базирана повече на инстинкт отколкото на наука.

През 1900 година средната продължителност на живота е била 47 години, а през 2000 година е вече близо 77 години. Това забележително 30 годишно увеличение е резултат от много фактори. Един от тези фактори е медицинския прогрес в диагностиката, фармацевтиката, медицинските устройства и промяната в формата на лечение.

През 1895 г. Германски физик Вилхелм Рънтген(Wilhelm Conrad Röntgen) открива нов вид лъчи, наречени от него X-лъчи, по-късно – рентгенови. Той случайно открива образуването на електромагнитна радиация, която може да мине през тялото на човек и да остави картина на костите и органите му върху фотографска плака. Зараждането на X-лъчите дава искрата на революция в медицинската диагностика.

1.1. Медицински скенери и изображения. История на създаване¹.

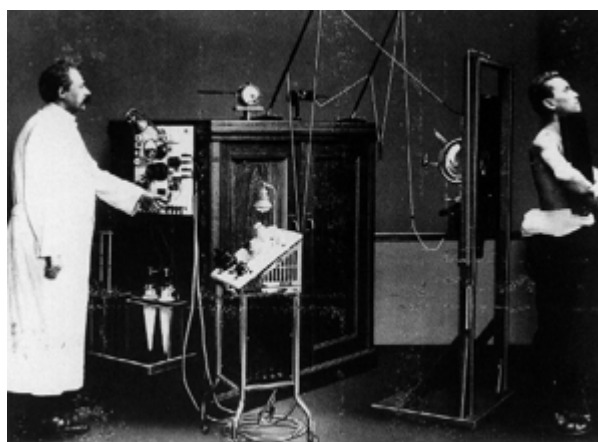
Медицинската рентгенология е започнала като под отрасъл на медицината в първото десетилетие на XX век след откриването на X-лъчите от професор Рънтген. Развитието на рентгенологията расте с добри темпове до Втората световна война. С широкото използване на X-лъчите за правенето на изображения през Втората световна война, както и с появяването на компютрите и новите медицински устройства за диагностика като ултразвук и магнитния резонанс, се стига до рязко увеличение и подобряване на медицинската диагностика през последните 25 години.

а. Филмови касети.

През първите 50 години на медицинската рентгенология, основното изследване представлява правенето на изображение като се пускат концентрирани x-лъчи през част от тялото, от която се интересуваме, към фотографска плака, която е поставена в

¹ Тази точка е написана с използването на материали от интернет сайт 5 от секцията с интернет връзки, които са дадени най-накрая.

специална касета. В най-ранните дни на тази диагностика за да се направи изображение, е било нужно излагане на облъчване до 11 минути. Сега на модерните скенери с X-лъчи са им нужни само няколко милисекунди и дозата, която се използва е само 2% от тази, която е била използвана при старото 11 минутно облъчване. Също така при новите скенери има забележимо повече пространствена резолюция и контрастни детайли. На фигура 1 е показана една медицинска система от първите години на медицинската диагностика. Вижда се, че пациента държи в ръцете си касетата, в която се намира фотографската плака.



фигура 1 - Система с X-лъчи от ранните години на медицинската диагностика

б. Флуоресцентни екрани.

Следващия етап на развитие представлява използването на флуоресцентни екрани и специални стъкла, с помощта на които докторите могат да гледат снимките направени с X-лъчи в реално време. Но по този начин докторът се е излагал директно на X-лъчите и се е облъчвал с големи дози радиация. През 1946 година George Schoenander разработва метод, с който могат да се сменят касети с филми по време на изследването и по този начин със серия от касети се получавало филм с 1.5 кадъра в секунда. През 1953 година тази техника е била усъвършенствана и вече е можело да се запише филм с 6 кадъра в секунда.

с. Контрастни средства².

Също много важен напредък е разработването на фармацевтичните контрастни средства, с чиято помощ се онагледяват органите и кръвоносните съдове много по-ясно. Тези контрастни средства (течности, също наричани „бои“) за първи път са

² Контрастни средства – в превод от английски език на „Contrast Medium“.

давани, орално или чрез инжекция във вените, в периода 1906 и 1912, и позволяват на докторите да виждат кръвоносните съдове, храносмилателната система, жлъчката, пикочния мехур за първи път.

d. Усилвател на изображението³(Image Intensifier).

През 1955 е бил разработен усилвател на изображенията, с чиято помощ се „вземат“ и се показва филм от х-лъчи използвайки се телевизионна камера и екран. През 1960 година флуоресцентните екрани масово за били заменени с тези усилватели. Заедно със системата с смяната на касетки от филми, усилвателите на изображения се отделят като отделен клон на медицинската диагностика. Този клон е наречен ангиография(angiotography) и основно се правят изображения на кръвоносните съдове и сърцето.

e. Ядрена медицина⁴(Nuclear medicine).

Ядрено-медицински изследвания за първи път са направени през 1950 година чрез използването на специални гама камери. При тези изследвания е нужно да се вкарат в тялото слаби радиоактивни елементи. Тези елементи заемат място в даден орган и започват да изпускат слаби радиоактивни сигнали, които се прихващат от гама камерите.

f. Сканиране с ултразвук.

През 1960 година принципа на действие на сонарите е приложен в медицинската диагностика. Сонарите представляват уреди, с помощта на които могат да се откриват потънали предмети чрез отразени звукови вълни (широко са били използвани през Втората Световна война). При този процес се поставя едно малко устройство, наречено трансдюсер(преобразовател), срещу тялото на мястото, където се намира органа за диагностиране. Трансдюсера произвежда поток от неуловими, високо честотни звукови вълни, които преминават през тялото и отскачат при преминаване през различните органи. Трансдюсера засича звуковите вълни, които са се върнали при съприкосновението със органите. Тези вълни се получават от ултразвукова система, която ги преобразува в реална картина на монитор, с използването на компютър и софтуер за реконструкция.

³ Усилвател на изображенията – в превод от английски език на „Nuclear medicine”

⁴ Ядрена медицина - в превод от английски език на „Nuclear medicine”.



фигура 2 - Изображение на бебе направено с ултразвук

g. Цифрови изображения.

През 1970 за първи път са били използвани техника за цифрови изображения. Тогава е било одобрено използването на Компютърната томография(КТ) или компютърно-томографските скенери, които са били изобретени от Godfrey Hounsfield. През 70-те години също е бил направен конвертор от аналог към дигитален сигнал при стандартния флуороскопичен усилвател на снимки. Процедурите за ангиографията извличат големи ползи от навлизането на цифровите технологии. През следващите от 10-15 години повечето системи работещи с X-лъчи са подобрени да генерират цифрова информация.

Ползи от цифровите технологии за всичките системи с X-лъчи:

- По-малко доза на облъчване може да бъде използвана за да се добие снимка с по-високо качество отколкото на филмовия носител
- Цифровите снимки могат да бъдат обработени и подобрени с компютри
- Цифровите снимки могат да бъдат прашани по мрежа до други работни станции и по този начин повече хора могат да участват в диагнозата
- Цифровите данни могат да бъдат съхраняване на различни устройства за съхранение и да се спести по този начин много място.

Компютърна томография. КТ е била изобретена през 1972 от Godfrey Hounsfield в Англия. Hounsfield използвал гама лъчи(и по-късно X-лъчи) и детектор, който е разположен на въртящо се устройство, всичките свързани с компютър за да направят детайлни снимки на обекта. На оригиналния томограф на Hounsfield му е трябвало около час за да добие един разрез от данни за изображението и около 24 часа за да направи реконструкция на тези данни в една снимка. Днешните КТ системи могат да добият данните за по-малко от секунда и да направят реконструкцията веднага. Основата на алгоритмите за реконструкцията на снимките се базира на теорията предложена от Radon.

Магнитен резонанс. Първоначално принципите на магнитния резонанс са били изследвани през 1950 година. Тогава е било показано, че различните материи резонират с различни по сила магнитни полета. През 1970 година са направени научни изследвания, които показват, че технологиите за магнитния резонанс могат да се използват при медицинската диагностика. През 1980 година е тестван първия Магнитен резонанс върху пациенти. През 1984 година са пуснати за масова употреба. Безброй много учени са замесени в разработването на магнитния резонанс. Разработването на магнитния резонанс се приписва на Paul Lauterbur и учените от лабораториите Thorn-EMI, Англия и университета в Нотингам, Англия.

1.2. Мотивация.

Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) е множество от средства за разглеждане, съхраняване, печатане, предаване на медицински изображения. Dicom е създаден от **National Electrical Manufacturers Association**⁵ (NEMA) да помага за разглеждането и разпространението на медицински изображения от компютърната томография, Ядрено – Магнитен резонанс и ултразвук. Включва описание на файлов формат и мрежов протокол за комуникация. Dicom дава възможност да се интегрират скенери, сървъри, принтери, работни станции и мрежови компоненти от множество медицински заведения в единна система за съхранение на изображения и

⁵ Сайта на организацията NEMA е интернет сайт 1 от секцията с интернет връзки, които са дадени най-накрая.

комуникацията им (**P**icture **a**rchiving and **c**ommunication **s**ystem - PACS⁶). Dicom е широко разпространен в болниците и все повече приложения се появяват, който работят с него.

Към момента има налични голям брой реализации, който четат Dicom изображенията и правят различни операции върху тях. За съжаление обаче, по-голямата част от тях са скъпо платени, а друга част се разпространяват със скъпата медицинска апаратура. Софтуерните реализации, които са безплатни в повечето случаи са с ограничен и не интуитивно направен интерфейс за работа. Някои операции върху медицински изображения можеш да направиш с една реализация, а други с друга. И затова практически се случва да работиш с няколко софтуерни продукта наведнъж.

Именно зареди гореспоменатите факти е и основната ми мотивация за реализирането на инструмент, който да улесни работата на хората занимаващи се с медицински изображения. Продукт, който да може да комбинира най-често използваните операции върху изображения в Dicom формат. Продукт, който ще е безплатен и достъпен за всеки, лесен за използване и експериментиране.

1.3. Цел и задачи на дипломната работа.

Целта на дипломната работа е да се проектира и разработи софтуерен продукт, наречен MicroDicom, с който могат да се съхраняват и обработват медицински изображения в Dicom формат.

- a. Отваряне и съхранение на медицински изображения, които могат да бъдат в Dicom, а така също и в повечето известни графични файлови формати.
- b. Отваряне и съхранение на Dicom директорни файлове и съхранението им.
- c. Сканиране на носител за Dicom файлове
- d. Конвертиране на Dicom файлове в различните графични формати
- e. Съхраняване на последователност от Dicom изображения във видео файл (.avi)
- f. Операции върху изображенията
 - Стандартни: Window/Level, Flip, Rotate, Zoom
 - Image processing – Edge, Sharpen, Smooth, Noise, Median filter, Mean filter

⁶ Повече за Pacs системите може да се прочете в [5] от списъка с литература даден най-накрая

1.4. Структура на дипломната работа

Глава 1. Въведение – въвежда читателя в областта на медицинските изображения. Мотивацията за този проект, целите и основните идеи на MicroDicom

Глава 2. Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM). Тази глава ще въведе читателя в основите на Dicom протокола. Ще бъдат изяснени основните концепции, термини, които са жизнено важни за разработката на приложение, което ще работи с протокола.

Глава 3. Изисквания и дизайн. Проектиране на MicroDicom. В тази глава ще дефинираме всички изисквания за MicroDicom и основните положения при дизайна и проектирането на приложението.

Глава 3. Имплементация на MicroDicom. Ще се спрем на основните моменти при имплементация на MicroDicom- потребителски интерфейс и функционални черти.

Глава 5. Изводи и заключения - преглежда целите на дипломната работа и как последните са изпълнени. Описва предложения за бъдещи разработки и подобрения на MicroDicom.

Приложения. Дадени са приложения за използваните съкращения и таблица с фигурите

Използвана литература и Интернет страници са най-накрая.

1.5. Обобщение.

В тази глава представихме възникването и развитието на медицинските изображения е медицината. Проследихме етапите на създаване на медицинската апаратура, с която се правят изображенията. Поставихме целите, които трябва да реши MicroDicom.

2. Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM).

2.1. Резюме.

Digital Imaging and Communication in Medicine (Dicom) е стандарт, който е проектиран за нуждите на производителите и потребители на апаратура за медицински изображения. Стандарта спомага за приемането, съхранението, разпространението и разглеждането на медицински изображения, които са направени чрез медицинска техника като компютърната томография, ядрено магнитна-резонанс томография, ултразвук и др. С помощта на стандарта се изгражда цифрова комуникация между диагностичните и терапевтичните уреди и системи от различни производители. Такава свързаност е важна за спестяването на много разходи в областта на здравеопазването. Dicom потребителите могат много лесно да използват медицинската диагностика даже и през големи географски области и да извлекат максимална полза от съществуващите медицински ресурси. За пример си представете скенери за КТ, ЯМР, лазерни принтери, цифрови носители за снимки, потребителски компютри, сървъри, направени от различни производители и монтирани на едно място или на много отдалечени места, могат да „говорят едно с друго” със средствата на Dicom стандарта. И като резултат медицинските изображения могат да бъдат получавани от устройствата много по бързо и да достигат до физиците, които да направят диагнозите, а терапевтите да направят съответното лечение.

2.2. История

През 1983 г. American College of Radiology (ACR) and the National Electrical Manufacturers Association (NEMA) формират обща комисия, която да се заеме с разработването на стандартни средства и механизми, с които да се осъществи съвместимост и комуникация между различните типове медицинско оборудване (като КТ, ЯМР, ултразвук). Мисията на тази група е да намери вече съществуващи стандарти или да разработи нови. Като допълнение към тази спецификация трябва и да се направи и единен речник на данните, които са необходими за правилното представяне и интерпретация на изображенията.

Комитета разглежда много от съществуващите до момента стандарти, но не е намерен нито един, който да задоволи изцяло изискванията. Обаче са намерени някои доста добри идеи. Една година преди това, American Association of Physicists in Medicine (AAPM) е разработила стандартен формат за записване на изображения върху магнитен носител. Заглавната част е съдържала описание на изображението заедно с данни (като име на пациент, тегло и др.). Именно от тука комитетата взел идеята за използването на елементи от данни с променлива дължина като всеки елемент се идентифицирал с име.

След две години на разработване, първата версия на стандарта, ACR-NEMA 300-1985 (още наричана ACR-NEMA Version 1.0) е разпространена през 1985 от NEMA. Както при всички първи версии на даден продукт, са намерени грешки и са предложени много подобрения. Комитетата упълномощава Working Group (WG) VI да се грижи и да следи отблизо стандарта след неговото публикуване. WG отговаря на въпросите на разработчиците и започва да работи върху промените за подобряване на стандарта.

През 1988 г., ACR-NEMA 300-1988 (или ACR-NEMA Version 2.0) е публикуван. Използва се същата спецификация техническата апаратура, но се добавят нови елементи и се оправят голям брой грешки и несъответствия.

Проблемът обаче бил вече друг. С навлизането на комуникациите много потребители на стандарта са искали единен интерфейс за връзка между медицинските устройства и мрежата, а във версия 2.0 липсва стандартизация за работа с мрежова комуникация и не е била проектирана да може апаратурата да се свързва направо към комуникационната мрежа. За да се решат тези проблеми е трябвало да се направят основни промени в стандарта. Комитетата одобрява веднага идеята за нова версия на стандарта, която да съвместима със старите версии и да удовлетворява някои ограничения. Като заключение за най-важните промени за новата версия на стандарта са били изграждането на единен интерфейс за комуникация по мрежа, и единен обектно-ориентиран дизайн за данните. Като допълнение е трябвало да се изследва типовете услуги необходими за комуникация върху мрежи от различни видове.

След три години работа, WG VI, с много цени съвети от производителите на медицинска апаратура и от различни университетите, пуска 3-тата версия на стандарта ACR-NEMA DICOM (още наричана DICOM 3.0).

Най-просто казано, Dicom е стандарт за предаване на медицински изображения и свързаната с тях информация. Той се различава от ACR-NEMA версия 1.0 и 2.0 в

същностите дефинирани от модела, а характеристиките на всеки обект са описани с атрибути. За пример да вземем същността „пациент”, която има атрибути „име на пациент”, „години на пациент”, и др.

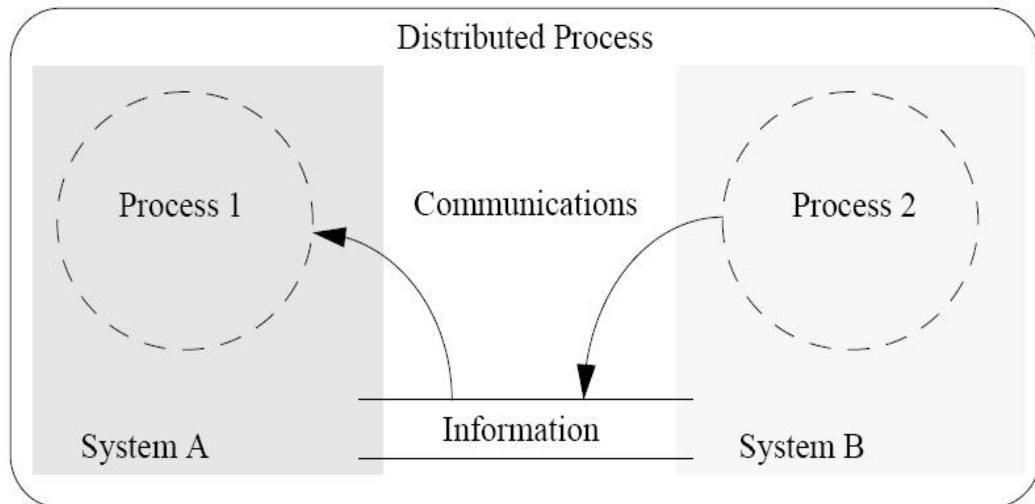
2.3. Основни концепции на Dicom версия 3.0⁷

В тази глава ще обясним основните концепции в Dicom стандарта. Първо ще опишем основния модел на разпределените процеси, които полагат основите на концепциите в Dicom стандарта. В две последователни части ще опишем обмяната на информация по мрежата и цифров носител. Накрая ще направим преглед на отделните части на Dicom стандарта.

2.3.1. Разпределени процеси.

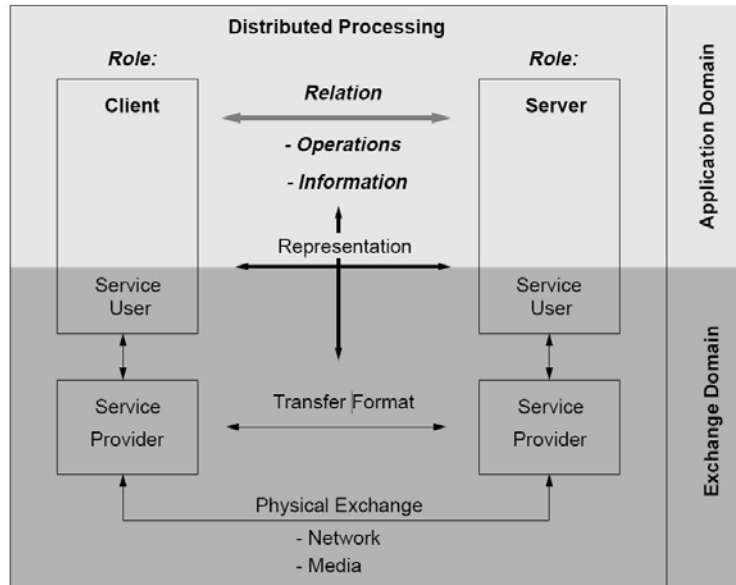
Моделът на разпределените процеси обяснява механизма и терминологията използвана в Dicom стандарта. Разпределеният процес има поне два процеса, който делят информация, всеки извършващ собствена обработка, но разчиташ на функционалността на другия(фигура 4). Няколко на брой разпределени процеси действащи заедно дават услуга. За пример медицинската апаратура, архива и работната станция съответно предлагат услуги за придобиване, съхранение и разглеждане на изображения.

⁷ Тази точка е написана с използването на материали от [1] от секцията с използвана литература.



фигура 4 - Разпределени процеси

При повечето разпределени процеси, процесите на приложението са строго разделени от процесите за комуникация. Дефинират се две страни: клиент и сървър. Страната, която използва функционалността на другата е клиента. Двете страни обменят *информация* като се взема в предвид семантиката ѝ, а не нейното представяне. Въвеждат се *операции*, които дефинират как да се обменя информацията. До тук нищо не зависи от самия обмен да информацията(бит или байтове). И клиента и сървъра трябва да могат да дават заявки към услуги на по-ниско ниво. Услугите от по-ниско ниво са скрити от приложенията и служат за самата обмяна. Най-долното ниво в йерархията е физическата обмяна, която може да бъде по мрежа или носител. Получава се разделяне на две области: област на приложението и област на обмяната(фигура 5).

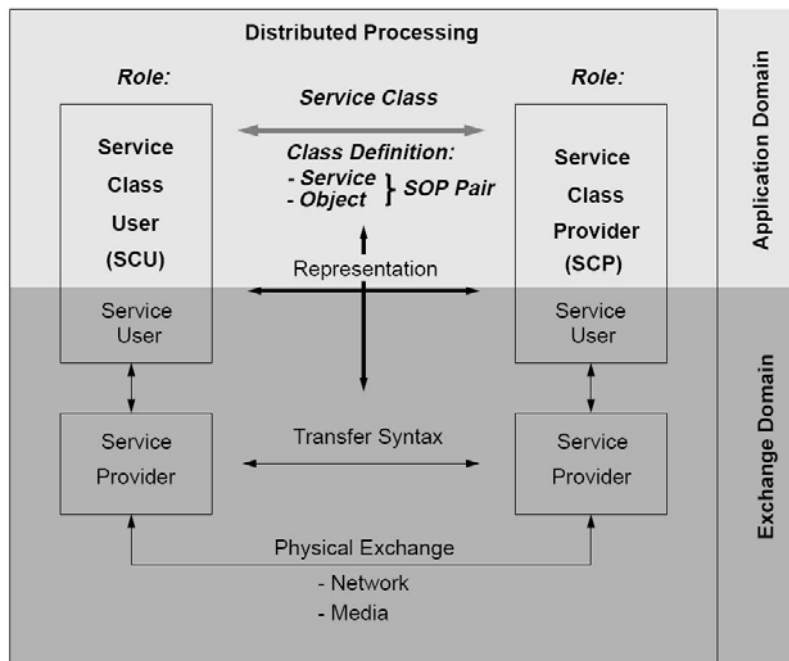


фигура 5 - Модел на разпределени процеси.

2.3.2. Dicom концепции за разпределени процеси

Dicom е стандарт, който частично покрива дискусията в предната секция. При Dicom двете страни се наричат: Service Class User или SCU(клиент) и Service Class Provider или SCP (сървър)⁸.

⁸ Термините SCU(Service Class User) и SCP(Service Class Provider) както и други наименования, които ще бъдат изложени, не са преведени на български заради важното им значение и всеки превод би объркал терминологията.

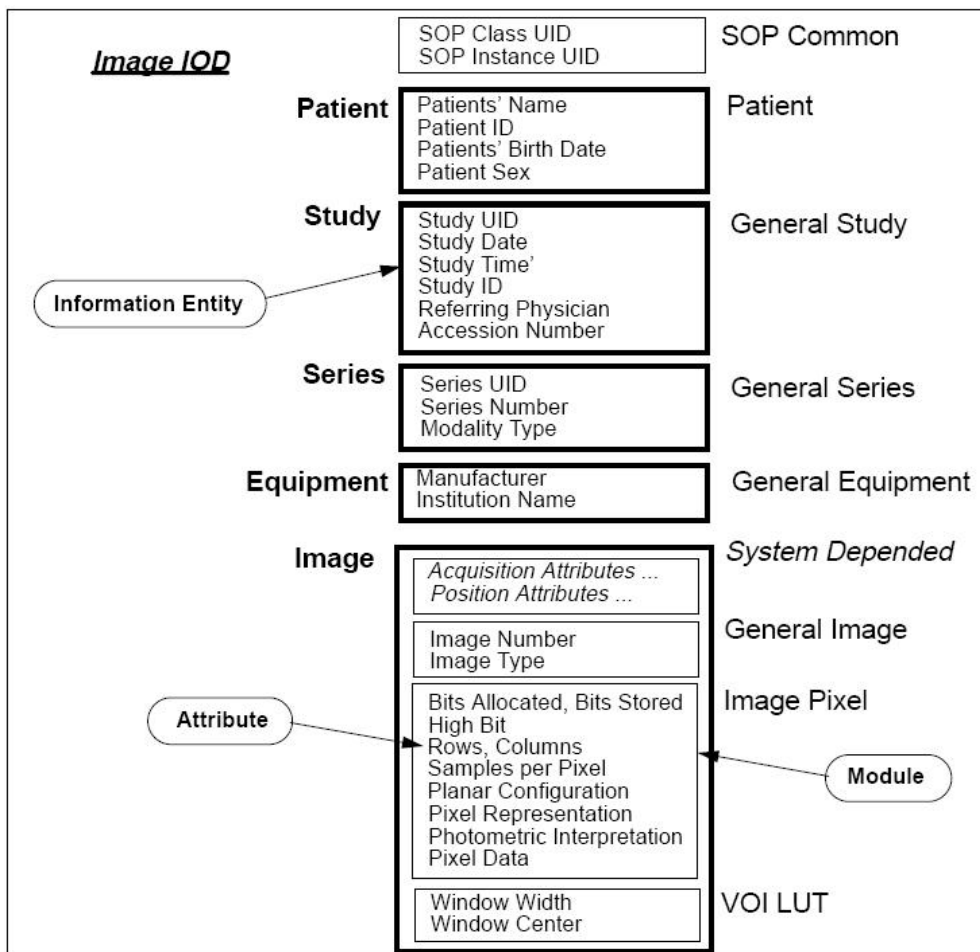


фигура 6 - Dicom Service Classes

Връзката между двете страни чрез *Service Class*. *Service Class* пълно описва ролята, която играят двете страни. Част от *Service Class* е описанието на информацията и операциите, които могат да правят всяка от страните. В Dicom те са комбинирани чрез една дефиниция на клас, която се нарича *Service Object Pair* клас или *SOP* клас. С *Information Object Definition* или *IOD* се описва всеки един обект в Dicom формата. И така със всяка дефиниция на *SOP* клас един *IOD* е комбиниран с една или няколко услуги.

а. Information Object Definitions(IOD)

Информационната част на *SOP* класа е дефинирана чрез множество от *IOD*. Един *IOD* е колекция от свързани части от информация, групирани в *информационни единици*. Всяка от тези единици съдържа информация за един обект от реалния свят (пациент, изображение, изследване и др.). Информационните единици се състоят от атрибути, които описват част от тях, примерно (име на пациента, години на пациента, пол на пациента). Атрибутите, които имат връзка са групирани в *information object modules* или *IOMs*. *IOMs* са дефинирани по такъв начин за да могат да бъдат използвани в повече от един *IOD*. Ползата им е че в тях са групирани атрибути, които са семантично свързани. На фигура 7 е показан *IOD* на изображение.



фигура 7 - IOD на изображение

б. Атрибути.

Атрибутите са най-основната информационна единица. В Dicom стандарта за всеки един атрибут са дефинирани следните признаци:

- уникално име на атрибута
- уникален таг на атрибута
- описание на атрибута
- value representation
- множество стойности (value multiplicity)
- тип на класа: 1, 1C, 2, 2C или 3

Типа на класа определя използване на атрибута относно SOP класа и SCU или SCP.

c. SOP инстанции.

Тази дефиниция участва когато се използват разпределени процеси. След споразумението, кои SOP класове се поддържат и как ролята на SCU и SCP са разпределени, инстанция на SOP клас се обменя между противоположните страни. След като информацията е събрана тя бива кодирана, използвайки таг и VR и се създава *множеството от данни*, в което всеки атрибут е кодиран *елемент от данни*.

d. Идентификация.

Като част от създаването на SOP инстанцията е генерирането на идентификация като атрибут на SOP инстанцията. Идентификацията е направена за информационните системи, а не за четене от хората и тя има два аспекта: идентификация на клас и идентификация на инстанция.

Идентификацията е използвана от множеството производители на медицинска апаратура в света. Всеки апарат за да има уникален идентификатор се използва следния механизъм за създаване на низ наречен Unique Identifier или UID:

<корен>.<суфикс >

Корен частта се дава от органите, които се занимават със стандарта, и гарантира, че никой друг няма да използва този корен. Суфикса трябва да бъде образуван динамично от система при създаването на инстанция.

e. Value Representation

За всеки атрибут е дефиниран Value Representation(VR). Чрез VR се обяснява как всеки атрибут е кодиран в елемент от данни. Знанията за VR трябва да бъдат известни по време на кодиращия и декодиращия процес за всеки атрибут.

Два са начините за поделянето на информацията за VR между контактуващите страни: чрез речник, който съдържа всички възможни атрибути за обмен или чрез включване на VR в елемента с данни. По- често се използва втория начин.

f. Transfer syntax.

Преди множеството от данни на SOP инстанцията да може да бъде пратено на другата страна на комуникацията, то трябва да се знае начина на кодиране на

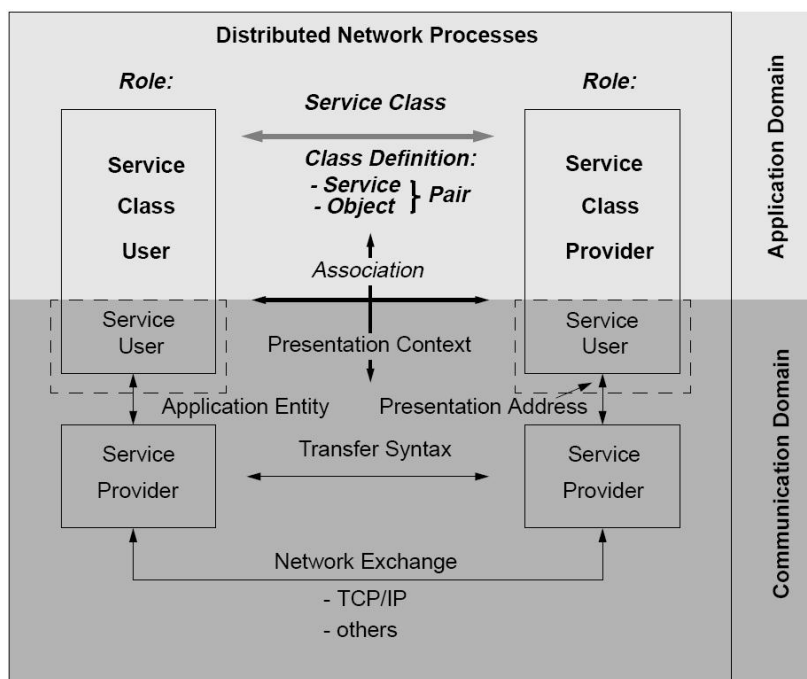
множеството от данни в поток от байтове. Начина на кодиране е посочен в Transfer syntax.

Transfer syntax дефинира три неща:

- как е посочена VR (виж Value Representation)
- подредането на байтовете – little endian или big endian.
- И когато има компресиране: кой формат за компресиране се използва

2.3.3. Мрежови концепции при Dicom.

В секция 2.3.1 обяснихме, че при разпределените процеси има две области: област на приложението и област обмяната. В предната секция 2.3.2 обяснихме за Dicom концепциите, които се намираха само в областта на приложението. Когато мрежата е използвана за обмен на информацията при Dicom, областта за обмяна се нуждае от функции за комуникация или по-точно област на комуникация.



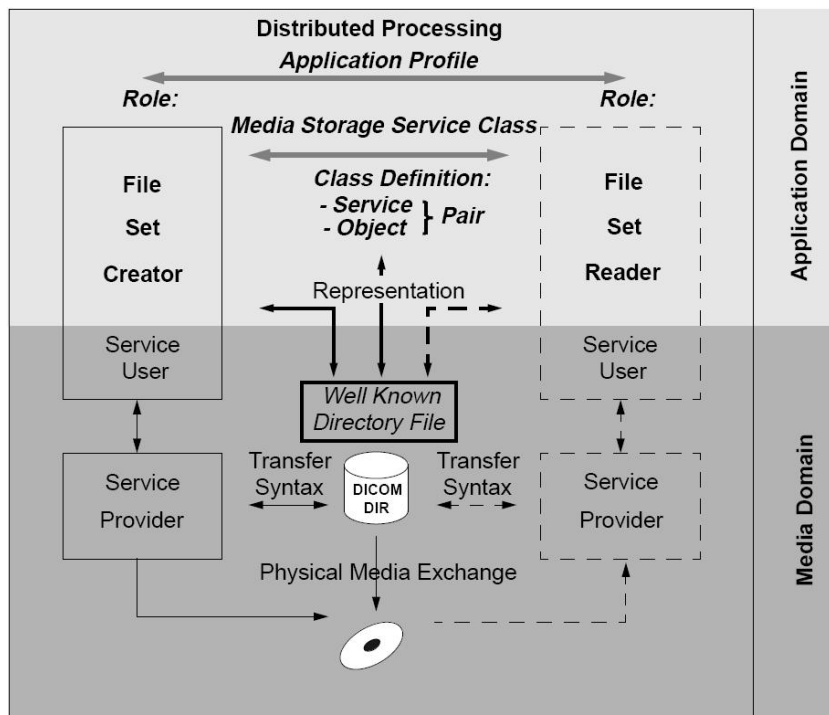
фигура 8 - Dicom с обмяна по мрежата

Важна черта при мрежовите разпределени приложения е как те контактуват едно с друго. Необходимо е да се направят някои неща преди да се направи обмен на SOP инстанциите. При Dicom, мрежовите участници се разпознават чрез *Обект на*

приложението. Всеки обект на приложението има име, което се използва при настройване на комуникацията. Те представляват символични имена на процесите, които са замесени в комуникациите. В една реална мрежа се използват мрежови адреси. Така стигаме до *представителните адреси* в Dicom протокола. Формата на представителните адреси зависи от мрежовия протокол, който е използван. Мрежовата комуникация при Dicom най-често е реализирана върху TCP/IP протоколния стек. В този случай представителния адрес представлява номер на TCP порта и IP адреса или име на хоста. Тази комбинация от порт и адрес се нарича TCP socket адрес. Една TCP връзка е дефинирана чрез комбинация от локален socket адрес и отдалечен socket адрес. Управлението на връзката се осъществява от *socket interface*, който се грижи за настройката на връзката, пращане и приемането на потоците от байтове и т.н.

2.3.4. Dicom концепции за съхранение върху носител.

Базираният на разпределените процеси Dicom може да използва съхранение върху носител като начина на работа на процесите е различен от начина при мрежовите разпределени процеси. На първо място можем да кажем, че тука няма директна връзка както при мрежите, а данните се съхраняват и в някой друг момент могат да се използват от друг процес. И второ, няма контрол върху възможностите, които могат двете страни както това беше дефинирано от Service class и споразумението чрез SOP класа по време на свързването при мрежите. Начина по който Dicom дефинира съхранението върху носител е показано на фигура 9.



фигура 9 - Dicom със съхранение на носител

Media Storage Service Class дефинира множество от услуги, които позволяват обмяната чрез носител. Съхранението на носител се използва в следните два случая:

- Изображенията се съхраняват на носител за обмяна между два процеса т.е. съхранение и в някой бъдещ момент да се използват от друг процес
- Изображенията се съхраняват за печатане

При съхранението на носител ролята на процеса е свързана с операции към носителя. Дефинирани са три роли: File-set Creator, File-set Reader и File-set Updater⁹

2.3.5. Dicom файл формат

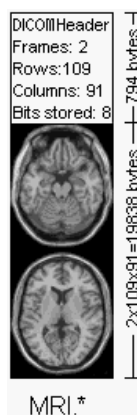
Dicom файловият формат описва как множеството от данни, представено чрез една SOP инстанция, трябва да бъде съхранено в поток от байтове във файл на физически носител. Това описание е дадено в 10 част на Dicom стандарта (виж 2.4) . Един Dicom файл съдържа едновременно header част и данни за изображението. Това е различно от популярния Analyze¹⁰ формат, при който данните за изображението се съхраняват в файл с разширение .img, а header частта в отделен файл с разширение

⁹ Повече за File-set Creator, File-set Reader и File-set Updater може да се прочете в [14] от списъка с използвана литература

¹⁰ Mayo-Analyze е формат за медицински изображения.

.hdr. Header частта съдържа SOP класа, SOP инстанцията и Transfer Syntax identification във вид на UIDs. Както казахме Transfer Syntax identification е важна и показва в какъв начин са представени данните (little endian или big endian) и дали са компресирани. За това се прочита преди да бъде прочетено цялото множество от данни.

Сега ще покажем какво съдържа header частта по-задълбочено. Всеки Dicom файл започва с 128 байта, които в повечето случаи са нули, последвани с буквите 'D','I','C','M'. Следва останалата част от данните, които са групирани в групи от елементи. Тези групи са всъщност информационни единици на IOD, а елементите са атрибутите(виж Атрибути.). Всеки елемент се идентифицира с две числа – номер на група:номер на елемент. Примерно 0002:0001 е Transfer Syntax UID, който влиза в групата с номер 0002 – групата на файловете мета елементи (Meta file elements group). На фигура 10 е показан един примерен Dicom файл



```

First 128 bytes: unused by DICOM format
Followed by the characters 'D','I','C','M'
This preamble is followed by extra information e.g.:

0002,0000,File Meta Elements Group Len: 132
0002,0001,File Meta Info Version: 256
0002,0010,Transfer Syntax UID: 1.2.840.10008.1.2.1.
0008,0000,Identifying Group Length: 152
0008,0060,Modality: MR
0008,0070,Manufacturer: MRIcro
0018,0000,Acquisition Group Length: 28
0018,0050,Slice Thickness: 2.00
0018,1020,Software Version: 46\64\37
0028,0000,Image Presentation Group Length: 148
0028,0002,Samples Per Pixel: 1
0028,0004,Photometric Interpretation: MONOCHROME2.
0028,0008,Number of Frames: 2
0028,0010,Rows: 109
0028,0011,Columns: 91
0028,0030,Pixel Spacing: 2.00\2.00
0028,0100,Bits Allocated: 8
0028,0101,Bits Stored: 8
0028,0102,High Bit: 7
0028,0103,Pixel Representation: 0
0028,1052,Rescale Intercept: 0.00
0028,1053,Rescale Slope: 0.00392157
7FE0,0000,Pixel Data Group Length: 19850
7FE0,0010,Pixel Data: 19838

```

фигура 10 - Примерен Dicom файл

Трябва да направим уточнението, че Dicom елементите зависят от самото изображение, което описват или по-точно с каква апаратура е правено дали с ултразвук, магнитен резонанс и т.н. На фигура 10 се вижда, че изображението е правено с магнитен резонанс, от елемента с номер 0008:0060.

При версия 1.0 и 2.0 на Dicom стандарта голяма част от елементите са същите. Основната разлика е, че файловете не започват с началото от 128 байта следвани с „DICM”.

Да се върнем на елемента Transfer Syntax Unique Identification с номер 0002:0010. В таблица 1 са дадени няколко примера. Вижда ме, че примерното изображение на фигура 8 използва некомпресирани данни, като VR се съдържа в самия файл и се използва представяне чрез Little endian. Обяснени са в част 5 на стандарта.(виж 2.4)

таблица 1 - Примерни Transfer Syntax UID

Transfer Syntax UID	Дефиниция
1.2.840.10008.1.2	Не компресирани данни, VR се съдържат в файла, Little endian
1.2.840.10008.1.2.x	Не компресирани данни, VR се съдържат в файла, x = 1: Little Endian x = 2: Big Endian
1.2.840.10008.1.2.4.xx	JPEG компресия, xx = 50-64: със загуби JPEG xx = 65-70: без загуби JPEG

Групата с номер 0028 съдържа елементи, които описват самото изображение. Елемент 0028:0002 – Samples per Pixel – на един пиксел от изображението колко стойности съответстват. При черно-белите изображения приема стойност 1, а при цветните - 3. Елементи 0028:0010 и 0028:0011 са съответно от колко редици и колони пиксели се състои изображението. А данните на самото изображение се намират в елемента 7FE0:0010. Всичките групи и елементи са дефинирани и обяснение в глава 3 на стандарта. (виж 2.4).

2.3.6. Dicom формат на директорни файлове.

Dicom стандарта поддържа записването на данни за множество други Dicom файлове в един единствен файл. Той се нарича Dicom директорен файл и съдържа записи, които описват информация за пациента, информация за направения преглед и Dicom файловете, които са резултат от този преглед. Като за самите файлове не се записва цялото им съдържание в директорния файл, а само името и местоположението на носителя. Записите са йерархично подредени (един пациент има няколко прегледа, които имат няколко серии, а те има определен брой изображения направени – разгледано подробно в 2.5.1)

2.4. Описание на документацията за Dicom стандарта.

За разлика от ARC-NEMA версия 1.0 и версия 2.0, Dicom версия 3.0 е разделен изцяло на части. Направено е така за да може по-лесно да се разширява (примерно добавянето на нови дефиниции на обекти IOD) без да се налага да се публикува на ново целия стандарт. Разширяването на вече публикувани части става чрез добавянето на нови анекси. Текущата версия на стандарта съдържа 18 части и може да се свали от сайта на NEMA[ИС - 1]. Частите са:

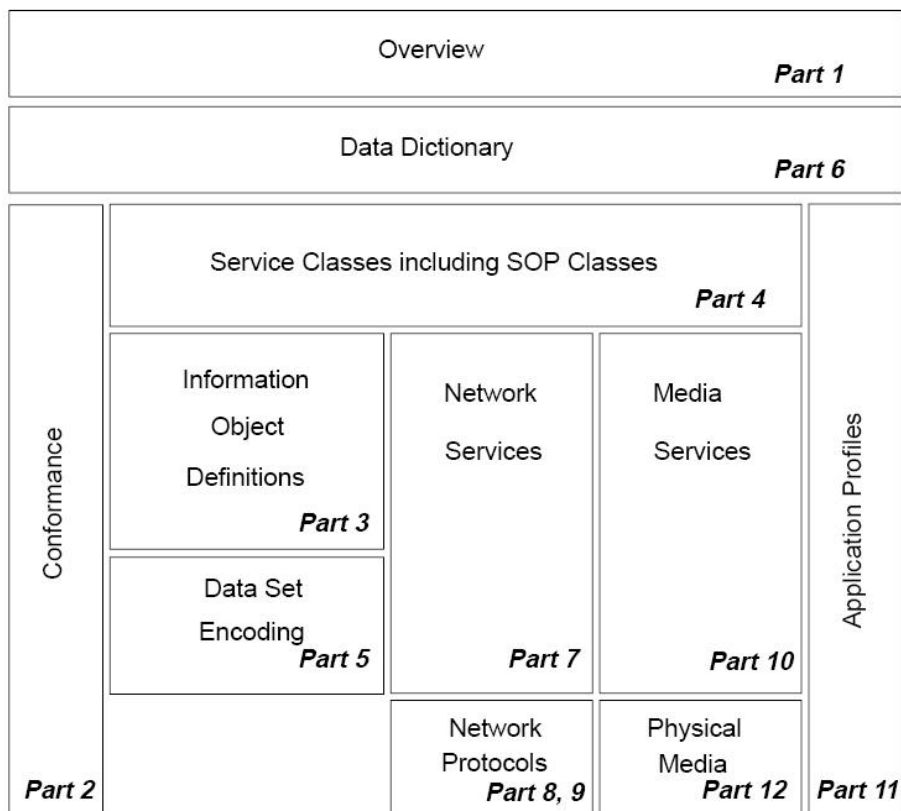
PS 3.1: Introduction and Overview

PS 3.2: Conformance

PS 3.3: Information Object Definitions

- PS 3.4: Service Class Specifications
- PS 3.5: Data Structure and Encoding
- PS 3.6: Data Dictionary
- PS 3.7: Message Exchange
- PS 3.8: Network Communication Support for Message Exchange
- PS 3.9: Retired
- PS 3.10: Media Storage and File Format for Data Interchange
- PS 3.11: Media Storage Application Profiles
- PS 3.12: Storage Functions and Media Formats for Data Interchange
- PS 3.13: Retired
- PS 3.14: Grayscale Standard Display Function
- PS 3.15: Security and System Management Profiles
- PS 3.16: Content Mapping Resource
- PS 3.17: Explanatory Information
- PS 3.18: Web Access to DICOM Persistent Objects (WADO)

Връзките между отделните части не са видимо забележими. Затова на фигура 11 е показана връзката между първите 12 части.



фигура 11- Връзките между частите на Dicom стандарта

Ще дадем описание на по-важните части:

Част 1. Въвежда в стандарта и прави общ преглед на Dicom стандарта и връзките му с други информационни системи. Описват се много използвани понятия в стандарта и сбит преглед на другите части.

Част 2. Включва дефиниция на изискванията към Dicom стандарта и какво представляват тези изисквания.

Част 3. В тази част се обясняват как информационните обект IOD са дефинирани. Показва се, че много от дефинираните информационни обекти съдържат групи със атрибути от един и същ вид, които са групирани и се използват в повече от един обект. Самите дефиниции на информационни обекти са разположени в допълнения към частта, с цел лесното добавяне на нови обекти без пренаписване на цялата част.

Част 4. Тази част съдържа спецификацията на Service class. Както казахме Service class представлява множество от операции, които могат да се извършват върху IODs. В тази част също са дефинирани ролите на SCU и SCP и тяхното държане в Service class.

По този начин се показва на разработчиците и потребителите, какво се очаква да поддържа апаратурата за конкретната Service class.

Част 5. Когато приложната област на Dicom събере множеството от данни(от информационните обекти и видовете операции), тогава това множество трябва да се кодира във форма на съобщения за комуникация. Този кодиращ процес е описан в част 5. Основната функция на тази част е да покаже на какъв „език си говорят„ устройствата.

Част 6. Тази част представлява пълен списък на елементите (атрибутите). Всеки елемент е описан чрез своя таг(номер на група:номер на елемент), име, VR(текст, число с плаваща запетая и др.), дали съдържа една или повече стойности. За да има съвместимост с версия 1.0 и 2.0 на стандарта, някои от елементите на са предефинирани. Тези елементи, които вече не се използват са отбелязани като *retire*.

Част 7. Механизма на комуникация е описан чрез протокола на обмен на съобщенията, който се описан в тази част.

Част 8. Дефинира се мрежовата поддръжка за обмен на съобщенията.

Част 9. Първата версия на стандарта е въведен интерфейс за паралелен обмен на данни, който свързва от точка до точка. Все още има приложения, които са свързани към стара апаратура, която използва този интерфейс. Той е описан в тази част.

Част 10. В тази част е обяснен файловия формат на Dicom за записване на медиен носител. Една от най-четените части на стандарта.

2.5. От реалния свят към света на Dicom.

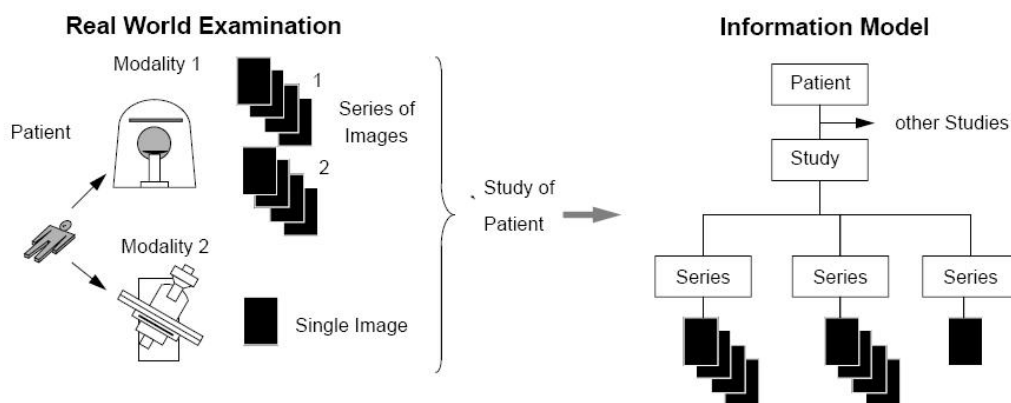
Досега в глава 2, бяха обяснение основните концепции в Dicom без да е казано как изображението е взето и сложено в SOP инстанциите. В тази точка ще обясним повече как е моделирана информацията от реалния свят в света на Dicom.

2.5.1. Информационен модел на изображенията.

Всяка информация, която трябва да се представи цифрово, изисква модел, по който да бъде структурирана. Информационният модел на медицинските изображения

идва от начина, по който те са получавани в област на медицинската рентгенология. Изображенията се вземат от различни медицински апаратури и се слагат в папката с изследванията на даден пациент. Те се нареждат в папката по тип на изследването (серии от изображения, които имат връзка).

Discom информационният модел на изображенията е базиран на това, че един пациент може да бъде изследван на няколко различни устройства. (фигура 12)



фигура 12 - Съпоставяне на реалния свят с информационния модел

Четири нива на модела са Пациент(Patient), Изследване(Study), Серия(Series), Изображения(Image).

a. Ниво на пациента (Patient Level).

Нивото на пациента съдържа самоличността и демографска информация на човека, на който принадлежи изследването. Това ниво е на най-горното, защото всеки пациент може да има повече от едно изследване. По този начин всичката информация за даден пациент може да бъде събрана на едно място.

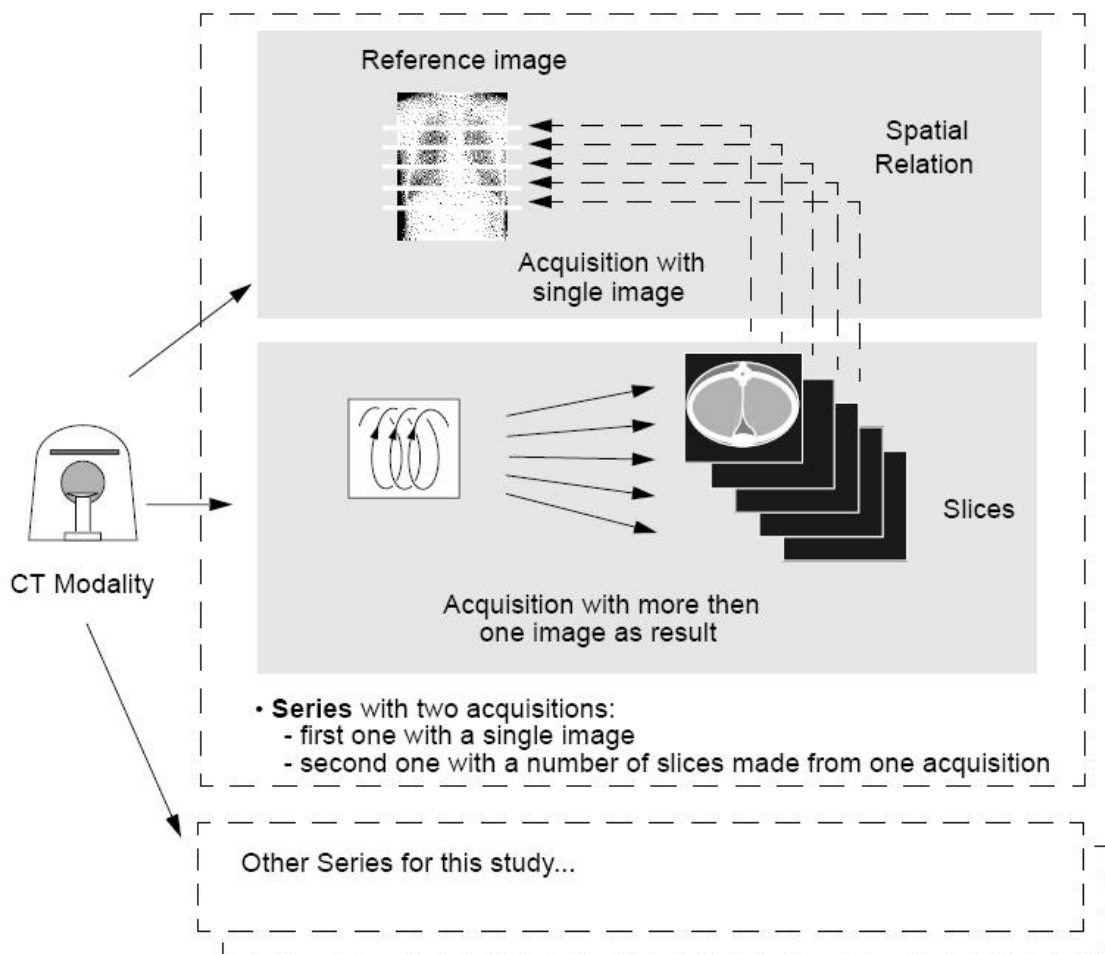
b. Ниво на изследването (Study Level).

Най-важното ниво в информационния модел е нивото на изследването. Всички дейности в областта на рентгенологията са съсредоточени в правилното вземане на изследване. Дадена заявка за изследване може да включва процедури на различни апаратури и като резултат се получават серии от изображения от всяко устройство. Всеки пациент може да има няколко изследвания(study) от предишни заявки.

с. Ниво на сериите.

Както казахме всяко изследване може да има една или повече серии. Всяка серия е свързана с тип на точно едно медицинско устройство, с което са направени изображенията. Трябва да включва също датата и времето, когато е направена серията, тип на изследването и какво оборудване не използвано.

Сериите са винаги колекция от сродни изображения, които са направени точно от едно медицинско устройство. В повечето случаи изображенията в една серия имат пространствена връзка. Някои от медицинските устройства за определен период от време правят поредица от снимки. Примерно чрез системите за компютърна томография (СТ) се придобиват последователност от изображения, които за определен период от време отразяват различни последователни състояния на изследвания обект(фигура 13). Така тези снимки от едно сканиране се групират в една серия.



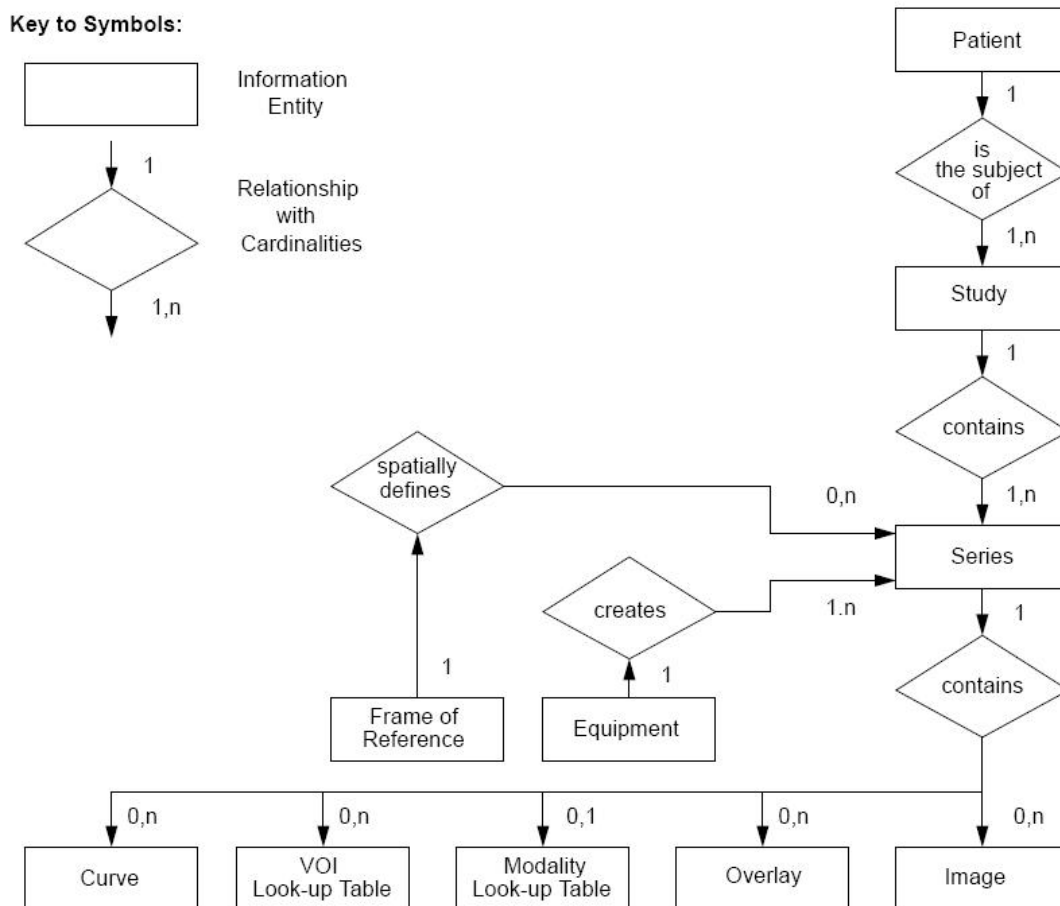
фигура 13 - Пример за серия от КТ система

d. Ниво на изображенията.

Най-ниското ниво в информационния модел е нивото на изображенията. Всяко изображение съдържа информация за придобиването и позицията наред със самите данни на изображението. В зависимост от типа на медицинския апарата, с който е направено изображението, то може да бъде единично или с много фреймове(съдържат се данни за няколко на брой изображения).

2.5.2. SOP инстанция на изображението в Dicom.

Информационният модел на фигура 12 е опростена фигура на пълния Dicom информационен модел за изображенията(фигура 14)



фигура 14 - Dicom информационен модел за изображенията

Всяка SOP инстанция на изображенията съдържа информационна структура според този модел. Тя представлява SOP инстанция, която съдържа цялото

информационно дърво от информационния модел. Всички изображения, които са от дадена серия, съдържат едни и същи обекти за пациент, изследване и серия.

2.5.3. Идентификация.

Ако изображенията трябва да бъдат съхранявани на медиен носител, който ги подрежда според съдържанието на информационните единици, трябва да има единен начин за идентификация на информационните единици от всички системи (медицинските уреди, съхраняващите системи, работните станции и др.), които работят с медицинската информация.

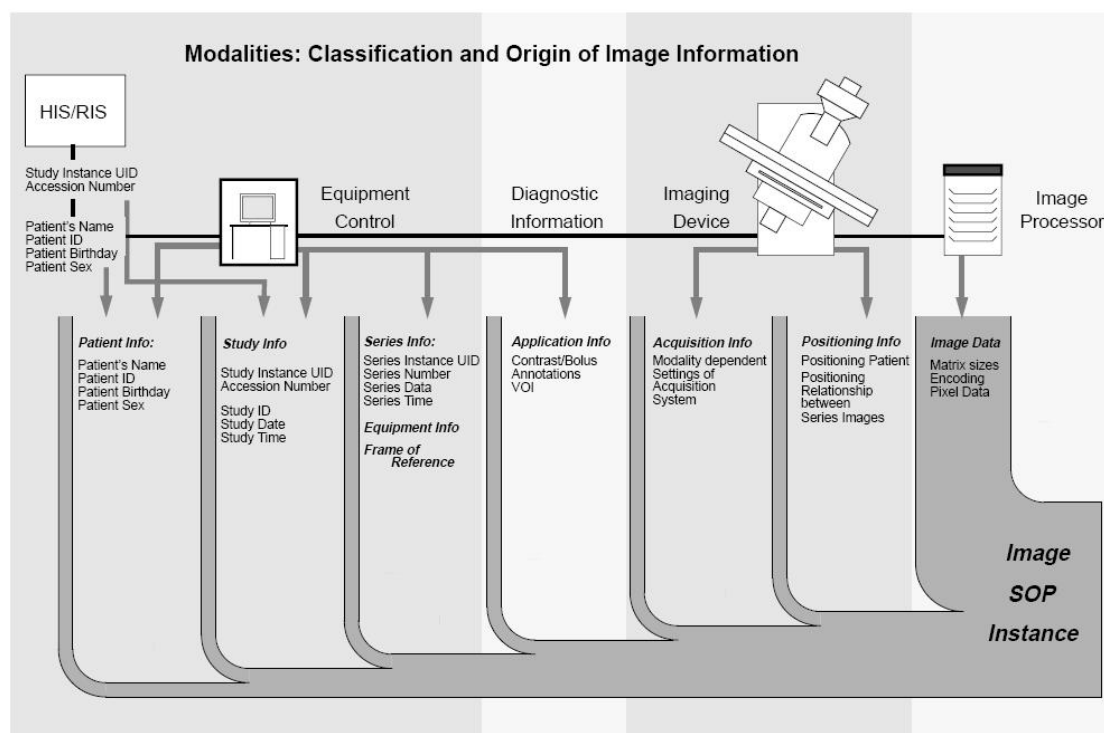
Обхвата на идентификацията е по-широк от колкото простото нареждане на изображенията. Идентификацията е също използвана за достъп до данните от други информационни системи. Информационните системи най-често използват ключ, който не е нужно да може да се интерпретира от човека, но трябва да бъде уникален в среда, в която се използва.

В секция Идентификация. в глава 2.3.2 казахме как в механизмите на Dicom е дефиниран UID, които се използват за идентификация. Всяка информационна единица има свое UID, с изключение на информационната единица за Пациент(Patient). Начина, по който се идентифицира пациента, е извън обсега на Dicom. За идентификацията на пациента се използва Patient ID, който се записва като отделен атрибут в групата с атрибути за пациента.

Заявката за изследване, която се дава от лекаря, заема централно място в областта на медицинската рентгенология и затова тя трябва да бъде отразена във всички части на информацията, които са свързани с изследването. За Dicom информацията свързана с изследването се намира на нивото на изследване(Study level). В повечето случаи атрибута *Study Instance UID* идентифицира информационната единица за изследването. Той трябва да бъде уникален и заради това налага да има връзка между всичките устройства, които замесени в процеса на изследването. В същото време този ключ трябва да бъде поддържан и то други системи, не само тези, които са извличане на медицинските изображения. Системите, които генерират ключовете за изследванията, играят важна роля в разпределянето им към другите системи, които участват в процеса. Най-често това е правено от информационните системи на рентгенологията (Radiology Information System - RIS) или информационните системи на болниците(Hospital Information System - HIS).

2.5.4. Класификация на данните.

Както казахме информационният модел дефинира йерархичен модел на информационни единици за да е ясно как информацията в различните SOP инстанции може да бъде групирана на различните нива. В тази точка информацията в SOP инстанцията е класифицирана според функцията, която има. Разбира се има твърда връзка модела и процеса на създаване на изображенията. Сега ще обясним от гледна точка на производителя на данни на изображение. На фигура 15 е показана класификацията и връзката със системната апаратура. Различните класове информация се създават в различни моменти от времето на изследването. Всяка подсистема добавя информационни атрибути към финалния резултат: SOP инстанцията на изображението.



фигура 15 - Класификация на информацията в изображението

а. Информация за пациента

Този клас съдържа информация за пациента, който е подложен на изследване. Тази информация е налична от отдела за медицинска рентгенология и се съдържа в различни източници като информационни системи или заявка за изследване написана на хартия. Само трябва да бъде написана под формата на атрибути като Име на

пациента, ID на пациента, Рождена дата на пациента и т.н. Информацията в този клас е постоянна с изключение на корекцията на правописни грешки или примерно промяна на името в случай на женитба.

Един или повече атрибути (като ID на пациента) са ключове към информацията за пациента от другите системи. Другите атрибути идентифицират пациента като човек и дават повече детайли за неговото състояние. Тези атрибути са много важни за целия процес на идентификация и свързване с другата информация за изображението.

б. Информация за изследването.

Класа на информацията за изследването има различни източници. Информацията може да бъде вземана от RIS, а също така се взема част от нея и от устройствата, на които се правят изследванията. От RIS се вземат данните за изследванията, които се правят апаратури свързани към различни системи, а от самите медицински уреди се вземат данните примерни за положението на пациента по време на изследването.

Информацията, която идва от другите системи включва идентификация на изследването. Както казахме вече в повечето случаи идентификацията се прави чрез Study Instance UID. В случая когато нямаме наличен Study Instance UID, медицинското устройство трябва да го генерира уникален за изследването. Когато се копират изображенията на изследването от локален медиен носител на отдалечено място е много важно да се използва един и същ Study Instance UID.

Друга важна информация, която се съдържа са имената на медицинския физик, който е поръчал или ще разглежда получените изображения. Също се съдържа дата и част на изследването.

с. Информация за сериите.

Класа на информацията за сериите е първия, който изцяло е генериран от медицинския апарат (КТ, ЯМР). Тука е поместена информацията за типа на устройството, неговото местоположение и идентификацията му. Самата идентификация на сериите става чрез Series Instance UID, които е последователен за сериите в едно изследване.

Тука се включва информация, която по детайлно описва начина, по който серията е направена, хората, които са замесени, части на тялото, които са изследвани и т.н.

Съдържа част за информация, която описва апаратурата използвана за серията. Включва информация за местоположението, типа, идентификацията на серията, калибриране и т.н. Тази информация може да бъде споделена между серии, които принадлежат на едно и също изследване и са направени на един и същ медицински апарат.

Друга важна информация е *Frame of Reference*, която се използва за групирането на изображения, които имат пространствено-времева връзка. По този начин сериите могат да се делят на части. Постига се чрез *Frame Instance UID*, който се поделя между изображенията, които са замесени.

d. Информация за приложението.

Атрибутите в този клас дават информация за изображението, които са нужни при диагностиката и се използват и от други приложения. Те биват текст написан като коментар, информация за контраста, терапията и устройствата използвани по време на лечението.

Важна част от информацията в този клас е *Value of interest (VOI)*, която в повечето случаи се нарича *window width* и *window center*. VOI представлява селекция на стойности на пиксели от пълния набор пиксели на изображението, които са клинично важни при показването или отпечатването на изображението. Упоменатият обхват пиксели се превръща в съответните им стойности в сивата гама, а останалите пиксели се представят с бели или черни стойности.

Информацията, с помощта на която може да се нарисуват линии или да се добави текст при показване на изображенията се наричат *overlay* равнини. Тази информация е на отделно място от данните за изображението за да може то да бъде показано без или с *overlay* информацията.

e. Информация за придобиването.

С този клас информация се дават настройките на устройството, с което се добива изображението. Размера на информацията зависи от типа на устройството и може да варира от няколко атрибута за по-простите системи до сложни структури както при Магнитния резонанс и *Angio*¹¹ системите.

¹¹ *AngioSystems* – американска корпорация, която включва 500 компании специализирани в изработката на медицински уреди и приложения

Изображенията, които са резултат на едно и също придобиване от дадена медицинска апаратура, могат да бъдат идентифицирани със *число на придобивка (acquisition number)*. Това число няма връзка с Dicom информационния модел и не е еквивалент на UID идентификацията.

f. Информация за позицията.

Това е важен клас, който дава информация за позицията на снимката спрямо пациента. В зависимост от типа на медицинското устройство, начина, по който матрицата на изображението е разположено, е описан чрез прости термини като преден(anterior), заден(posterior), десен(right), предна част (head) и т.н. Тази информация трябва да се вземе под внимание при правилното представянето на данните на изображението.

При сериите, при които има пространствена връзка(от КТ, ЯМР), се дава информация за позицията на изображенията в тримерното пространство спрямо тялото на пациента.

Друга употреба на тази информация се използва при изследвания свързани с кръвоносните системи. Пуска се специална контрастна течност по вените и със серия от снимки се следи движението и.

g. Информация за данните на изображението.

Накрая данните на изображението се добиват от медицинската апаратура и се преработват за представяне на изображенията в цифров формат. Този клас информация описва детайлно начина, по който пикселите на изображението трябва да бъдат интерпретирани – размер на матрицата от пиксели, стойностите на всеки пиксел и как са кодирани. Когато устройствата могат да представят цветни изображения, трябва да се дава информация за различните цветни повърхнини.

2.5.5. Типове изображения

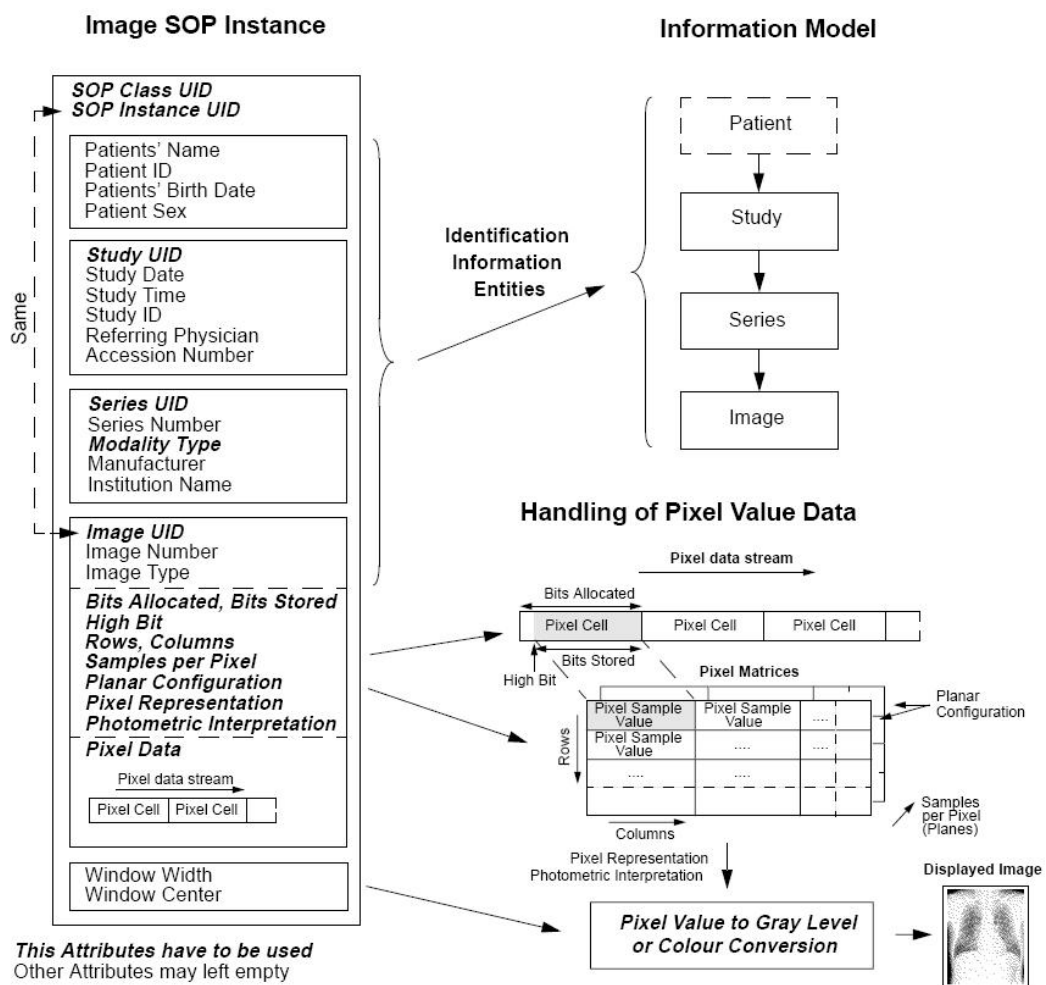
Dicom дефинира множество от типове SOP class за изображенията, в зависимост от устройството, на което са направени. Всеки тип има специфичен IOD, в който се записва специфична информация в зависимост медицинското устройство. И този IOD се добавя към SOP инстанцията на изображението.

Всички SOP инстанции съдържат минимално множество от информация, с чиято помощ приложенията ще могат да работят с изображенията независимо от типа им.

а. Общи тип на изображенията

SOP class инстанцията на изображенията съдържа множество от основни и общи атрибути(виж фигура 16). Минималното множество от атрибути се състои от следните групи от атрибути:

- Идентифициращи атрибути – SOP Class UID, Series Instance UID и Image Instance UID (= SOP Instance UID)



фигура 16 - Основно множество от атрибути на SOP инстанцията на изображенията

- Тип на медицинското устройство (Modality type)
- Описание на матрицата с пиксели – редове, колони, бит на пиксел
- Интерпретация на стойностите на пикселите
- Кодирание на пикселите –

- Данните за стойностите на пикселите

Това минимално множество позволява визуализирането на самото изображение и идентификация му. Атрибутите, които с помощта на които може да се идентифицират SOP инстанцииите от хората са следните:

- Ниво на пациента - име, ID, дата на раждане, пол
- Ниво на изследването – дата, час, име на физика извършвал или поръчал изследването, ID, номер на вписване
- Ниво на сериите – номер, производител на апарата, Име на учреждениято, в което е направена
- Ниво на изображението – тип на изображението, брой изображения
- Настройки за представяне – Window Width, Window Center

в. Специализирани типове за изображения

Общия формат, описан горе е използван във всяка SOP инстанция на изображенията. Но в зависимост от медицинското устройство, общия формат се разширява с информация свързана с добиването на изображението и т.н. Бройката на специализираните типове формати се увеличава с добавянето на нови видове медицински апаратури. В момента следните устройства имат SOP class дефиниция за съхраняване на изображения в Dicom стандарта:

- *IOD за Компютърната радиография(Computed Radiography)* използван при традиционните системи за радиография, работещи с фосфорни плаки. Изображенията, които са получени от тези устройства, не съдържат много информация за добиването и позиционирането. В повечето случаи няма пространствена или времева връзка на изображенията в една серия.
- *IOD за компютърната томография (Computed Tomography)* използвани при КТ скенери. За този тип устройства е важна информацията за позиционирането.
- *IOD за Магнитен резонанс(Magnetic Resonance)* използван при системи с ядрено-магнитен резонанс.

- *IOD за ядрената медицина(Nuclear Medicine)* използвана при камери проследяващи радиоактивни изотопи. Съдържа специален формат на изображението и информация за добиването му. Изображенията се представят в множество фреймове.
- *IOD за ултразвук(Ultrasound)* използвани при ултразвук устройствата. Съдържа се информация описваща позиционирането и добиването на изображението. То може да бъде в цветен формат и може да се представя с множество от фреймове.
- *IOD за X-Ray Агиография(X-Ray Angiographic)* използва се за цифрова кардио и васкуларни системи. Този формат може да бъде улавян, както в изображения с множество фреймове, така и с единични фреймове.
- *IOD за X-Ray Радиофлуороскопия(X-Ray Radiofluoroscopic)*

В част 3 на Dicom стандарта е направен списък с всички налични IOD, IOM и атрибути. Анекс А съдържа списък с IOMs за всички IODs.

2.5.6. Процес на обработка на изображенията.

Процеса на обработка на изображенията описва технологичните стъпки, които трансформират придобитата информация от медицинските устройства(от КТ, ЯМР, Ултразвук и т.н.) до изображение, което се представя на видео дисплей или фото плака. Някои от стъпките зависят от самото устройство, други подобряват представянето. Отличаваме следните обработващи стъпки:

- Стъпки за придобиване – включват превръщането в цифрови данни, корекция, реконструкция. В повечето случаи тези стъпки се правят от придобиващото устройство.
- Междинни стъпки на обработка – подчертаване на представянето и създаване на произлезлите изображения.

- Подготвителни стъпки за представяне – като резултат се получава изображение, което ще бъде показано на екран или ще бъде напечатано.

Част от стъпки се изпълняват на медицинските системи за добиване на изображенията. Други стъпки може да бъдат изпълнени на други системи в разпределената среда. В този случаи се налага трансфер на информацията. Това изисква дефиниция на информацията и протокол между системите. Два вида информация за обмен може да бъде дефинирана:

- Обработени данни на изображения, които се нуждаят само от подходящо превръщане в сивата гама за да се визуализират.
- Данни на изображения, подходящи за бъдещи стъпки за обработка. Те съпътстват с параметри за обработка. Тази група включва *необработени данни(Raw data)*, които не са необходими за представяне без междинни обработващи стъпки.

а. Необработени данни на изображението (Raw data)

При обмяната на изображенията в процеса на обработка, важно място заемат „суровите”, необработени данни за него. Те не могат да се използват за показване на изображението, защото трябва да се направят допълнителни обработки. Върху тези данни се прилагат различни филтри или се комбинират части за да се получи едно по-голямо изображение. За тези обработки в повечето случаи данни на изображението се придружават с допълнителна информация, параметри, позиция и др.

б. Обработени данни на изображението

Ще обсъдим в по-големи детайли обработените данни на изображението, защото взаимодействието производител(медицинско устройство) и потребител(работна станция за разглеждане на изображенията) е базирано на трансфер на информация точно от този тип обработени данни.

Не се изисква никаква друга обработка на тези данни, с изключение на правилно превръщане на данните в сивата гама за да се осигури:

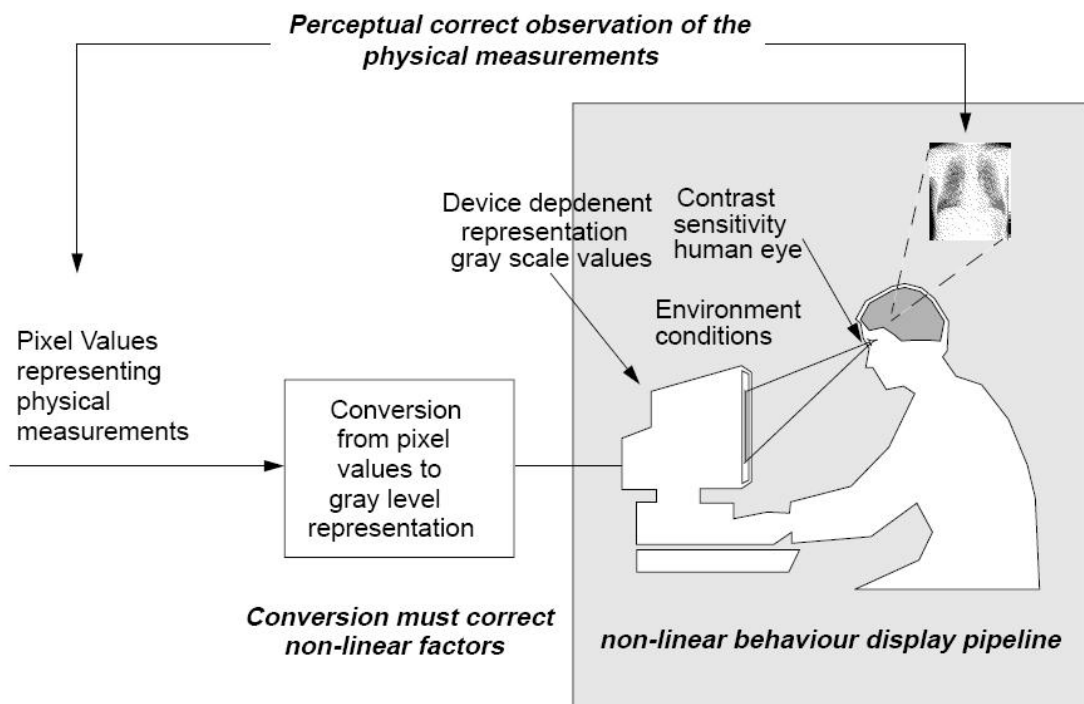
- Правилното показване на придобитите изображение независимо от използваното представящо устройство и

- Клиничните приложения зависят от правилен подбор на информацията за да се направи възможно най-добрата диагноза.

с. Правилно възприемане на изображението

Правилното представяне е важен фактор за предотвратяването на грешното тълкуване на едно изображение, когато то се представя на различни системи с различни технологии и разнообразно обкръжение. Превръщането в сивата гама трябва да се вземе под особено внимание заради нелинейното поведение на екраните и възприемането на човешкото око (виж фигура 17).

Входа на този процес на обработка за представяне изисква предните обработващи стъпки да създават пикселите по такъв начин така че да имат смислени стойности относно един друг. Тези стойности зависят от типа на системата. Примерно при X-Ray системи абсолютните стойности на пикселите не са от значение, а само относителните стойности са използвани за преобразуването в сивата гама. За КТ и ЯМР изображенията стойностите на пикселите са важни за клиничното използване и за това трябва да присъстват заедно.



фигура 17 - Процес на визуализиране на изображението

d. Превръщане и селекция на стойностите на пикселите

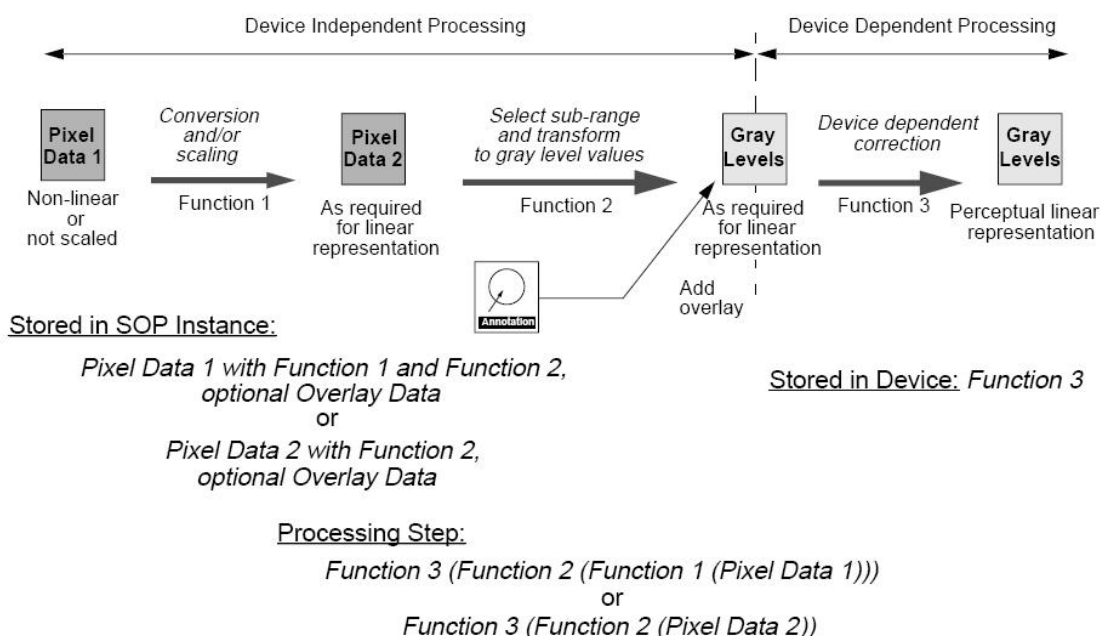
В повечето случаи стойностите на пикселите, които се получават на предните стъпки (придобиване и междина обработка), се използват за допълнителни обработки.

За някои клинични приложения е нужно добитата информация да бъде приспособена към подмножество на пълния набор стойности на пиксели на изображението. Целта е да се представят важните стойности на пикселите с цялата сива гама. Това подмножество се нарича *прозорец (window)* и се определя със стойност на неговия център и размер на прозореца.

Горното преобразуване зависи от типа на системата и приложението на данните на изображението. Някои системи правят тези корекции на изображенията още преди да ги прехвърлят. Други системи пък заедно с данни пренасят и описание на функции, които да се приложат за преобразуването.

e. Стъпки за представяне на изображението

На тези стъпки се преработват стойностите на пикселите в едно изображение на видео екран или фотографски филм. Преглед какво се случва може да се види на фигура 18.



фигура 18 - Стъпки за представяне на изображението

Както се вижда на горната фигура, първите две функции зависят от съдържанието на изображението и трябва да се съхраняват с SOP инстанцията. Последната функция е зависима от устройството. Резултата на първите две функции трябва да бъде в обхвата на сивата гама така че след устройство-зависимата корекция да осигурява визуализирането на различните системи да не се различава. Тези две или три функции трябва да бъдат обединени в една стъпка за да се избегне загубата на качество на изображението.

f. Изисквания за обработените изображения

От предната подточка стигнахме до изискването, че при обмяната на обработени изображения, трябва да съдържат информация, с помощта на която изображенията ще могат да бъдат представяни на различни системи, всяка от които може да прави зависимости за съответната система корекция. Тази информация трябва да бъде комбинирана по такъв начин, че да позволява направата на имплементация за корекция, която да се извършва на една стъпка.

В Dicom това може да стане по два начина:

- с някоя линейна функция ($y = ax + b$)
- и за нелинейни превръщания се използва механизма *look-up table(LUT)*-това представлява таблица със стойности, в която за всеки набор от входни данни се пазят техните изходни стойности.

g. Dicom преработени изображения

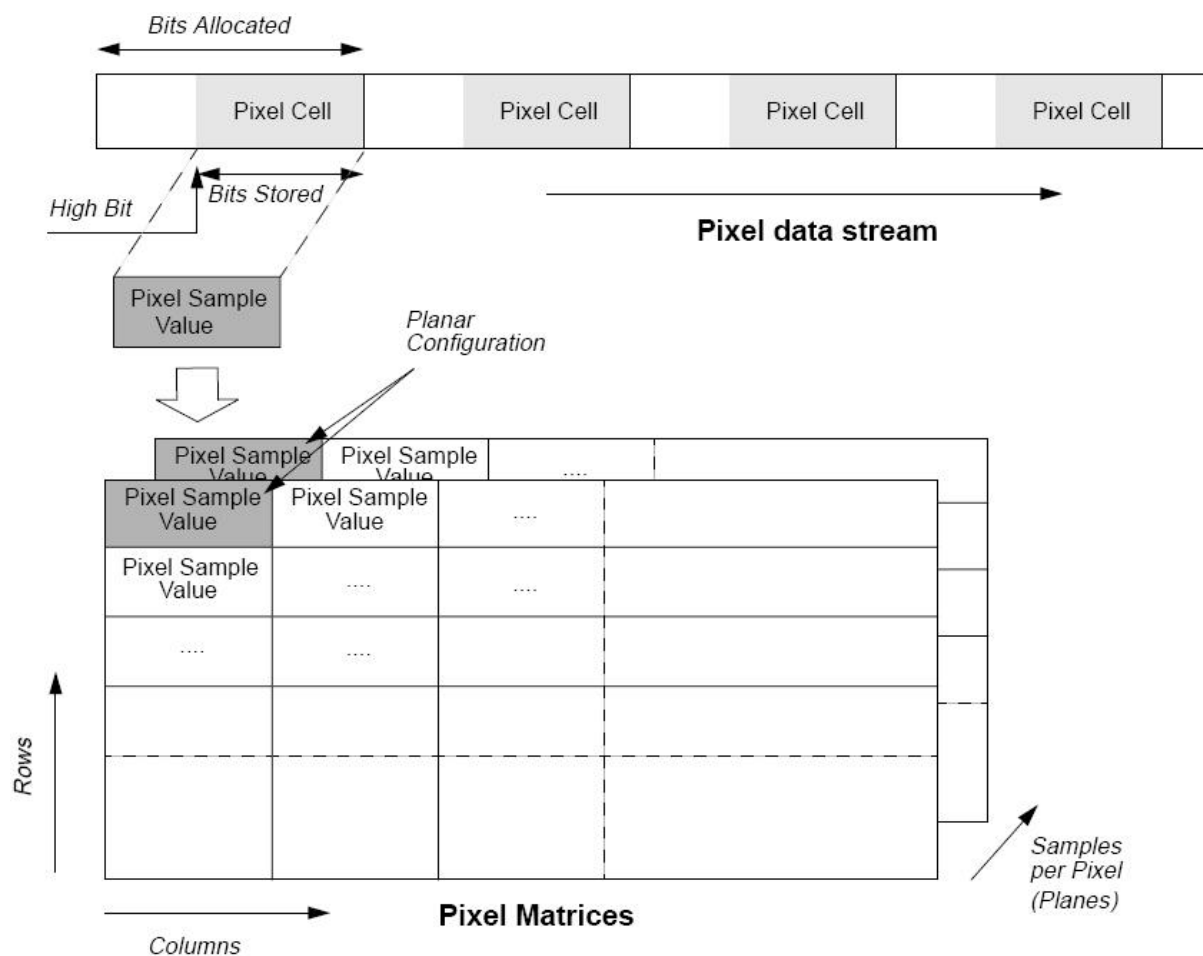
В Dicom протокола са дефинирани няколко на брой модули, които съдържат информация за стъпките на представяне:

- Модул за пикселите на изображението – съдържа пояснение на начина на кодиране на стойностите и формата им в матрицата с пиксели.
- LUT на устройството(modality LUT) – мащабиране и преобразуване ,съответства на функция 1 от фигура 18.
- Стойности на пикселите, които са важни (Value of interest LUT) – избирание на обхвата на пикселите със стойности, които са важни за диагностиката, съответства на функция 2 от фигура 18.

h. Декодираща стъпка

Декодиращият процес на матрицата пиксели от потока със стойности на пиксели използва две групи от атрибути от модула за пиксели на изображението.

- Bit allocated, Bit Stored и High bit за декодиране на стойностите на пикселите от потока
- Редици, колони за да се наредят стойностите в матрица на пикселите

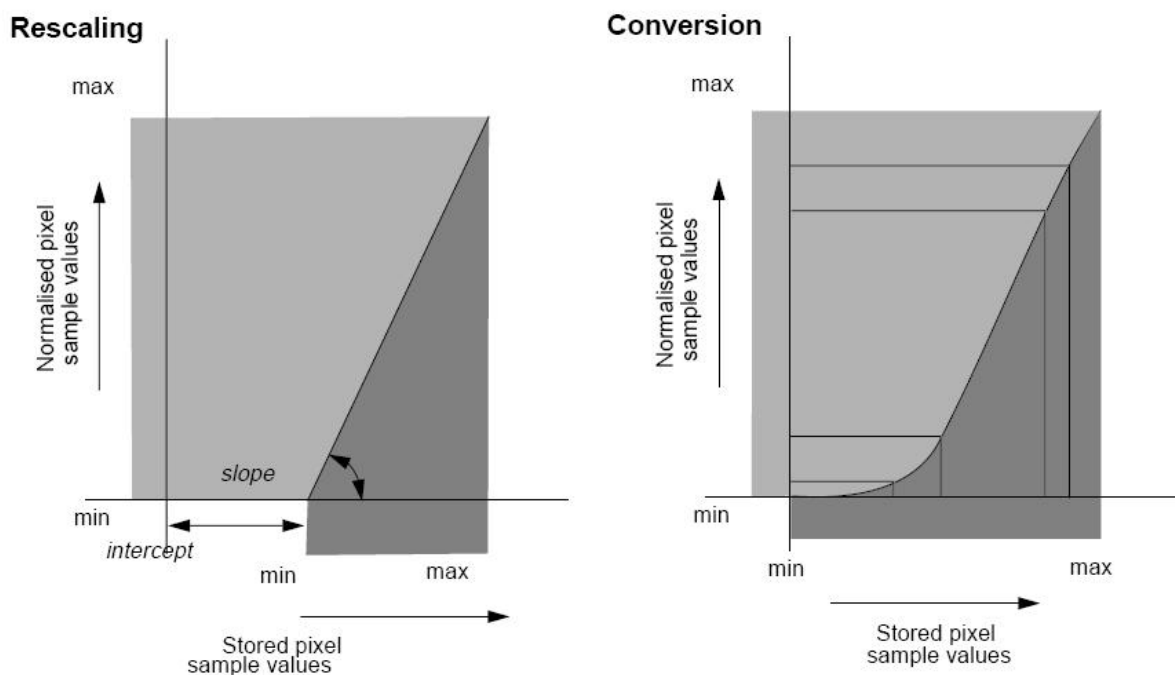


фигура 19- Декодиране на данните за пикселите

i. Нормализираща стъпка

След декодирането е стъпката, при която се правят корекции на стойностите на пикселите за да приемат смислено значение. Резултат е нормализиран обхват от стойности на пиксели подходящи за превръщане в стойности в сивата гама, в зависимост от вида на устройството и целите на клиничното изследване. В случая когато се прави само мащабиране се използват два атрибута: *Rescale slope* и *Rescale*

Intercept. Кога се прави не линейна трансформация се използва таблица със стойности (LUT).



фигура 20 – Устройствено-зависимо мащабиране и превръщане

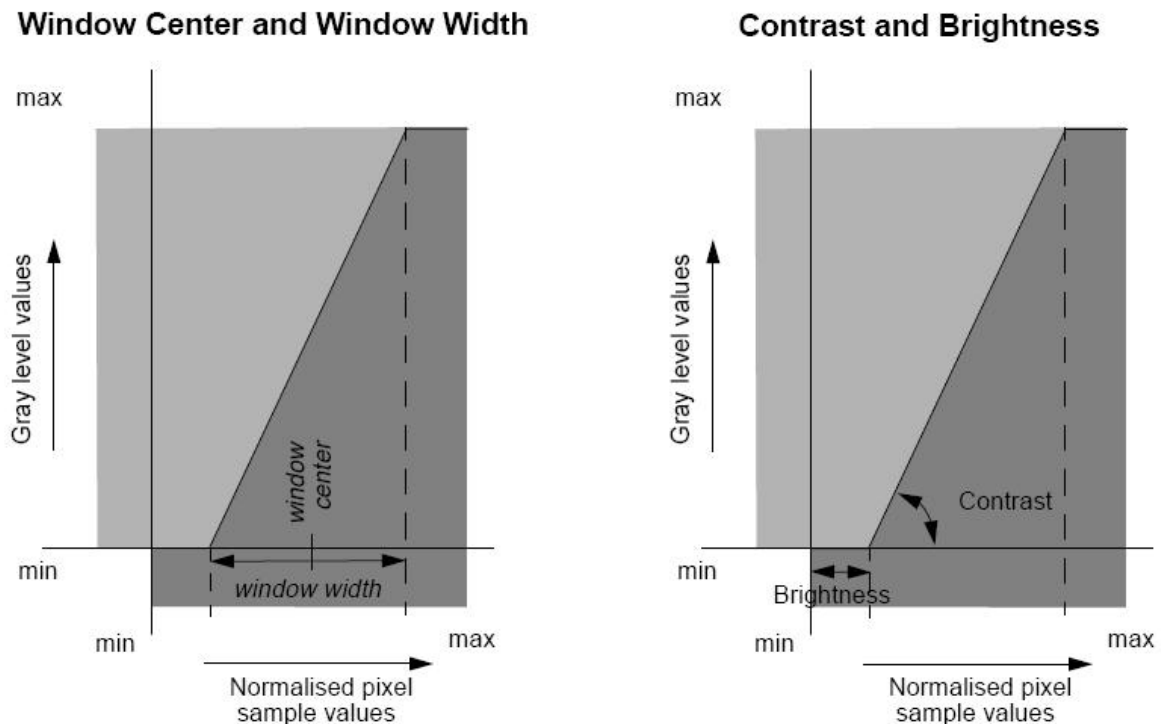
ј. Стъпка на превръщане в сивата гама

В повечето случаи пълното множество от нормализирани стойности на пиксели трябва да се намали до подмножество, което съдържа ценна информация за приложението на изображението. На свой ред, то трябва да бъде преобразувано в стойности от сивата гама. Описанието на подмножеството става с прозорец, който може да бъде дефиниран по два начина: чрез двата му атрибута център и широчина или чрез таблица със стойности (LUT). Както казахме с двата атрибута се получава линейно преобразуване, а с таблицата – не линейно.

В зависимост от стойността атрибута *Photometric Interpretation* на минималната и максималната стойност се дават бяло и черно или обратното. Ако стойността на атрибута е MONOCROME1 минималната стойности и се дава бяло, а максималната черно, докато при стойност MONOCROME2 става обратното.

Атрибутите ширина на прозореца (Window Width) и център на прозореца (Window Center) се използват на изображение получени от КТ и ЯМР. А при традиционните X-Ray системи се използва контраст/яркост механизъм за оправяне на прозореца. В

Disom няма атрибути за този механизъм, но е възможна трансляция между двете представяния(фигура 21).



фигура 21 - Атрибутите за прозореца в сравнение с Контраст/Яркост

к. Overlay стъпка

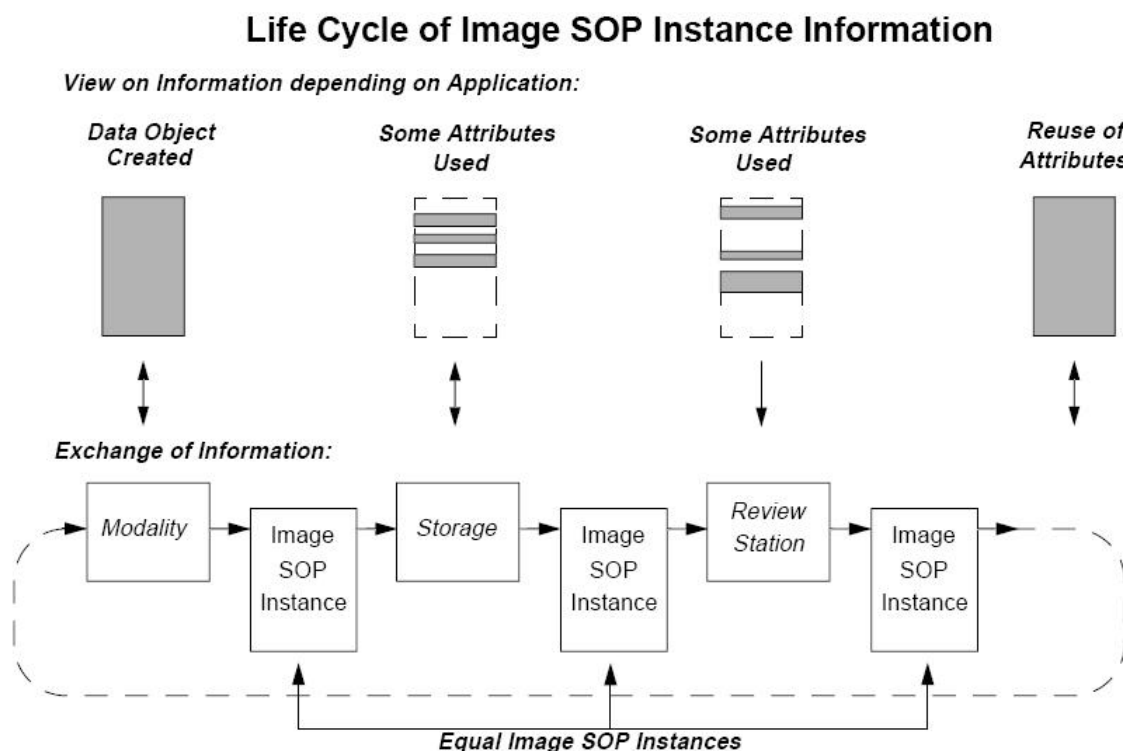
Един или няколко отделни модула определят къде ще се разположат покриващите изображения(Overlay bitmap) върху матрицата на изображението. Тези изображения се включват в потока с данни за изображението или в различни матрици в покриващите модули.

2.5.7. Приложение на изображенията.

SOP класовете на изображенията основно се генерират на медицинските устройства или на станциите за обработка. Резултата се разглеждат на други станции(компютри) или се отпечатват на фото носител. Изображенията могат да бъдат записани за по късни разглеждания.

При обмен на данните между системите, всяка система може да ползва различна част от данните, но трябва да се вземе под внимание, че цялата информация в SOP

инстанцията се праща между системи, които са замесени при обмена. Дори когато някоя система във веригата от системи, през които се пращат изображения, не прави промени на информацията, трябва да предава всичките данни на следващата система по веригата(фигура 22).



фигура 22 – Жизнен цикъл на SOP инстанциите на изображенията

а. Системи за съхраняване на изображения.

Системите за съхраняване на изображения използват атрибутите за идентификация за да съхраняват SOP инстанциите на изображенията. На първо място тези атрибути се използват за да се събират заедно изображенията, които принадлежат на едно и също изследване. Такъв атрибут е Study Instance UID. Но когато този ключ не е еднозначно определен трябва да се използват други идентифициращи атрибути като номер на пациента(Patient ID), номер на добавяне(Accession number) и др. И на второ място тези атрибути се използват от системи, които искат да направят заявка да се сдобият с някое изображение от системата за съхранение. Основните ключове, които се използват в този случай са Study Instance UID и Series Instance UID. Може също да се направят заявки базирани на името на пациента(Patient's Name), дата на изследването(Study Date) и др.

б. Станции за разглеждане на изображенията.

Тези станции се използват за преглед на изображения, които са направени на различни медицински устройства. Те правят заявки и получават SOP инстанции на изображения от системите за съхраняване. На тези станции могат да се прегледат изображенията заедно с информацията за пациента, параметри на добиването, диагностични данни и др.

За достъп до допълнителна информация от другите системи се използва идентифициращи атрибути като Study Instance UID.

с. Станции за обработка на изображенията.

Станциите, на които се правят обработки на данни на изображението, изискват някои допълнителни атрибути. За да се направят допълнителните обработващи стъпки е нужна информация за добиването и позицията. В зависимост от типа на обработката, входа представлява куп от изображения, чийто данни са в суров вид(raw data). Като резултат се получава нови стойности на пиксели на изображенията и се записват в нова SOP инстанция.

д. Използване повторно на изображенията от медицинските устройства.

Последна категория приложения са системите, които са направили SOP инстанции на изображенията. В този случай се използват данни от старо изображение на пациент, на които ще се прави ново изследване. Използват се наново параметри на добиване и позиция, също така може да се покаже старото изображение за да се направи сравнение при диагностиката.

е. Категории на приложение.

Както показахме в предните подточки изискванията за отделните системи в цикъла на една SOP инстанция на изображението се различават. Когато една система произведе едно изображение, тя трябва да е сигурна, че всяка система, която е замесена в жизнения цикъл на изображението трябва да получи достатъчно информация. За това е написано споразумение в Dicom стандарта, за кой тип система каква информация е достатъчна и каква преработка може да бъде направена.

За подпомагане на избора, изискванията може да бъдат разделени в категории на приложения. Категориите с високите номера съдържат тези с ниските номера. Дефинираме следните категории:

- Категория на съхранение – само атрибути за идентификация
- Категория за визуализиране – разглеждане и отпечатване на изображенията, само атрибутите за правилно представяне са нужни
- Категория за прости обработки – измерване на дистанция и размер, нужни са само атрибути, които описват каква информация се съдържа в изображението.
- Категория на сложни обработки – изискват се атрибути за позицията и връзката с други изображения

2.6. Обобщение

В тази глава представихме възникването и развитието на Dicom стандарта, който е проектиран за нуждите на производителите и потребители на апаратура за медицински изображения. Проследихме възникването на първата, втората и третата за сега последна версия на стандарта. Описахме основните концепции в Dicom стандарта и показахме основните части, както и разпределението и структурирането на информацията в него. Накрая направихме преход от реалния свят към света на Dicom.

3. Изисквания и дизайн. Проектиране на MicroDicom.

Целта на дипломната работа е да се проектира и разработи софтуерен продукт, наречен MicroDicom, с който могат да се съхраняват и обработват медицински изображения в Dicom формат. В тази глава ще разгледаме по-подробно изискванията, които MicroDicom трябва да удовлетворява. Ще бъдат разгледани както функционалните, така и нефункционалните изисквания. Също ще опишем и подхода, който бе избран при разработката, както и мотивация за избора му.

3.1. Изисквания.

Вземайки предвид факта, че MicroDicom ще представлява средство, ползвано от медицински служители в ежедневната им практика, следва минимално-нужната функционалност, а именно:

- MicroDicom трябва да предоставя инсталатор, с който автоматично да се осъществява интегрирането на продукта на операционна система Windows
- Медицинските служители трябва да могат да отворят Dicom изображения или Dicom директорни файлове
- Медицинските служители трябва да могат да правят обработки на изображенията за по-добро диагностициране
- Медицинските служители трябва да могат да съхраняват вече обработените изображения в Dicom или в друг формат за изображения

Изхождайки от случаите на употреба, а също и като резултат от анализа на съществуващите разработки (силните и слабите им черти), ние достигнахме до следните функционални и нефункционални изисквания, които MicroDicom трябва да удовлетворява:

Функционални изисквания

- а. Отваряне и съхранение на медицински изображения, които могат да бъдат в Dicom, а така също и в повечето известни графични файлови формати:
Всичките формати са:
 - Dicom формат (.dcm)

- Bit mapped format (.bmp)
 - Graphic Interchange Format (.gif)
 - Joint Photographic Experts Group (.jpeg, .jpg)
 - Portable Network Graphics (.png)
 - Multiple-image Network Graphics (.mng)
 - Tagged Image File Format (.tiff, .tif)
 - Truevision Targa (.tga, .tpic)
 - ICO file format (.ico)
 - PC Paintbrush (.pcx)
 - Wireless Application Protocol Bitmap Format (.wbmp)
 - Windows Metafile (.wmf)
 - Joint Bi-level Image Experts Group (.jbg, jbig)
 - JPEG 2000 (.jp2, .jpc)
 - .j2k, .pgx, .pnm, .ras
- b. Отваряне и съхранение на Dicom директорни файлове и съхранението им.
- c. Сканиране на носител за Dicom файлове
- d. Конвертиране на Dicom файлове в различните графични формати(горе изброените)
- e. Съхраняване на последователност от Dicom изображения във видео файл (.avi)
- f. Копиране на отворените изображения в “clipboard” системата на Windows
- g. Печат на отворените изображения
- h. Разглеждане и обработка на изображенията в режим на цял екран за по добра видимост.
- i. Анимирана визуализация на изображенията, които съдържат множество фреймове.
- j. Разглеждане на всички Dicom атрибути.
- k. Операции върху изображенията
- Стандартни:
 - ✓ Window/Level
 - ✓ Flip

- ✓ Rotate
- ✓ Zoom
- ✓ Промяна на размера на изображението
- ✓ Оцветяване на изображението
- Image processing
 - ✓ Blur – Average, Motion blur, Gaussian blur, More Blur
 - ✓ Edge – Sobel, Canny, Laplacian of Gaussian
 - ✓ Sharpen
 - ✓ Median filter
 - ✓ Mean filter
 - ✓ Морфологични операции – Отваряне, Затваряне, Дилатация, Ерозия
- Възможност за смяна на езиците на приложението
- Възможност за проверка и сваляне на новата версия от интернет

Нефункционални изисквания

Качеството на даден софтуер се определя не само от степента, с която са удовлетворени клиентските изисквания по отношение на функционалността. Дори приложение, което успешно покрива целия набор от функционални изисквания може да има сериозни проблеми с използваемостта, скоростта на работа, лекотата на поддръжка, количеството на нужните му ресурси и т.н. С други думи – нефункционалните изисквания за разлика от функционалните, определят множество ограничения върху крайния продукт или резултат.

По отношение на MicroDicom, нефункционалните изисквания са:

1. MicroDicom трябва да бъде лесен за употреба и научаване.
2. MicroDicom трябва да се разпространява безплатно, т.е. да не ползва комерсиални или платени библиотеки, които биха изисквали специален лиценз за употреба

3.2. Подходи при разработката на MicroDicom.

Тъй като повечето съществуващи инструменти в тази сфера са C++ базирани, затова C++ е като че ли най-удачния език за програмиране, на който да се напише имплементацията. MicroDicom ще бъде реализиран на Microsoft Visual Studio 6.0. Пряко следствие на това е че ще бъде разработен за Windows базирани системи. Но с помощта на Wine¹² се предоставя възможност да бъде пускан и наличен за работа на Линукс базирани операционни системи. При разработването на продукта ще бъдат използвани някои готови библиотеки примерно за потребителския интерфейс. По-подробно тези библиотеки ще бъдат обсъдени в следващата глава.

3.3. Обобщение

В тази глава разгледахме случаите на употреба на MicroDicom. Като резултат от анализ на текущите разработки в областта и случаите на употреба идентифицирахме функционалните и нефункционалните изисквания, които MicroDicom трябва да удовлетворява.

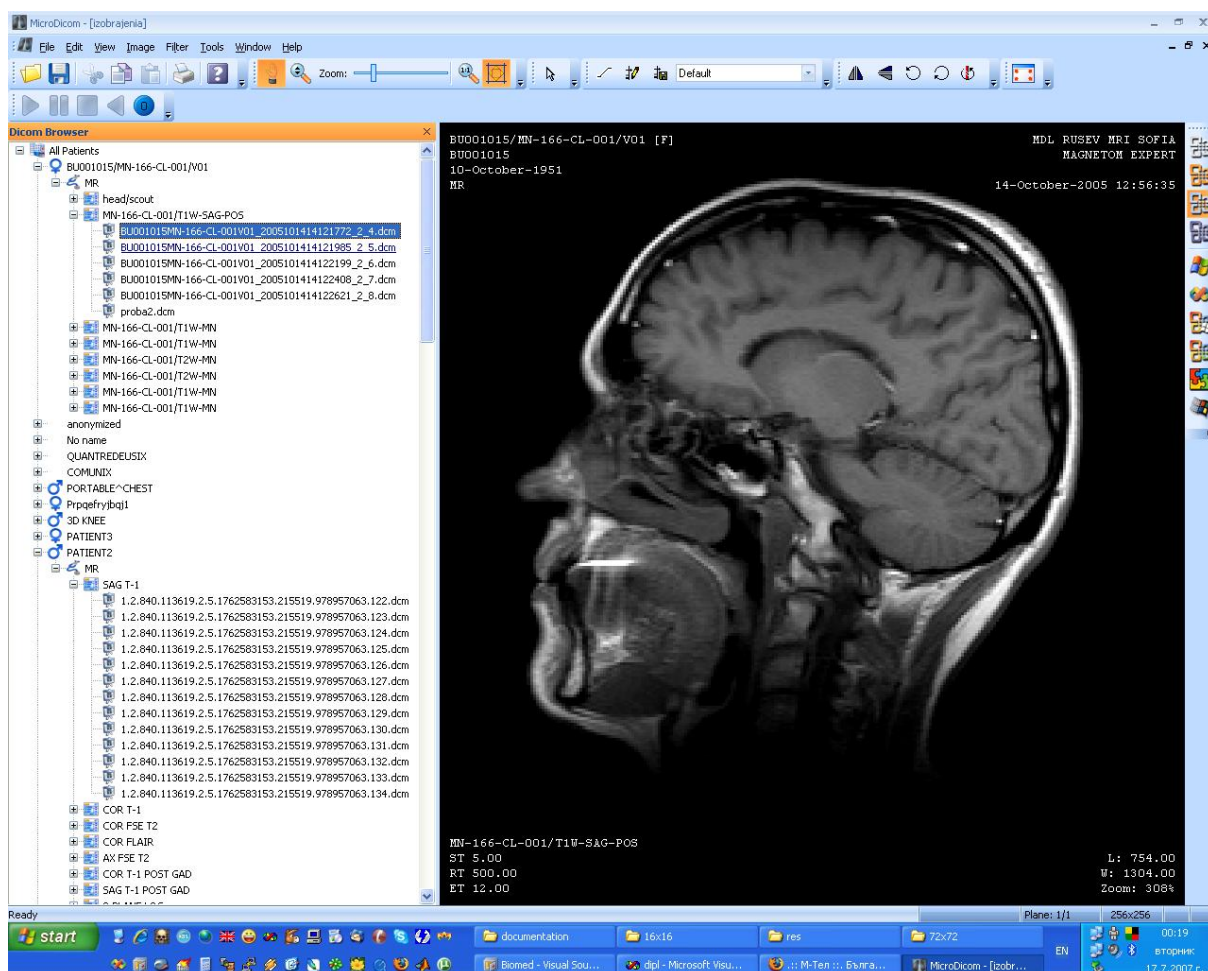
¹² Wine – имплементация с отворен код(Open Source) на Windows API за Linux базирани операционни системи. С помощта на Wine могат да се инсталират и пускат програми, проектирани за Windows, под Linux.

4. Имплементация на MicroDicom.

В тази глава ще разгледаме по-подробно някои ключови части от реализацията на MicroDicom, както и ще покажем къде и как са реализирани изискванията, изброени в глава 3. Ще покажем и опишем модулите и библиотеките, които са използвани при направата на MicroDicom.

4.1. Имплементация на потребителския интерфейс.

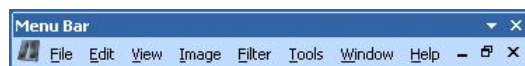
Външния вид на програмата се изгражда от няколко основни компонента. Работата с редактора на изображения става чрез взаимодействие с тези интерфейсни компоненти. Един общ изглед на MicroDicom показан на фигура 23.



фигура 23- Общ изглед на MicroDicom

4.1.1. Главно меню.

В главното меню е събрана по-голямата част от функционалността на приложението. То е разделено на 8 под менюта(виж фигура 24).



фигура 24 - Главно меню

а. Под меню File

Съдържа операции, които покриват функционалността за отваряне, съхранение, напечатване и конвертиране на изображенията.(виж фигура 25 - File под меню).

Open – отваряне на изображения в Dicom или други графични видове формати.

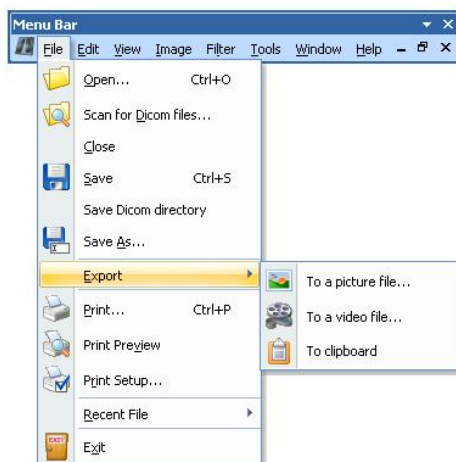
Scan for Dicom files... - сканира даден медиен носител или само директория на медиен носител за Dicom файлове и ги отваря всичките.

Close – затваря текущия документ

Save, Save as – съхранява промените, които са направени върху отвореното изображение

Save Dicom directory – създава Dicom директорен файл от отворените изображения, отговарящ на стандарта Dicom 3.0.

Export to picture file, video file, clipboard – конвертиране на текущото избрано изображение в известните графични формати(като jpg, bmp и т.н.). MicroDicom позволява конвертиране на изображенията, които съдържат много фреймове в себе си, да се конвертират във видео файл(.avi).



фигура 25 - File под меню

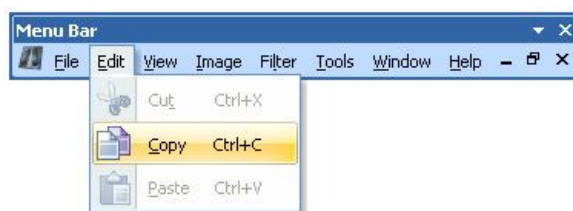
Също така всяко отворени изображение може да се изпрати в clipboard на операционната система, така че да може да бъде ползвано в други приложения(като Word, Paint и т.н.)

Print, Print Preview, Print setup – набор от команди, с помощта на които изображенията могат да се напечатват.

Recent File – показват се последните отворени файлове.

b. Под меню Edit.

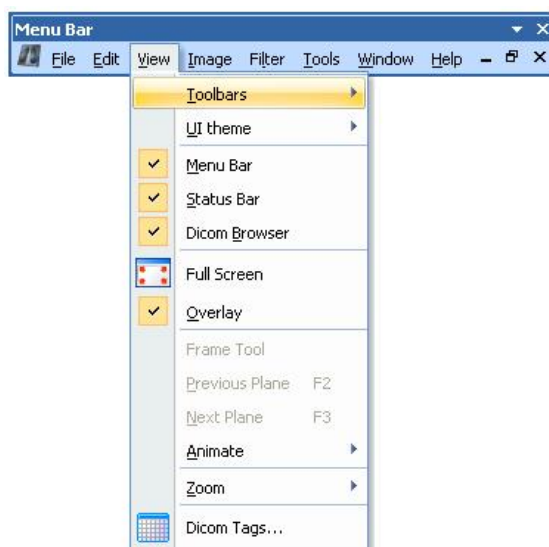
Предоставя функционалност за копиране и вмъкване в отвореното изображение на други изображения или инструменти за измерване (виж фигура 26).



фигура 26 - Под меню Edit

c. Под меню View.

Това под меню съдържа команди за показване и скриване на части от потребителския интерфейс. Също така и команди, които изпълняват определени действия свързани с Dicom изображенията.



фигура 27 - Под меню View

Toolbars – избират се кои ленти с инструменти да бъдат показани или скрити.

UI theme – могат да се сменят различните цветове теми на потребителския интерфейс.

Menu bar – показва се или се скрива основното меню.

Status bar - показва се или се скрива лентата на състоянието.

Dicom Browser - показва се или се скрива Dicom browser изгледа.

Full screen – включва се или се изключва режима за работа на цял екран

Overlay – показват се или се скриват пояснителните надписи, които се намират върху отвореното изображение.

Frame Tool – това е инструмент, с помощта на който с движение на мишката върху изображението се сменят неговите фреймове(ако то има такива).

Previous Pane – сменя се на следващия фрейм.

Next Pane – връщане на предния фрейм

Animate – набор от команди за анимиране на изображенията съдържащи множество фреймове.

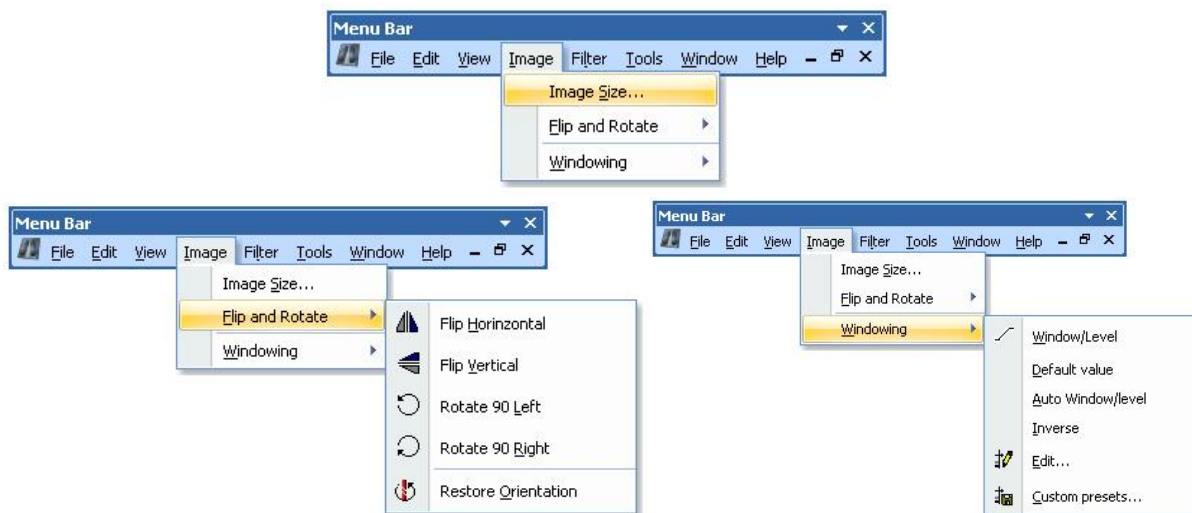
Zoom – набор от команди за увеличаване на отвореното изображение

Dicom tags – команда, с която се показват всички вградени групи от атрибути на едно Dicom изображение, отговарящи на Dicom 3.0 стандарта.

d. Под меню Image.

Това под меню съдържа команди за операции свързани с променяне геометрията на изображението и променяне на интензитета на пикселите му(виж фигура 28).

Image size - може да се промени размера на изображението



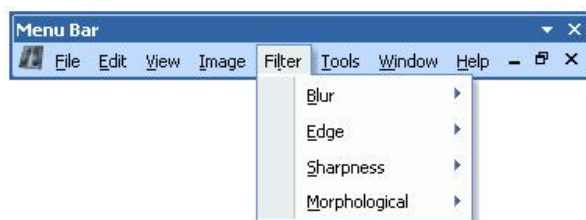
фигура 28 - Под меню Image

Flip and Rotate – команди, с които може да се обръща огледално изображението(Flip Horizontal и Flip Vertical), да се завърта на 90° (Rotate 90 Left и Rotate 90 Right) и възстановяване на началното положение(Restore Orientation).

Windowing – команди, за сменяне на *Window Width* и *Window Level* на отвореното Dicom изображение. Разработен е инструмент за сменяне с мишката и задаване на евристична стойност(Auto Window/Level). Така също може да се избере стойността, която е записана в Dicom файла(Default value) и да се дадат противоположни стойности на пикселите(Inverse). Разработен е модул за записване на стойности под име за Window/Level въведени от потребителя. Стойностите се записват в придружаващ xml файл. При инсталиране на програмата има въведени 8 именувани стойности за най-често разглежданите видове(кости-bone, череп- skull и т.н.)

е. Под меню Filter.

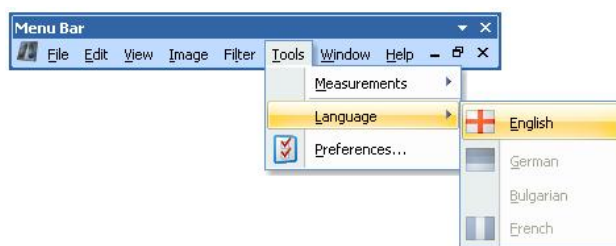
Това под меню съдържа команди с филтри, които могат да се прилагат върху изображенията.



фигура 29 - Под меню Filter

ф. Под меню Tools.

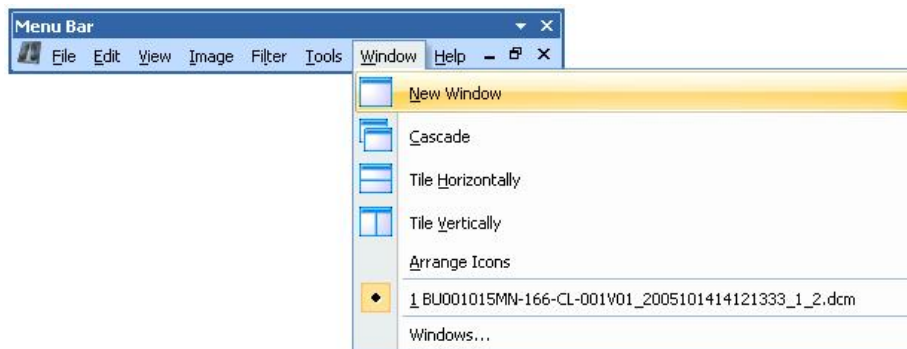
Под менюто Tools съдържа инструменти на извършване на различни измервателни операции върху изображението(Measurements). Те все още не са разработени за тази версия на приложението. В това под меню има команда за смяна на езика на цялото приложение(Language) и общи настройки за цялото приложение(Preference).



фигура 30 - Под меню Tools

g. Под меню Window.

Това под меню съдържа команди свързани с подреждането на различните отворени прозорци от приложението(виж фигура 31).



фигура 31 - Под меню Window

h. Под меню Help.

Под менюто Help съдържа следните команди:

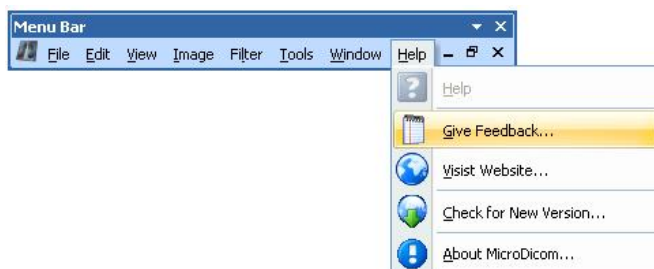
Help – съдържа помощ за приложението.

Give Feedback – тази команда отваря форма в интернет страницата на приложението, с подразбиращия се интернет браузър, за оставяне на съобщение.

Visit Website – тази команда отваря форма в интернет страницата на приложението.

Check for New Version – с помощта на тази команда приложението се свързва с интернет и проверява дали има нова версия, ако има я сваля и я инсталира.

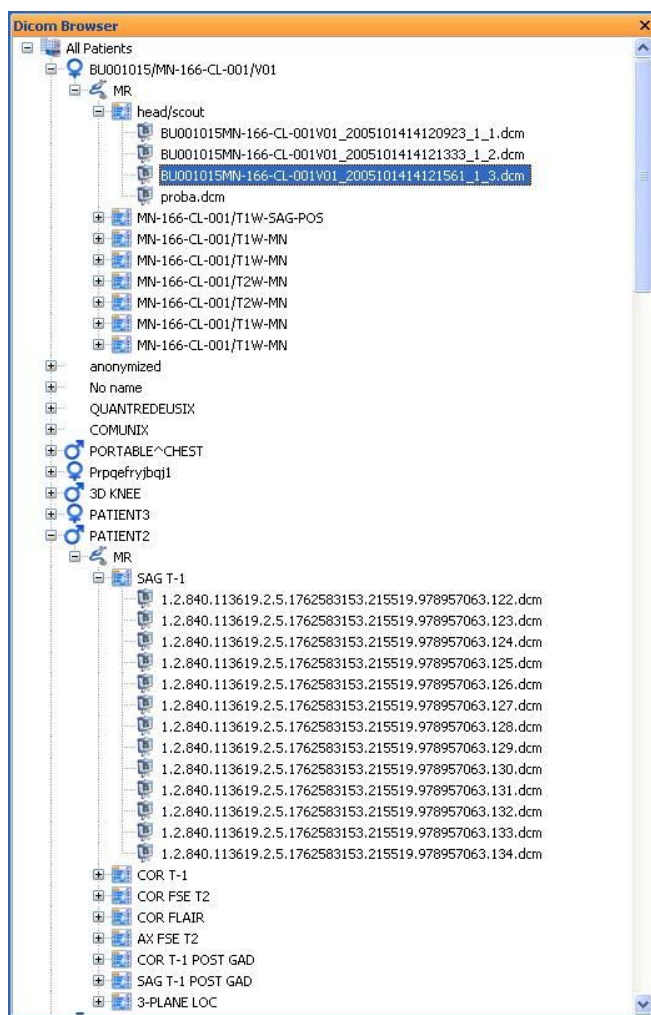
About MicroDicom – показва информация на текущата версия на приложението и автора.



фигура 32 - Под меню Help

4.1.2. Dicom Browser – Изглед на пациентите, изследванията, сериите и изображенията.

На фигура 33 е показан изгледа Dicom Browser. Този изглед осигурява функционалност по визуализирането на отворените медицински изображения в дървовидна структура на изследването на даден пациент. Тази структура съдържа на най-горно ниво пациенти. След това за всеки пациент са показани изследванията, които се състоят от серии от изображения. Тази структура е описана в 2.5.1. На фигура 33 имаме един пациент с име *BU001015/MN-166-CL-001/V01*, на който е направено едно изследване, което съдържа 8 серии. Първата серия е *head/scout* и съдържа 3 изображения. По време на работа с MicroDicom от този изглед могат да се избират кои изображения да бъдат представяни в основната област, която е описана малко по-надолу.



фигура 33 - Dicom Browser изгледа

4.1.3. Ленти с инструменти.

В потребителския интерфейс са разработени 8 ленти със инструменти(виж фигура 34). Те съдържат най-често използваните операции. Тези операции се дублират с операциите от основното меню.



фигура 34 - Ленти с инструменти

4.1.4. Лента на състоянието(Status bar).

Тази лента е разположена в най-долната част на приложението. Върху нея се показват размера на отвореното изображение, колко фрейма съдържа изображението. Така също се показва прогреса при отваряне или сканира за изображения и други състояния на приложението.

4.1.5. Основен изглед.

В основния изглед представлява правоъгълна област, в която се показва отвореното изображение. Всички приложени операции върху изображенията се показват в изгледа. В четирите ъгъла на изгледа има текст, които дава информация за изображението. Информацията бива:

- Име, пол, рождена дата на пациента
- С какво медицинско устройство е направено изображението
- Име на медицинския работник, който е управлявал медицинското устройство
- име на болничното заведение, където е направено изображението
- Име на серията

- Windows Level/ Windows Width
- Фактора на увеличение на изображението



фигура 35 - Основен изглед на MicroDicom

4.2. Имплементация на функционалността.

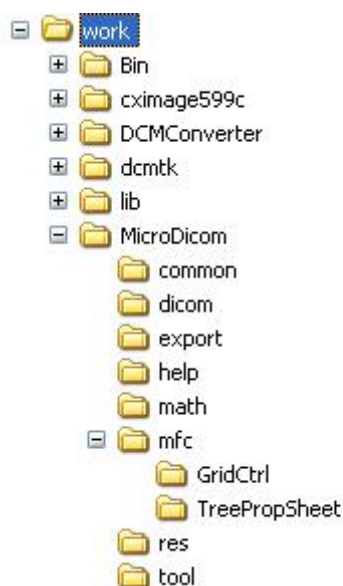
Тази секция съдържа обзор на имплементацията на функционалността на MicroDicom . Както казахме реализацията изцяло е написана на C++. За реализирането на нужната функционалност са създадени над 50 класа, които са организирани в модула на главното приложение. Използвани са няколко библиотеки:

- Prof-UIS – Professional UI Solutions – библиотека за създаване на потребителски интерфейси. Библиотеката има безплатна версия, която може да се използва за приложения с не комерсиална цел. Точно поради тази причина се спрях на тази библиотека, защото MicroDicom ще се разпространява безплатно.
- DcmTk – Dicom Toolkit. DcmTk представлява библиотека с помощни средства за работа Dicom изображения. В библиотеката покрива голяма част от стандарта Dicom 3.0. Включва приложения за изучаване, конструиране и преобразуване на Dicom изображения. Също така прашане

- CxImage – библиотека, с помощта на която могат да се зареждат, съхраняват, визуализират изображения от различни графични файлови формати. Библиотеката е безплатна за ползване.
- j2k, jasper, jbig, jpeg, png, tiff – библиотеки за работа с графичните файлови формати от по-ниско ниво от CxImage.

4.2.1. Дървовидна структура на файловете с изходния код.

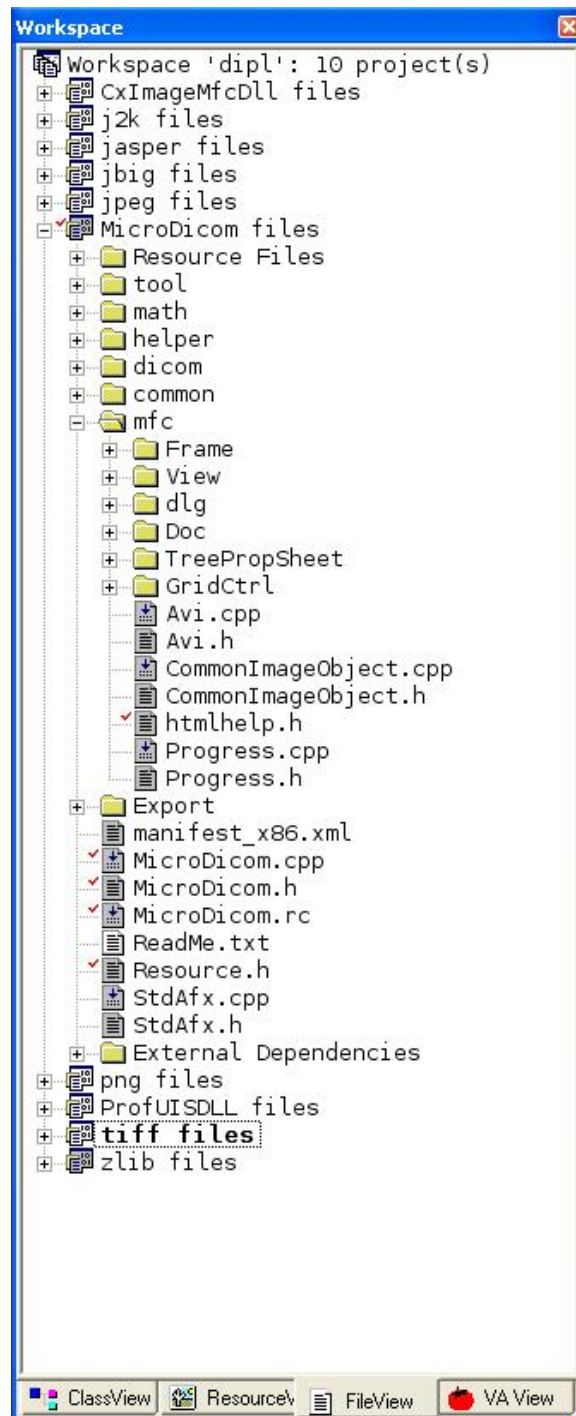
Общо в имплементацията има над 200 файла, разпределени в над 10 директории. Ето как изглежда дървовидната структура на проекта(фигура 36):



фигура 36 - Дървовидна структура на файловете на проекта

4.2.2. Логическа структура на модулите в проекта

Аналогично на файловата структура, класовете в проекта са подредени в логически модули, чиято йерархия на най-високо ниво е следната(фигура 37):



фигура 37 - Логическа структура на проекта

Описание на отделните модули:

Модул	Функционалност
CxImageMfcDll	Модула на библиотеката CxImage

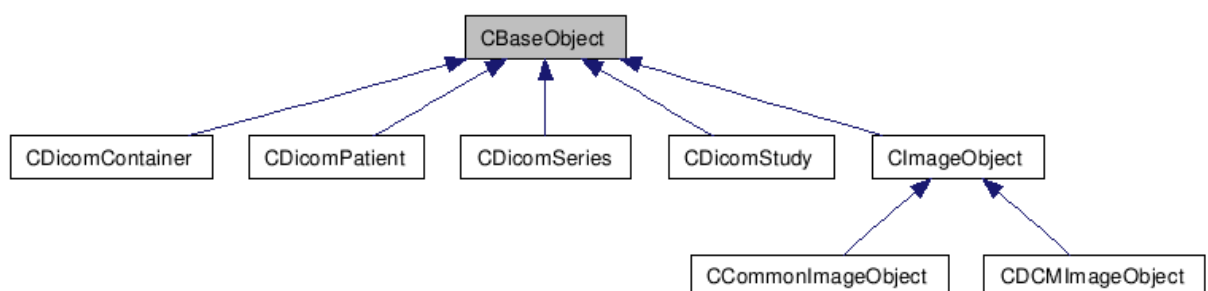
ProfUISDll	Модула на библиотеката за потребителския интерфейс Prof-UIS
Jasper, JBig, jpeg, j2k, png, tiff	Модули за работа с различните графични формати
Zlib	Модула за компресиране и де компресиране
MicroDicom	Изпълнимия модул на приложението

4.2.3. Основния модул на приложението.

Основния модул на приложението е разделен на няколко под модула с различна функционалност. Всичките тези под модули се компилират в един изпълним модул. В следващата таблица са дадени повечето под-модули:

а. Модул за работа с Dicom протокола

Този модул съдържа класове за работа в Dicom 3.0 протокола. Негови функционални черти са отварянето, съхранението на Dicom изображения. Също така операции за работа за работа с Dicom директорни файлове – отваряния и съхранение. Структури за описание на пациенти, изследвания, серии и самите изображения. Класове за работа с LUT и Overlay атрибутите на изображенията. На фигура 38 е показана най-общата структура на класовете, които описват информационния модел на Dicom.



фигура 38 - Структура на класовете за информационния модел на Dicom

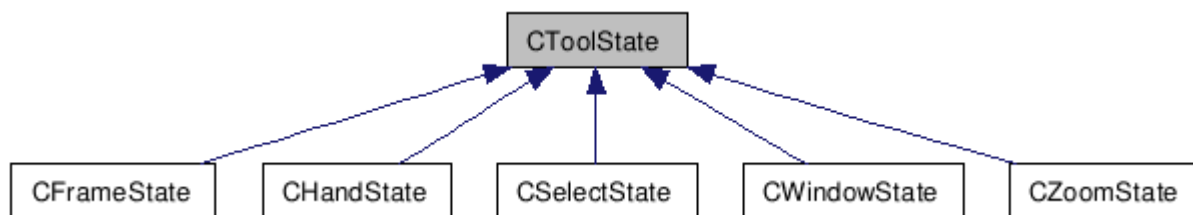
б. Модул Math

Този модул съдържа класове и функции свързани с някои математически конструкции, които се използват в MicroDicom. Включват се класове за работа с

матрици, правоъгълни области и трансформации свързани с тях. Така също се включват и математически константи, използвани в приложението.

с. Модул Tool

Модула съдържа класове, с помощта на които се улеснява извършването на някои операции върху изображенията с помощта на мишката и клавиатурата. На фигура 39 е показана основна диаграма на класовете от този модул.



фигура 39 - Класовете от Tool модула

d. Модул Helper

Модула Helper съдържа общи помощни класове, които се използват в MicroDicom.

Съдържа класове за работа с дата и време, четене и записване на Xml, операции с файлове и директории, операции с Windows регистратурата и др.

e. Модул Common

Този модул реализира класове, които са елементи на обектно-ориентирания софтуер за многократно използване – шаблони за дизайн. Реализирани са шаблоните Итератор(Iterator), Наблюдател(Observer), Състояние(State), Стратегия(Strategy), Мост(Bridge), Сек(Singleton), Абстрактна фабрика(Abstract Factory)¹³.

f. Модул Export

Модулът Export съдържа класове за конвертиране на изображенията в други файлови формати. В модула са реализирани мениджър за конвертиране към други графични файлови формати и мениджър за конвертиране към видео файлове.

¹³ Споменатите шаблони за дизайн са обяснение в книгата [15] Erich **Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, John Vlissides**. Design Patterns: Elements of reusable object-oriented software, Copyright 1995 Addison-Wesley. Някои от шаблоните не се намират в модула Common, а са реализирани в другите модули.

g. Модул Mfc

Този модул съдържа класове, които са свързани с архитектурата Mfc¹⁴. Също така съдържа класовете за потребителския интерфейс, като диалози, общи контроли и контроли за изгледи.

4.3. Обобщение

В тази глава разгледахме ключовите елементи от реализацията на MicroDicom, а именно: използваните библиотеки, имплементацията на потребителския интерфейс, имплементация на функционалността на приложението, както и самия процес на свързване. Показахме и как изискванията в глава 3 са удовлетворени и какво влияние оказват на самата реализация на MicroDicom.

¹⁴ MFC – Microsoft Foundation Class Library. Библиотека на Microsoft, която съдържа класове, които покриват Windows API

5. Изводи и заключения.

В тази глава ще разгледаме изводите, до които достигнахме след завършване на реализацията на MicroDicom. Ще започнем с кратка дискусия по отношение на целите, поставени в дипломната работа и това как и в каква степен тези цели бяха удовлетворени. Ще разгледаме също и текущите ограничения на системата, както и бъдещите насоки за развитие на MicroDicom.

5.1. Преглед на поставените цели.

Както в първа така и в трета глава разгледахме и поставихме целите на дипломната работа. Вярвам, че успех да удовлетвори в голяма степен всяка една от тях. Нека покажем това:

- **Дизайн и реализация на инструмент за отваряне, съхранение, първична обработка на медицински изображения, които отговарят на Dicom 3.0 стандарта.** MicroDicom може да отваря не само файлове с Dicom формат, но и файлове от известните графични файлови формати. Смятам, че резултата удовлетворява всички изисквания в глава 3, както и че предоставя възможност за бъдещи разширения и подобрения.
- **Дизайн и реализация на продукт лесен за употреба, които има за цел да облекчи работата на медицинските работници.** За MicroDicom е направена инсталираща програма, с която лесно може да се инсталира и ползва приложението. Така също е реализиран модул за смяна на езика за да се преодолее езиковата бариера. Реализиран е модул, с който MicroDicom ще сваля и инсталира всяка излязла нова версия.
- **Изследване на Dicom стандарта с цел установяване на възможностите за успешна реализация на MicroDicom.** В глава втора бяха разгледани основните концепции в Dicom стандарта. Беше проследено неговото развитие от първата версия на стандарта до текущата му версия 3.0.

5.2. Ползите от MicroDicom

Смятам, че създадох инструмент, който позволява свободно разглеждане на медицински изображения в Dicom формат. Инструмент, който с който могат да се редактират изображенията и да се съхраняват на медиен носител за допълнително разглеждане. Всичко това се надявам да доведе до по-голяма популярност на инструмента сред медицинските среди и хора занимаващи се с диагностика направена по медицински изображения.

5.3. Ограничения

Реализацията на MicroDicom е негова първа версия и като такава има множество ограничения. Ограниченията ще ги категоризираме и опишем в следните секции:

5.3.1. Ограничения поставени от операционната система.

MicroDicom е реализиран за ползване на компютри с Windows операционна система. Но с помощта на Wine може да се ползва и на компютри, които са Linux базирани операционни системи.

5.3.2. Семантични ограничения.

Това е може би областта на MicroDicom, където има най-много ограничения, сравнено с някои от другите комерсиални или университетски разработки. Има голяма част от Dicom стандарта, която не е имплементирана в приложението. Най-сериозните ограничения са:

- Липса на качване и сваляне на изображения по мрежата от Dicom сървър.
- Липса на показване на overlay повърхнини записани в самото приложение.
- Приложението не е Уникод(Unicode), т.е. не може да показва записани в Dicom файла текстови данни, които са на различни езици(примерно китайски).
- Липса от възможност на селекция на части на изображението за да може да се правят корекции само на определени части от него.

- Липса на модул, с който да могат да се правят метрични¹⁵ операции върху изображенията.

5.4. Насоки в развитието на MicroDicom.

Вярвам, че MicroDicom постигна основната си цел – да предостави инструмент, с който могат да се разглеждат и обработват медицински изображения. За да стане обаче наистина богат на функционалност инструмент, който може да се наложи в общността медицинската диагностика, трябва да се извършат редица подобрения в следните области:

- Както вече казахме в предната точка в MicroDicom има редица семантични ограничения. Една от главните насоки за развитие е точно реализирането на функционалност, с която да покрива тези семантични ограничения.
- Изграждане на модул, с който лесно могат да се зареждат външни специално реализирани за MicroDicom плъгини, с които ще могат да се правят различни операции върху изображенията.
- Тестване. MicroDicom се нуждае от сериозно тестване и как ще се държи на медицински изображения направени от различни медицински устройства.
- Общи подобрения. Оптимизация – има много текущи места в реализацията на MicroDicom, където могат да се приложат широк набор оптимизации. До момента основният фокус не е паднал върху това, тъй като оптимизациите бяха извън обхвата на дипломната работа.

¹⁵ С помощта на метричните операции могат да се измерват дължини на части от изображението, интензитет на пиксел от изображението, ъгъл в изображението и др. Модулът за метрични операции в текущата версия на MicroDicom е започнат, но не е довършен.

Приложения

Приложение 1. Списък на използваните съкращения

В таблицата са събрани всички използвани съкращения на български и английски език от изложението. Някои от тях са утвърдени медицинската и ИТ сфера, други са въведени в настоящата работа с цел улесняване на записа.

Български:

Съкращение	Пълно наименование
ИС	Интернет страница
КТ	Компютърна томография
ЯМР	Ядрено магнитен резонанс

Английски:

Съкращение	Пълно наименование
AAPM	American Association of Physicists in Medicine
ACR	American College of Radiology
CT	Computed Tomography
Dicom	Digital imaging and communication in Medicine
E-R	Entity–Relationship
HIS	Hospital Information System
IOD	Information Object Definition
IOM	Information object modules
LUT	look-up table
MFC	Microsoft Foundation Class
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
PACS	Picture Archiving and Communication Systems
RIS	Radiology Information System

SCP	Service Class Provider
SCU	Service Class User
SOP	Service Object Pair
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
UID	Unique identifier
VOI	Value of interest
VOI	Value of interest
VR	Value representation
WG	Working Group

Приложение 2: Таблица на използваните фигури

фигура 1 - Система с X-лъчи от ранните години на медицинската диагностика	8
фигура 2 - Изображение на бебе направено с ултразвук.....	10
фигура 3 - Dicom модел	16
фигура 4 - Разпределени процеси	18
фигура 5 - Модел на разпределени процеси.	19
фигура 6 - Dicom Service Classes.....	20
фигура 7 - IOD на изображение	21
фигура 8 - Dicom с обмяна по мрежата	23
фигура 9 - Dicom със съхранение на носител.....	25
фигура 10 - Примерен Dicom файл.....	27
фигура 11- Връзките между частите на Dicom стандарта.....	30
фигура 12 - Съпоставяне на реалния свят с информационния модел.....	32
фигура 13 - Пример за серия от КТ система.....	33
фигура 14 - Dicom информационен модел за изображенията.....	34
фигура 15 - Класификация на информацията в изображението	36
фигура 16 - Основно множество от атрибути на SOP инстанцията на изображенията ..	40
фигура 17 - Процес на визуализиране на изображението	44
фигура 18 - Стъпки за представяне на изображението.....	45
фигура 19- Декодиране на данните за пикселите.....	47
фигура 20 – Устройствено-зависимо мащабиране и превръщане	48
фигура 21 - Атрибутите за прозореца в сравнение с Контраст/Яркост	49
фигура 22 – Жизнен цикъл на SOP инстанциите на изображенията.....	50
фигура 23- Общ изглед на MicroDicom.....	57
фигура 24 - Главно меню	58
фигура 25 - File под меню.....	58
фигура 26 - Под меню Edit	59
фигура 27 - Под меню View	59
фигура 28 - Под меню Image	60
фигура 29 - Под меню Filter	61
фигура 30 - Под меню Tools.....	61
фигура 31 - Под меню Window	62
фигура 32 - Под меню Help	62
фигура 33 - Dicom Browser изгледа	63
фигура 34 - Ленти с инструменти	64
фигура 35 - Основен изглед на MicroDicom	65
фигура 36 - Дървовидна структура на файловете на проекта.....	66
фигура 37 - Логическа структура на проекта	67
фигура 38 - Структура на класовете за информационния модел на Dicom.....	68
фигура 39 - Класовете от Tool модула	69

Използвана литература

- [1] **Bas Revet.** Dicom Cook Book for Implementations in Modalities, Version 1.1, 14 January 1997, Copyright Philips Medical Systems Nederland B.V.

- [2] **Ricardo Villegas, Guillermo Montilla, Hyxia Villegas.** Dicomdir files reader for using in computer assisted diagnosis and surgery.

- [3] **David A. Clunie.** Dicom Media Management.

- [4] **David A. Clunie.** Dicom Implementations for Digital Radiography.

- [5] **David A. Clunie.** Dicom Softcopy Presentation State Storage and Print Presentation LUT.

- [6] **David A. Clunie.** Implementation Experience: Object, Test Tool & Validation.

- [7] **David A. Clunie.** Dicom compression 2002.

- [8] **David A. Clunie.** Dicom Display Update: Color Presentation States Hanging Protocols.

- [9] **David A. Clunie.** Dicom, Workstation and PACS.

- [10] **David A. Clunie, Charlest Parisot, Kees Verduin, Bernhard Hassold.** New Enhanced Multi-frame DICOM CT and MR Objects to Enhance Performance and Image Processing on PACS and Workstations.

- [11] **David A. Clunie.** New modality Issues: DICOM Enhanced Image CT, MR, PET, XA/XRF.

- [12] **David A. Clunie.** Impact of New Dicom objects on handling large data sets.

- [13] **David A. Clunie.** Dicom as a format for neuron-imaging with fMRI.

[14] **David A. Clunie**. Dicom structured reporting.

[15] Erich **Gamma**, **Richard Helm**, **Ralph Johnson**, **John Vlissides**. Design Patterns: Elements of reusable object-oriented software, Copyright 1995 Addison-Wesley.

Интернет страници

1. <http://medical.nema.org/>
2. <http://www.sph.sc.edu/comd/rorden/dicom.html>
3. <http://www.dclunie.com/> - David Clunie's Medical Image Format site
4. <http://www.rsna.org/Technology/DICOM/index.cfm>
5. <http://www.imaginis.com/faq/history.asp>
6. <http://www.prof-uis.com> – Professional UI Solutions – сайт на библиотека създаване на потребителски интерфейси
7. <http://www.dcmthk.org> – германски сайт с помощни средства за работа с Dicom стандарта.
8. <http://forum.dcmthk.org/> - форум с много полезна информация за Dicom приложения. В частност има подробна информация за разработването на приложения с Dcmthk Toolkit.
9. <http://www.codeproject.com/bitmap/cximage.asp> - сайт на библиотеката CxImage