

# Стандарт DICOM

© Коломієць Р. О.

18.03.2020

## 1 Загальні положення

**DICOM<sup>®</sup>** (**D**igital **I**maging and **C**ommunications in **M**edicine) — це міжнародний стандарт передачі, зберігання, друку та відображення біомедичних зображень.

Використання стандарту DICOM<sup>®</sup> у першу чергу дає можливість уніфікувати формат збереження зображень з різної біомедичної апаратури, в тому числі від різних виробників. Стандарт розвивається з урахуванням сучасних досягнень в галузі біомедичних зображень та є вільним для використання (тобто це некомерційний стандарт — за підтримку формату DICOM у своїй апаратурі або програмному забезпеченні не потрібно нікому платити роялті).

Стандарт DICOM<sup>®</sup> розроблений Американським коледжем радіології (ACR — American College of Radiology) та Національною асоціацією виробників електрики (NEMA — National Electrical Manufacturers Association). Цей стандарт також відомий як стандарт NEMA PS3, і стандарт ISO 12052:2017 „Інформатика в галузі охорони здоров’я — Цифрові зображення та комунікація в медицині (DICOM), включаючи управління робочими процесами та даними“. Офіційне джерело інформації про стандарт DICOM<sup>®</sup> — сайт <https://www.dicomstandard.org/current/>

У 2020 році актуальною є версія стандарту DICOM<sup>®</sup> 3.0.

Стандарт складається з двадцяти двох частин. Окремі частини присвячені структурі даних (тегам), способам представлення зображень, стандартизації шкали сірого кольору, аспектам безпеки,

особливостям передачі зображень по мережам (зокрема, TCP/IP) тощо. . .

DICOM<sup>®</sup> включає стандарти для способів візуалізації, такі як рентгенографія, УЗД, комп'ютерна томографія (КТ), магнітно-резонансна томографія (МРТ) та променева терапія. DICOM<sup>®</sup> включає протоколи для обміну зображеннями (наприклад, за допомогою портативних носіїв, таких як DVD), стиснення зображень, 3D візуалізації, презентації зображень і звітування про результати.

DICOM групує інформацію в набори даних. Наприклад, файл рентгенівського зображення грудної клітини може містити ідентифікатор пацієнта у файлі, так що зображення ніколи не може бути відокремлено від цієї інформації помилково. Це подібно до того, як такі формати зображень, як JPEG, також можуть мати вбудовані теги для ідентифікації та іншої опису зображення.

## 2 Структура стандарту DICOM<sup>®</sup>

Стандартом DICOM<sup>®</sup> визначено два інформаційних рівня:

- файловий рівень — DICOM File (DICOM-файл) — об'єктний файл з тегів організацією для подання кадру зображення (або серії кадрів) і супроводжує або керуючої інформації (у вигляді DICOM-тегів);

- мережевий (комунікаційний) — DICOM Network Protocols (мережевий DICOM-протокол) — для передачі DICOM-файлів і керуючих DICOM-команд по мережах з підтримкою TCP/IP.

Об'єкт даних DICOM складається з ряду атрибутів, включаючи такі елементи, як ім'я, ідентифікатор і т.д., а також один спеціальний атрибут, що містить дані пікселя зображення (тобто логічно, головний об'єкт не має „заголовка“ як такого, будучи просто списком атрибутів, включаючи піксельні дані). Один об'єкт DICOM може мати тільки один атрибут, що містить піксельні дані. Для багатьох модальностей це відповідає одному зображенню. Тим не менш, атрибут може містити кілька „кадрів“, що дозволяють зберігати багатокадрові дані. Іншим прикладом є дані томографії, де зображення за визначенням є багатовимірним багатокадровим зобра-

женням. У цих випадках три- або чотиривимірні дані можуть бути інкапсульовані в одному об'єкті DICOM. Дані пікселів можна стиснути, використовуючи різні стандарти, включаючи JPEG, JPEG 2000 і кодування довжини повторів (RLE — run-length encoding). Стиснення LZW (zip) може використовуватися для всього набору даних (не тільки піксельних даних), але це рідко реалізується.

DICOM використовує три різні схеми кодування елементів даних. Для кожного елемента даних регламентований наступний формат: група (Group, 2 байти), елемент у групі (Element, 2 байти), представлення даних (Value representation (VR), 2 байти), довжина у байтах (LengthInByte (виконує роль контрольної суми), 2 байти), дані (змінна довжина). Для явних елементів та даних регламентована система позначень, наведена у підрозділі 3.1, а у самому стандарті DICOM<sup>®</sup> це описано в розділі 7.1 частини 5.

Один і той же базовий формат використовується для всіх додатків, включаючи використання мережі і файлів, але при записі в файл, як правило, додається справжній „заголовок“ (що містить копії декількох ключових атрибутів і деталі програми, за допомогою якої було створене зображення).

### 3 DICOM-файл

DICOM-файл — об'єктно-орієнтований файл з теговою організацією. Інформаційна модель стандарту DICOM<sup>®</sup> для DICOM-файла чотириступінчаста:

пацієнт (patient) → дослідження (study) → серія (series) →  
→ зображення (кадр або серія кадрів, image).

Файловий рівень стандарту DICOM<sup>®</sup> 3.0 описує:

- демографічні дані пацієнта (стать, вік тощо);
- модель і фірму виробника апарату, на якому проводилося обстеження;
- дані медичного закладу, де було проведено обстеження;
- дані персоналу, який проводив обстеження пацієнта; вид обстеження і час його проведення;
- умови і параметри проведення дослідження пацієнта;

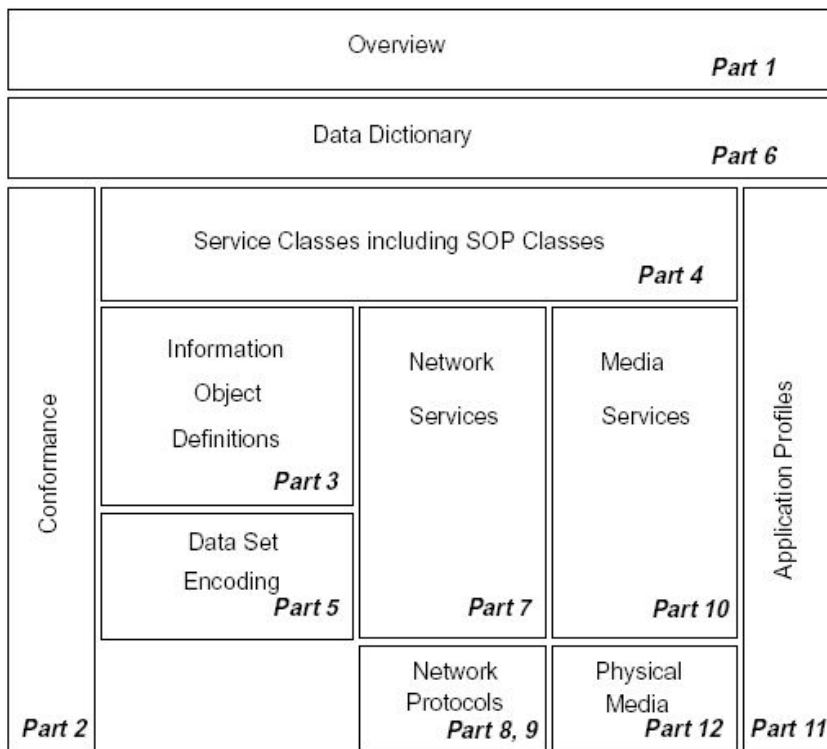


Рис. 1 – Поширений варіант схематичного зображення структури стандарту DICOM®

- параметри зображення або серії зображень, записаних в DICOM-файлі;
- унікальні ключі ідентифікації (UID — Unique Identifier) груп даних, описаних в DICOM-файлі;
- зображення, серію або набір серій, отриманих при обстеженні пацієнта;
- представлення, в першу чергу, PDF-документів в DICOM-файлі;
- представлення DICOM-запису на оптичні носії, включаючи DVD-формат;
- DICOM-протокол для передачі та прийому по TCP/IP.

### 3.1 Модальності медичних зображень в DICOM<sup>®</sup>

Стандартом DICOM<sup>®</sup> регламентуються наступні типи (у стандарті вони називаються *модальностями* (modality)) підтримуваних медичних зображень:

- **EPS** – Електрофізіологія серця (Cardiac Electrophysiology);
- **CR** – Комп'ютерна рентгенографія (Computed Radiography);
- **CT** – Комп'ютерна томографія (Computed Tomography);
- **DX** – Цифрова рентгенографія (Digital Radiography);
- **ECG** – Електрокардіографія (Electrocardiography);
- **ES** – Ендоскопія (Endoscopy);
- **XC** – Зовнішня фотографія (External-camera Photography);
- **GM** – Мікроскопія загального призначення (General Microscopy);
- **HD** – Криві кровотоку (Hemodynamic Waveform);
- **IO** – Рентгенографія ротової порожнини (Intra-oral Radiography);
- **IVUS** – Внутрішньосудинний ультразвук (Intravascular Ultrasound);
- **MR** – Магнітно-резонансна томографія (Magnetic Resonance);
- **MG** – Мамографія (Mammography);
- **MS** – Мікроскопія (Microscopy);
- **NM** – Ядерна медицина (Nuclear Medicine);
- **OP** – Офтальмологічна фотографія (Ophthalmic Photography);
- **PX** – Панорамна рентгенографія (Panoramic X-Ray);
- **PT** – Позитронно-емісійна томографія (Positron emission tomography)

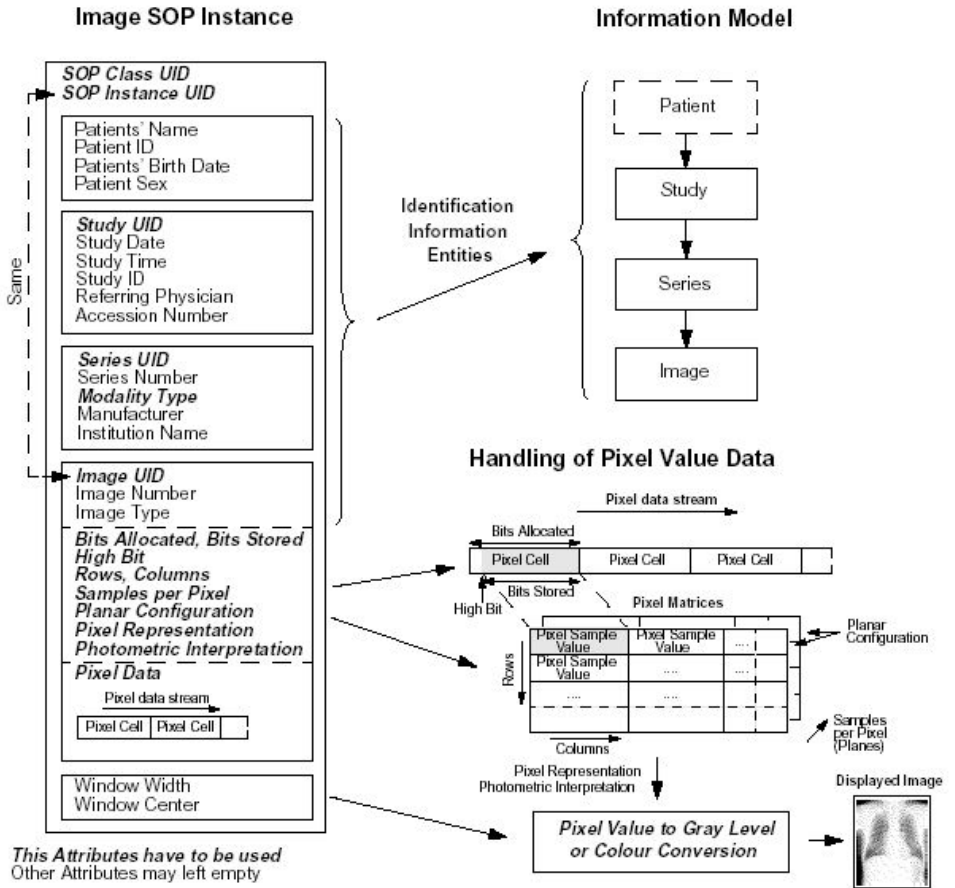


Рис. 2 – Інформаційна модель DICOM-файлу

- **RF** – Рентгенофлюороскопія (Radiofluoroscopy);
- **RG** – Рентгенографія (Radiographic imaging);
- **SM** – Слайд-мікроскопія (Slide Microscopy);
- **US** – Ультразвукова діагностика (Ultrasound);
- **XA** – Рентгенівська ангиографія (X-Ray Angiography);
- **BI** – Біомагнітні зображення (Biomagnetic imaging);
- **CD** – Кольорове доплерівське картування (Color flow Doppler);
- **DD** – Подвійне доплерівське картування (Duplex Doppler);
- **DG** – Діафаногія (Diaphanography);
- **LS** – Поверхнєве лазерне сканування (Laser surface scan);
- **ST** – Однофотонна емісійна комп'ютерна томографія (Single-photon emission computed tomography (SPECT));
- **TG** – Термографія (Thermography);
- **HC** – Тверда копія (зображення для друку, Hard Copy);
- **AU** – Аудіозаписи (Audio);
- **SR** – Документ структурованого звіту (SR Document);
- **SMR** – Стереометричне (об'ємне) зображення (Stereometric Relationship);
- **SC** – Вторинний захоплення (Secondary Capture);
- **OT** – Інше (Other).

До модальності Secondary Capture (SC) відносяться зображення, отримані шляхом вторинної обробки вже наявних медичних зображень, в тому числі:

- оцифровка аналогового відеосигналу за допомогою плат і пристроїв захоплення зображень (зазвичай ставляться між комп'ютером діагностичного пристрою і його монітором);
- оцифровка зображень, експонованих на повторно використувані аналогові носії (в спеціальних пристроях, що поставляються в складі PACS-систем);
- сканування рентгенівських плівок на спеціалізованих і офісних сканерах;
- захоплення зображення з екрану монітора;
- сканування паперових документів, наприклад роздрукувань електрокардіограм.

## 3.2 Представлення DICOM-файлів

Формат для офлайн-медіа-файлів вказаний у частині 10 стандарту DICOM®. Такі файли іноді називають „файлами частини 10“ (Part's 10 files).

DICOM обмежує імена файлів на DICOM-носіях до 8 символів (деякі системи неправильно використовують 8.3, але це не відповідає стандарту). З цих імен не слід витягувати інформацію (PS3.10, розділ 6.2.3.2). Це поширене джерело проблем із засобами отримання біомедичних зображень, створеними розробниками, які не уважно читали специфікації. Це є історичною вимогою для підтримки сумісності зі старими існуючими системами. Вона також передбачає наявність медіа-каталогу, файлу DICOMDIR, який надає інформацію про індекс та резюме для всіх файлів DICOM на носії. Інформація DICOMDIR надає істотно більше інформації про кожен файл, ніж будь-яке інше ім'я файлу, тому існує менша потреба у значущих іменах файлів.

Файли DICOM зазвичай мають розширення .dcm, якщо вони не є частиною медіа DICOM (у такому випадку стандарт вимагає, щоб вони не мали розширення).

Тип MIME для файлів DICOM визначається RFC 3240 як application/dicom.

Узагальнений ідентифікатор типу (актуально для систем, сумісних з Mac OS X) для DICOM-файлів — org.nema.dicom.

## 4 Мережевий DICOM-протокол

Мережевий DICOM-протокол використовує TCP/IP для передачі медичної інформації від медичного обладнання в PACS і для зв'язку між PACS<sup>1</sup>. Протокол трирівневий — нижній рівень (відразу над TCP) носить назву DUL (DICOM Upper Layer); над ним — сервіси: DIMSE (DICOM Message protocol) і ACSE (Association Control protocol - standard OSI protocol); і вище — DICOM Application

---

<sup>1</sup>PACS — системи передачі та архівації DICOM-зображень, будуть розглянуті далі



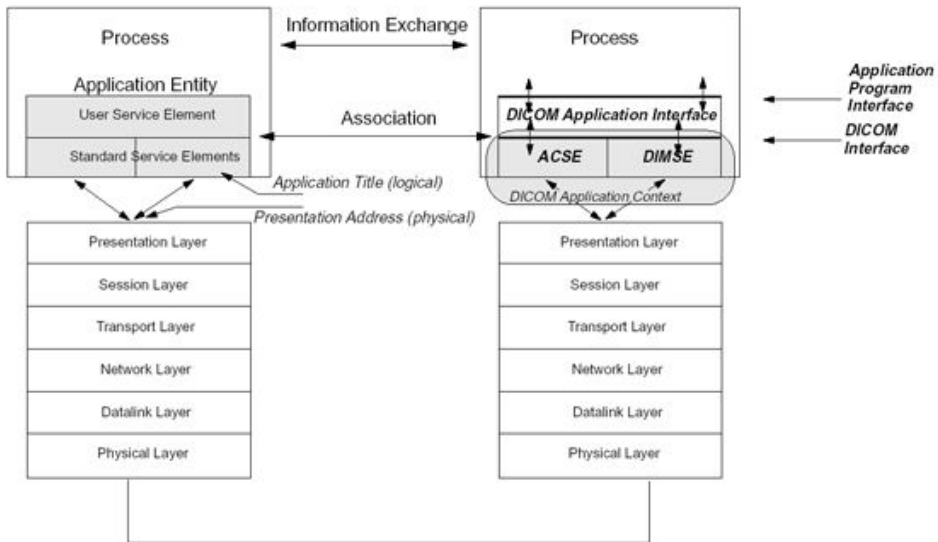


Рис. 3 – Представлення рівнів DICOM та ТС/IP-протоколу

Interface. Над ними розташований рівень додатків (Medical Imaging Application).

Стандарт DICOM дозволяє виробляти інтеграцію медичного обладнання різних виробників, включаючи DICOM-сканери, DICOM-сервери, автоматизовані робочі місця і DICOM-принтери в єдину радіологічну або медичну інформаційну систему.

Мережевий стандарт DICOM<sup>®</sup> включає в себе ряд мережевих (основних) сервісів:

- DICOM Store (сервіс зберігання) — запам'ятовування (збереження) зображень та іншої інформації;
- DICOM Query / Retrieve (сервіс запитів) — запит і отримання списку пацієнтів або досліджень з іншого DICOM-пристрої;
- DICOM Media Store (сервіс збереження на медіа) — збереження даних на носіях інформації для обміну даними;
- DICOM SCP (Service Class Protocol) — реалізує роль сервера в DICOM-мережі;
- DICOM SCU (Service Class User) — реалізує роль клієнта в DICOM-мережі;

- DICOM Modality Worklist (робочий список досліджень) — список необхідних для пацієнтів досліджень, який може бути отриманий запитом користувача до системи;
- DICOM Print (сервіс друку) — служба друку на спеціалізованих DICOM-принтерах (плівкових з високою роздільною здатністю або повнокольорових), що працюють по DICOM-протоколу.

Стандарт DICOM<sup>®</sup> включає в себе основні мережеві команди, кожна з яких здійснює як запит (*request*) - в основному відправляє „клієнт“ (SCU), так і відгук (*response*) - в основному відповідає „сервер“ (SCP):

- **Echo** — перевіряє наявність DICOM-з'єднання між двома DICOM-пристроями;
- **Find** — здійснює пошук DICOM-елементів або DICOM-файлів пацієнтів на обраному DICOM-пристрої;
- **Get** — зчитує DICOM-елементи пацієнтів з обраного DICOM-пристрої;
- **Set** — встановлює DICOM-елементи на обраному DICOM-пристрої;
- **Store** — зберігає DICOM-елементи або DICOM-файли на обраному DICOM-пристрої;
- **Move** — копіює (переносить) DICOM-елементи або DICOM-файли пацієнтів з одного DICOM-пристрою на інший.

Стандартом DICOM<sup>®</sup> зарезервовано наступні номери портів TCP і UDP адміністратором Internet Assigned Numbers Authority (IANA):

- **104** — відомий (well-known) порт для DICOM по протоколу керування передачею (TCP) або протоколом дейтаграм користувача (UDP). Оскільки 104 знаходиться в резервній підмножині, багато операційних систем вимагають спеціальних привілеїв для його використання;
- **2761** — зареєстрований порт для DICOM з використанням інтегрованого безпечного рівня комунікації (ISCL) через TCP або UDP;

- **2762** — зареєстрований порт для забезпечення безпеки на транспортному рівні (TLS) через TCP або UDP;
- **11112** — зареєстрований порт для DICOM з використанням стандартного, відкритого зв'язку через TCP або UDP.

Стандарт рекомендує, але не вимагає використання цих номерів портів.

## 5 PACS

**PACS** (англ. *Picture Archiving and Communication System*) - системи передачі і архівації DICOM зображень, припускають створення спеціальних віддалених архівів на DICOM-серверах, де великий за обсягом архів може тривалий час існувати в „гарячому“ вигляді і бути швидко доступним для пошуку і перегляду по DICOM-мережі.

### 5.1 Архітектура PACS

Архітектура PACS представляє медичну інформаційну систему, побудовану за технологією DICOM-клієнт-сервер (Client/Server), що базується на стандарті DICOM<sup>®</sup> і складається з взаємозв'язаних компонентів:

- медичного DICOM-обладнання *DICOM Client* – Service Class User (SCU),
- одного (обов'язково) або декількох *DICOM Server*-ів - Service Class Provider (SCP), однієї або кілька Робочих діагностичних DICOM Станцій - Service Class User (SCU),
- одного або декількох *DICOM Print*-ерів (не обов'язково) — Print Management Service Class (PMSC),

які в сукупності становлять основу адіологічної інформаційної системи RIS (Radiology Information System), яка є частиною клінічної інформаційної системи HIS (Hospital Information System).

Забезпечення в PACS-системі функцій інтеграції та взаємодії з медичним радіологічним устаткуванням (рентгенівські апарати,

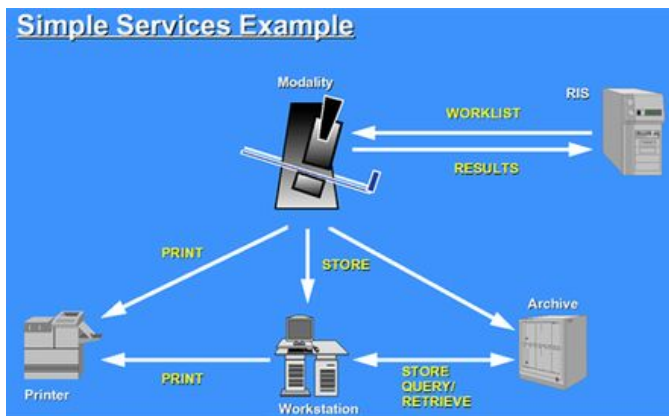


Рис. 4 – Архітектура PACS

комп'ютерна томографія, ЯМР-томографія (МРТ) і т. п.), DICOM-станціями обробки і DICOM-принтерами засноване на мережевому TCP/IP DICOM-протоколі, для чого на обох сторонах взаємодіючих об'єктів досить прописати IP-адресу, порт (TCP/IP) і AETitle в конфігураційних файлах DICOM-додатків або DICOM-сервісах.

DICOM-протокол, в силу відсутності механізмів прив'язки до конкретної операційної системи, дозволяє об'єднувати в PACS-систему медичні DICOM-комплекси, DICOM-сервери, DICOM-станції та DICOM-принтери, побудовані на різних операційних системах: Windows (починаючи з NT версій), Linux, MacOS X, FreeBSD та Unix.

Встановлення зв'язку між територіально рознесеними PACS-системами, або PACS-системою і DICOM-клієнтом, проводиться шляхом встановлення VPN-з'єднання (Virtual Private Network) з утворенням професійної медичної Інтранет-мережі (IntraNet), що працює по DICOM-протоколу.

## 5.2 DICOM-клієнт

DICOM-клієнт — це медичний апарат з вбудованим DICOM Client сервісом (SCU) для передачі на DICOM-сервер результатів досліджень у вигляді групи DICOM-файлів по DICOM-протоколу.

За цією технологією побудовано медичне цифрове DICOM-обладнання для галузей медицини, перерахованих вище у підрозділі 3.1.

Для передачі на DICOM-сервер кожен DICOM-файл, генерується DICOM-клієнтом в момент передачі з елементів внутрішньої бази даних та кадру (або серії кадрів) дослідження пацієнта, збережених на твердих носіях медичного апарату. Для цього DICOM-клієнт „домовляється“ з DICOM-сервером по DICOM-протоколу на передачу кожного DICOM-файлу.

Для отримання DICOM-файлу (або групи DICOM-кадрів) так само задіюється сервіс DICOM Client (SCU), який, за допомогою SQL запитів в базу даних DICOM-сервера на іншій стороні ініціює процес передачі файлів по DICOM-протоколу на DICOM-станцію (DICOM WorkStation) обробки медичних зображень.

### 5.3 DICOM-станції

*DICOM WorkStation* — робоча DICOM-станція — являє собою діагностичний DICOM Client — обов'язковий компонент медичних PACS-систем, на який покладена місія допомоги медичному персоналу в проведенні максимально достовірних діагностичних досліджень.

Робоча DICOM-станція — це програмно-апаратний комплекс з розширеними функціями обробки і візуалізації медичних зображень, де обробка частково виконується програмно, а частково реалізується на електронному рівні, що дозволяє проводити складні спеціалізовані маніпуляції з об'єктом в режимі реального часу при мінімальному часу обстеження. У цьому полягає одна з принципових відмінностей робочих DICOM-станцій від *DICOM Viewer*-ів, реалізованих тільки на програмному рівні і маючих спрощені функції обробки, і, як наслідок, обмежені можливості діагностики.

Робоча DICOM-станція комплектується одним або декількома медичними моніторами (*Medical Monitor*) з високою роздільною здатністю, які підтримують внутрішню колірну таблицю DICOM (або таблицю сірого DICOM grayscale standard display function — GSDF), яка забезпечує кодування, можливість обробки та відображення не менше 12-ти біт на піксель.

Якщо DICOM-станція локально працює з радіологічним апаратом то на ній встановлюють „DICOM Server“ для передачі на нього DICOM-файлів від апарату (або групи апаратів), що підтримують DICOM-протокол.

В залежності від спеціалізації по виду оброблюваних даних DICOM-станції поділяються на типи відповідно до модальностей (див. підрозділ 3.1). В залежності від типу обробки DICOM-станції поділяються на

- станції 2D-обробки медичних зображень;
- станції 3D (4D) реконструкції медичних зображень;
- станції цифрового TV-захоплення і конвертації в DICOM серії медичних TV-зображень;
- станції оцифровки плівок (дігітайзери плівок або пластин на запам'ятовуючих люмінофорах) з конвертацією в DICOM-формат;
- CAD — вузько-спеціалізовані автоматизовані системи діагностики та планування хірургічних операцій.

Окремі DICOM-станції можуть поєднувати в собі повні або часткові функції станцій інших типів, такі DICOM-станції наближаються до так званих „універсальних“ DICOM-станцій обробки медичних зображень.

Робоча DICOM-станція, що виконує деякі інформаційно-клінічні функції, застосовується як „АРМ<sup>2</sup> лікаря-радіолога“ або „АРМ лікаря-рентгенолога“, в залежності від спеціалізації.

## 5.4 DICOM-принтери

*DICOM Print* — служба DICOM-друку — представляє процедуру взаємодії друкувального пристрою — DICOM-принтера (DICOM Printer), заснованого на стандарті друку PostScript Level3, з зовнішніми DICOM-клієнтами друку.

Друкувальний пристрій, що здійснює функцію DICOM Print, називається DICOM-принтером — апаратом, що виконує напівтоновий друк на плівках з високою роздільною здатністю або пов-

---

<sup>2</sup>АРМ — автоматизоване робоче місце

нокольоровий, на якому працює серверна служба DICOM Print Server.

DICOM-протокол Print Management Service Class забезпечує передачу як керуючих команд і конфігураційних файлів друку, так і DICOM-файлів, на DICOM-принтер.

При розмірі плівки 17"x17" (17 на 17 дюймів, або приблизно 43x43 см) і 320 dpi (основна роздільна здатність DICOM-принтерів) розмір файлу друку досягає 60 Мб і, для підтримки черги друку, на DICOM-принтер встановлюється жорсткий диск.