

핵의학 DICOM 영상 Data 분석

*연세대학교 BK21 의과학과, †연세대학교 진단방사선과, †연세대학교 방사선의과학연구소,
‡인피너트, §연세대학교 의공학부

김새롬*† · 정해조†‡ · 성민모§ · 최승욱§ · 장봉문*‡ · 양건호*‡§ · 김희중*†‡

현재 많은 병원의 핵의학과에서 핵의학 장비를 이용하여 많은 수의 핵의학영상을 생성하고 있다. 생성된 핵의학영상은 환자의 질병을 진단 또는 치료하기 위해 기능적 정보를 많이 포함하고 있다. 하지만 이렇게 중요한 기능적 정보가 현재의 PACS 에서는 그 중요한 기능적 정보를 모두 표현하지 못 하는 문제점이 있다. DICOM 에서는 핵의학 영상 및 데이터에 대하여 표준을 정해놓고 그 표준을 따르도록 규정하고 있다. 이러한 DICOM 3.0 표준에서 핵의학 영상 및 데이터에 대하여 표준을 정해놓은 일은 비교적 최근의 일이어서 많은 수의 핵의학 영상 장비나 PACS에서는 핵의학 영상에 대한 특징이 반영되지 않고 있는 실정이다. 이에 핵의학 영상의 호환성을 향상과 PACS와 핵의학 장비간의 호환성을 향상시키기 위하여 DICOM 3.0 Part 3에 정의된 IOD 중 꼭 필요하다고 생각되는 최소한의 Tag들을 선별하여 Guideline을 작성하여 DICOM 영상을 Guideline의 내용을 토대로 분석하였고 핵의학 영상이 PACS에서 제대로 활용되지 못 하는 원인을 분석 하였다.

중심단어: 핵의학, DICOM

서 론

국내에서는 1990년대 중반부터 PACS(Picture Archiving and Communication System)를 도입하기 시작하였으며, 1999년 말부터 PACS에 대한 보험수가가 인정된 후, PACS 설치가 활발하여, 현재 전국적으로 약 300개 병원이 PACS를 설치하여 진료와 연구에 활용하고 있다. 각 병원에 구축되어 있는PACS는 DICOM (Digital Imaging Communications in Medicine) 3.0 표준을 준수하며 어느 병원에서도 환자의 정보와 영상을 쉽게 주고 받을 수 있도록 설계되었다. 대부분의 중대형 병원의 핵의학과에서는 핵의학 장비를 이용하여 많은 수의 핵의학영상을 생성하고 있다. 이렇게 생성된 핵의학영상은 환자의 질병을 진단 또는 치료하기 위해 기능적 정보를 많이 포함하고 있다. 하지만 이렇게 중요한 기능적 정보가 현재의 PACS 에서는 그 중요한 기능적 정보를 모두 표현하지 못 하는 문제점이 있다. DICOM 에서는 핵의학 영상 및 데이터에 대하여 표준을 정해놓고 그 표준을 따르도록 규정하고 있다. 이러한 DICOM 3.0 표준에서 핵의학 영상 및 데이터에 대하여 표준을 정해놓은 일은 비교적 최근의 일이어서 많은 수의 핵의학 영상 장비나 PACS에서는 핵의학 영상에 대한 특징이 반영되지 않고 있는 실정이다. 이에 핵의학 영상의 호환성을 향상과 PACS와 핵의학 장비간의 호환성을 향상시키기 위하여 DICOM 3.0 Part 3에 정의된 IOD (Information Object Definition) 중 꼭 필요하다고 생각되는 최소한의 Tag들을 선별하여 Guideline을 작성하였고 핵의학 영상이 PACS에서 제대로 활용되지 못 하는 원인을 분석 하였다.

재료 및 방법

1. DICOM

지난 30년 동안 의료 분야에서 디지털 장비들의 사용은 급격히 증가하였다. 현대적인 방사선 장비를 이용한 분야나 임상적인 분야까지 다양한 디지털 의료 장비를 갖추게 되었다. 특히 CT나 MRI를 이용한 분야에서 주도적으로 발전되었다. 의료 분야의 디지털화는 의료 분야의 표준화를 주도하였고 의료 작업을 경제적이고 효율적으로 만들었다¹. 이러한 디지털화는 다양한 디지털 의료 데이터, 의료 장비, 저장소, 의료 정보 등의 통합이 주된 관심사이며 제조사에 상관없는 표준화가 핵심 목적이다^{2,3}. DICOM은 방사선학 분야의 핵심 표준으로 자리잡았고 다른 의료 분야에서의 사용도 증가하고 있는 추세이다.

DICOM의 목적은 진단과 치료정보, 영상 그리고 이와 관련된 모든 것들의 통신이 가능하게 하는 것이다. 연결성과 호환성, work-flow 최적화는 DICOM의 주된 의도이다. 이 표준의 주된 특징은 사용자들과 제조사들의 협력이다. 현재 대부분의 의료 관련 회사들은 DICOM 위원회의 회원이며 연구소와 학교소속 학자들이 앞서 언급한 사용자 회원이다. 이러한 사용자들은 방사선 분야뿐 아니라 심장학, 안과, 피부과 같은 개업의사들도 포함한다.

DICOM은 ACR(American College of Radiology)과 NEMA(National Electrical Manufactures Association)의 협력에 근거하여 개발되었다. 1983년 ACR과 NEMA는 제조사들의 표준에 상관없이 데이터를 전송할 수 있게 하기 위해 합동위원회를 설립하였다.

1985년 ACR-NEMA 1.0 표준이 이들 합동위원회에 의해 발표되었다. 이는 'ACR-NEMA Standard Publications 300-1985'라고 불린다. 이 표준은 매체에 저장하고 통신하기 위한 방법을 제안하였고 소유권이 없다. 이 표준은 1988년 ACR-NEMA 2.0으로 개정되어 발표되었다. ACR-NEMA 2.0에서 이미 용어에 대한 정의와 자료 구조와 자료 부호화에 대해 정의하였다. DICOM 3.0은 ACR-NEMA의 개정판으로 1993년 발표되었다. 이전 버전의 표준과 달리 'Digital Communications in Medicine'으로 불리게 되었다. ACR-NEMA 2.0과의 주된 차이점은 네트워크 프로토콜 규정을 ISO/OSI 모델을 신뢰하고 TCP/IP 프로토콜을 사용하여 제조사에 종속된 서비스를 다른 제조사의 서비스와 통신하게 하였다. DICOM 3.0에 사용된 자료 구조는 서비스와 대상(objects)에 유일한 구분자(ID)를 부여하는 방식을 기본으로 한다. 여기서 말하는 대상은 영상이나 환자 데이터, 생체 신호 파형, 보고서까지 포함한다. DICOM은 계속해서 발전하고 있고 이제는 Work-Flow효율을 증진시키기 위한 연구가 활발히 진행 중이다. 이러한 노력의 일환으로 DICOM은 PACS와 의료정보시스템분야 사이에서 중요한 인터페이스 역할을 하고 있다.

DICOM과 ISO/OSI 모델의 유사한 점은 여러 계층으로 구성된 프로토콜이라는 점이다. DICOM은 최상위 계층 프로토콜로 TCP/IP를 사용한다. 이 최상위 프로토콜을 이용하여 다른 모달리티를 검색하고 메시지를 주고 받으며 서비스를 제공 또는 제공받는다. DICOM은 물리적 통신 매체와는 무관하다^{4,5}.

DICOM은 의료 영상과 그와 관련된 데이터, 영상 전송과 영상 인쇄등의 네트워크 지향 서비스, 데이터 교환을 위한 물리적 매체의 규격, Work-flow 관리, 의료기기와 의료 소프트웨어의 적합문서(conformance statement)까지 모든 분야를 포함한다^{4,6}.

Information Object Definition(IODs)⁷는 DICOM 자료 구조의 핵심이다. IODs는 CT나 MRI와 같은 영상 데이터를 정의하는데 사용되고 이들 영상과 관련된 보고서(DICOM Structured Reporting IOD)와 같은 데이터 형식의 정의하는데도 사용된다. IODs는 'header'로 명명된 객체지향적 구조(Object-Oriented Structure)에서 사용되는 오브젝트(object)의 형태와 그 오브젝트의 속성(Attribute)을 나타내는 값으로 정의된다. 이러한 오브젝트들은 환자 데이터나 보고서, 수행된 study등에 적용된다.

각각의 DICOM IODs는 몇 개의 그룹으로 분류되며 그 자체로서 의미를 규정짓는다⁸. 예를 들면 그룹 8은 모달리티와 검사의 특징 또는 referring physician(0008/0090)에 대한 정보를 포함한다. 그룹 10은 환자 정보를 위해 참고 된다. IODs는 영상을 획득한 기술에 대하여 그 자체로서 문서화 될 수 있는 정보를 포함한다. 예를 들면 X-ray 노출에 관계된 voltage(0018/0060), exposure data(0018,1150), filtering, grid와 processing등의 정보를 포함한다. IODs중에서 특히 (0020/000D)와 (0020/000E) 필드는 중요하다. 왜냐하면 study와 series에 대해 분명한 Unique Identifiers(UID)를 포함하고 있기 때문이다.

IODs에 정의된 어떤 속성은 의무적으로 포함되어야 하며(type 1 fields) 해당 속성에 해당하는 정확한 값을 포함하여야 한다 (e.g., UIDs). 반면에 다른 속성은 선택적으로 추가할 수 있다. 또한 개인 속성(private attributes)라고 불리는 속성들은 DICOM 표준 의료 장비에서는 인식되지 않지만 의료 장비 제조 업체가 고유의 용도로 사용되고 있다. 개인 속성들은 대부분 영상의 후처리에 관하여 사용된다. 아직까지 과거의 모달리티나 이러한 DICOM의 IODs의 정의를 따르지 않는 모달리티에서 생성된 DICOM 데이터가 아직 까지 많은 병원 등의 진료 기관과 및 연구소나 학교에서 사용되고 있다. 이러한 DICOM의 의무적인 정의를 포함하는 DICOM 파일을 만들지 못 하는 모달리티에서 생성된 영상의 경우 다른 이 기종의 장비와 통신하는데 많은 어려움이 있다^{9,10}. Fig. 1은 DICOM 파일의 일반적 구조이다.

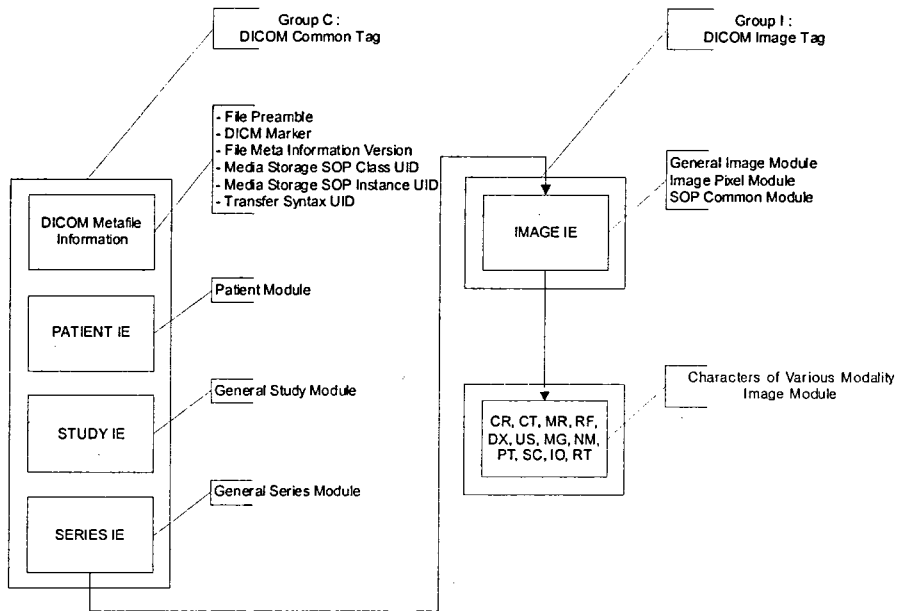


Fig. 2. Schematic diagram illustrating the structure of DICOM image data defined in the DICOM CD recommended guideline.

2. DICOM 영상 검증

DICOM 3.0 표준은 그 양이 매우 많고 지속적으로 업그레이드되고 있기 때문에 DICOM 3.0 표준을 엄격히 지키기 어렵다. 따라서 PACS CD Guideline은 DICOM 3.0 Part 3에 정의된 IOD(Information Object Definition)중 영상에 관련된 IOD를 선별하여 꼭 필요한 IOD를 선별하였다. 선별한 IOD는 DICOM 파일이 공통적으로 가져야 할 DICOM File Meta Information Tag와 각각의 DICOM 파일이 가져야 할 최소한의 영상 정보 Tag들을 정의 하였다. 다음으로 영상을 포함하는 파일은 DICOM 영상 정보에 대한 최소한의 Tag를 선별하였다. Modality에 따른 영상의 특징은 CR, CT, MR, US, SC, XA, RF, DX, MG, IO, NM, PT IOD를 선택하였다. 선택된 IOD의 필요한 IE (Information Entities) 중 mandatory로 설정되어 있는 Tag 들을 정의하고, 최소한의 필요한 Tag 들만을 선별하기 위하여 Type 1, Type 1C로 정의된 Tag들만 선택하였다. DICOMDIR의 경우 꼭 필요하다고 생각 되어지는 Type 2의 Tag 값도 선택하였다. 작성된 Guideline을 바탕으로 DICOM Data 검증 툴킷을 설계하였다.

3. 핵의학 영상 분석

핵의학영상이 PACS에서 제대로 활용되지 못 하는 원인을 분석하기 위해서 연세대학교 핵의학과 임상진료과 원인을 분석해 보았다. 원인은 핵의학 장비에서 보여지는 핵의학영상만의 특징을 분석하고 PACS에서 핵의학 영상이 현실적으로 어떻게 임상진료과에게 보여지는지 조사 하였다.

결 과

DICOM은 의료 영상 및 정보의 저장과 통신에 대한 규약의 하나이다. 현재 세계적으로 가장 널리 받아들여지고 있는 표준이다. 일반적으로 DICOM Data의 PACS 유입은 환자의 이전 검사결과를 다시 이용하고 중복 검사를 배제하며, 기존의 필름보다 적은 비용으로 환자의 검사 결과를 이동할 수 있어 그 수요가 증대되고 있다. 개발한 검증 툴을 이용하여 PACS에 저장되지 않는 DICOM Data를 분석하였고 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. group length 의 문제 : 각 group element 별로 group length 태그 (xxxx,0000)를 갖는데, group length의 value와 실제 group 의 총 bytes 길이와 일치하지 않는 경우 import는 되지만 영상은 보이지 않았다.

2. SOP Class UID/Transfer Syntax의 문제 : SOP Class UID가 DICOM Standard에서 정한 값들을 사용하지 않고 임의의 UID를 넣은 경우 PACS 에 영상을 저장할 수 없었다.

3. Transfer Syntax 에 정의된 값과 실제 encoding 된 DICOM 이 일치 하지 않는 경우 : PACS 뷰어에서 DICOM에 저장된 영상을 볼 수 없었다.

4. DICOMDIR 의 File ID의 문제 : DICOMDIR 의 File ID 는 파일의 위치를 가리키는 것이다. 하지만 이 File ID가 실제 PACS CD에 저장된 경로와 다른 경우 자동화된 PACS에서 유입 할 수 없었다.

5. DICOMDIR이 root directory에 저장되지 않은 경우 : 대다수의 PACS는 PACS CD 데이터를 유입할 때 최상위 root directory를 참고하여 DICOMDIR을 찾는다. 그렇기 때문에 최상위 디렉토리에 DICOMDIR파일이 존재하지 않으면 PACS에 DICOM 데이터를 유입할 수 없는 경우가 있었다.

핵의학영상이 PACS에서 제대로 사용되지 못 하는 원인을 두 가지 측면에서 분석해 보았다. 첫 번째 Archiving 단계의 문제점으로서 핵의학 영상 장비에서 획득된 영상은 일반적으로 DICOM으로 변환되거나 Secondary Capture기능을 이용하여 DICOM SC(Secondary Capterure) 형태의 영상으로 변환된다. SC영상의 경우 원영상의 정보가 제대로 표현되지 못 하는 문제점이 있다. 특히 12-bit 의 Window Level을 갖는 핵의학 영상의 경우 baseline정보가 변경되면 임상진료가 원하는 정보를 볼 수 없는 문제점이 발생 하였다. 두 번째 Display 단계의 문제점은 앞서 언급한 Archiving단계의 문제점으로 인하여 발생하는 핵의학 영상 정보의 소실과 현재 PACS 시스템이 최소한 Hot metal 계열 또는 Rainbow 계열의 Pseudo Color Mapping 을 해주지 못 하는 문제점이 있었다. 또한 이러한 Pseudo Color Mapping을 지원한다고 하여도 Window Width가 baseline을 기준으로 전체 영역을 표현하지 못 하여 원하는 정보를 확인할 수 없는 경우도 있었다.

토 의

완성된 시스템을 이용하여 성공적으로 PACS CD 데이터의 문제점을 분석할 수 있었고, 이러한 결과를 바탕으로 일반적인 DICOM 파일의 문제점도 평가할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Peter M., Marco E., Eric M., Introduction to the DICOM standard, Eur Radiol 2002;12:920-927
2. Heiss D., Konig A., Endres S., Pfluger T., Pfeifer K.J., Hahn K. A combined PACS and Internet information system in a university medical center. Forschr Rontgenstr 2000;172:542-552
3. Foord K.D, PACS workstation respecification: display, data flow, system integration, and environmental issue, derived from analysis of the Conquest Hospital pre-DICOM PACS experience. Eur Radiol 1999;9:1161-1169
4. Martin E. DICOM Strategic Document. <http://medical.nema.org/dicom/geninfo/dicomstrategyv105/docomstragegyv105.htm>, 2001
5. Heautot JF., Eichelberg M., Gibaud B., Treguier C., Lemonie D., Scarabin JM., Piqueras J., Carsin M., Gandon Y. The RETAIN project: DICOM teleradiology over an ATM-based Network. Radiological Examinations Transfer on an ATM Integrated Network. Eur Radiol 2000;10:175-182
6. Eichelberg M. Einfuhrung in das Konzept des DICOM Standard. In:Klose KJ., Mildenerger P (eds) 2. DICOM Treffen Mainz. @GIT, Mainz, 1998
7. Clunie D, Warking through the standard. In: Clunie D (ed) DICOM structured reporting. PixelMed, Bangor, Pennsylvania, 2000. p.345-353
8. Eichelberg M, Riesmeier J, Demarmels M, Kleber K, Holstein J, Przybyolwicz J, Ossterwijk H, Demonstration of the DICOM softcopy presentation state, Eur Radiol 1999;9:S562
9. Mildenberger P., Standards in digital imaging communication and archiving (editorial). Fortschr Rontgenstr 1999;171:1-2
10. Mildenberger P., Jenschke P., Use of the DICOM standard in a heterogeneous environment. Incompatibility or interoperability? Radiologe 1999;39:282-285