

PACS CD DICOM 데이터 검증
툴킷 개발

연세대학교 대학원

의과학과

김새롬

PACS CD DICOM 데이터 검증
툴킷 개발

연세대학교 대학원
의과학과
김새롬

PACS CD DICOM 데이터 검증
툴킷 개발

지도교수 김 희 중

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2004 년 12 월 일

연세대학교 대학원

의과학과

김 새 롬

김재롬의 석사 학위논문을 인준함

심사위원_____인

심사위원_____인

심사위원_____인

연세대학교 대학원

2004년 12월 일

감사의 글

2 년간의 학위과정이 지나고 이제 그 작은 결실을 맺게되었습니다. 먼저 본 논문의 완성까지 세심한 배려와 관심을 아끼지 않으신 김희중 교수님께 마음속 깊이 감사드립니다. 많은 충고와 조언을 통해 논문의 부족한 점을 지적해주신 선우일남 교수님과 유선국 교수님께도 감사의 마음을 전합니다. 항상 격려의 말씀을 통해 저에게 힘을 주셨던 핵의학과 박해정 교수님과 의공학과 김남현 교수님께 감사의 마음을 전하며, 전반적인 랩 생활에 헌신적인 도움을 주신 정해조 박사님, 연구실생활의 버팀목이 되어주었던 강원석 연구원의 모든 연구원들께 감사드립니다. 언제나 저를 믿고 힘이 되어준 제 소중한 가족들에게 말로는 다 못할 사랑의 마음을 전하며 짐심으로 감사드립니다. 마지막으로 제 삶을

이끌어주시고 기쁨 충만한 은혜와 희망으로 늘 새로운
하루를 살아가도록 힘이 되어주시는 부모님께
감사드립니다.

2004. 12.

저 자 씬

차 례

I. 서 론	3
II. 재료 및 방법	5
1. DICOM.....	5
2. PACS CD 데이터 기술 분석	9
(1) PACS CD 데이터 호환성 분과 의원의 역할 및 목표.....	9
(2) PACS CD 데이터 구성 권고안 구성	11
(3) PACS CD 검증 툴킷 개발.....	14
(4) 반입되지 않는 PACS CD 데이터 분석	16
III. 결과.....	18
IV. 고찰	30
참고문헌	33
ABSTRACT	36

그림 차례

Figure 1. Schematic diagram illustrating the structure of DICOM image data defined in the DICOM CD recommended guideline.	12
Figure 2. Flow chart of DICOM CD data evaluation was utilized in the designing of DICOM CD validation toolkit.	15
Figure 3. The number of errors detected in the evaluation of DICOM CD data using the DICOM CD validation toolkit.	17
Figure 4. Screen illustrating the validation results of the DICOMDIR of DICOM CD data using the DICOM validation toolkit.	23
Figure 5. Screen illustrating the validation results of the CT DICOM CD data using the DICOM validation toolkit...	24

표 차례

Table 1. Definition of Group C in DICOM CD guideline	20
Table 2. Definition of Group I in DICOM CD guideline.....	21
Table 3. Existence and nonexistence of DICOMDIR used in validation of the DICOM CD data	25
Table 4. Validation results of DICOMDIR files having errors	26
Table 5. Validation result of Common IE occurring the import errors.....	26
Table 6. Validation result of Image IE occurring the import errors.....	27
Table 7. Validation result of DICOM CD data occurring the import errors	29

국문요약

PACD CD DICOM 데이터 검증 툴킷 개발

현재 많은 병원에서 PACS(Picture Archiving and Communication System) CD를 제작하고 있지만 검증되지 않은 DICOM, DICOMDIR 파일들로 인해 각 병원 PACS간의 호환성이 문제가 되고 있다. 이는 환자에게 시간적, 물리적 불편을 야기하고 PACS 운영팀의 부가적인 업무를 초래하고 있다. 이러한 문제는 DICOM(Digital Imaging Communications in Medicine) 3.0 표준의 양이 매우 방대하고 지속적으로 업그레이드되기 때문에 DICOM 3.0표준을 엄격히 지키기 어려워서 발생한다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 PACS CD 데이터 권고안(guideline)을 제작하고 이를 바탕으로 PACS CD 데이터를 검증하여 PACS CD 데이터의 호환성을 향상 시킬 수 있는 방법을 모색하고자 한다. 본 연구에서는 PACS CD 데이터 권고안을 제작하기 위해 DICOM 3.0 Part 3에 정의된 IOD(Information Object Definition)중 영상에 관련된 IOD를 선별하였다. PACS CD 데이터 권고안에서 사용할 영상은 CR, CT, MR, US, SC, XA, RF, DX, MG, IO, NM, PT 영상 IOD를 선택하였다. 선별한 IOD에서 DICOM 파일이 공통적으로 가져야 할 DICOM File Meta Information tag와 각각의 DICOM 파일이 가져야 할 최소한의 영상 정보 tag를 정의 하였다. 다음으로 모달리티(modality)의 특징을 나타내는 영상 정보 tag를 정의 하였다. 선택방법은 DICOM 영상 IOD의 IE (Information Entities) 중 의무적으로(mandatory) 정의되어 있는 type 1 tag 들을 선택하고, 조건에 따라 필요할 수도 있는 type 1c tag들도 선택하였다. DICOMDIR의 경우 꼭 필요에 따라 type 2의 tag 값도 선택하였다. 작성된 PACS CD 데이터 권고안을 바탕으로 PACS CD 데이터를 검증 할 수

있는 툴킷을 설계하였다. PACS CD 데이터 검증결과를 얻기 위해 대한 PACS 학회에서 제공한 PACS CD 데이터를 사용하였다. 검증에 사용된 PACS CD 데이터는 각 병원에서 PACS에 반입(import) 되지 않은 CD로서 검증 결과 상당수의 DICOM 영상이 DICOM Part 3에 정의된 내용을 만족하지 않은 것을 확인할 수 있었다. 검증된 결과를 토대로 실제 PACS에 PACS CD 데이터가 저장되지 않는 원인 분석을 실시 하였다. PACS CD 데이터의 호환성 향상을 위해서는 앞서 분석된 결과를 토대로 현재 각 병원에 설치되어 있는 PACS CD 반입 소프트웨어를 업그레이드 해야 할 것으로 사료되며, IHE(Integrating the Healthcare Enterprise) PDI(Potable Display for Imaging) profile과 호환성 측면은 계속 연구되어야 할 것이다.

PACD CD DICOM 데이터 검증 툴킷 개발

<지도교수 김희중>

연세대학교 대학원 의과학과

김새롬

I. 서론

국내에서는 1990년대 중반부터 PACS를 도입하기 시작하였고, 1999년 말부터 PACS에 대한 보험수가가 인정된 후, PACS 설치가 활발히 진행되어, 현재 전국의 약 300개 병원이 PACS를 설치하여 진료와 연구에 활용하고 있다. 각 병원에 구축된 PACS는 DICOM 3.0 표준을 준수하며 어느 병원에서도 환자의 정보와 영상을 쉽게 주고 받을 수 있도록 설계되었다고 하지만 다른 병원으로 환자 의료 정보와 의료 영상을 옮길 경우 호환성 문제가 발생한다. 특히 대형 종합병원의 경우 하루에 반입하는 DICOM CD의 수가 10-20건에 달하고, 그 중 DICOM CD에 문제가 있어 반입하기가 어려운 경우가 종종 발생하고 있다. 이는 PACS 관리를 담당하고 있는 운영자들의 업무를 가중시키며, 환자들에게 시간적, 물리적인 불편을 주고 있다. 위와 같은 문제가 발생하는 이유는 DICOM 3.0 표준이 너무 방대한 내용을 포함하고 있고 내용이 계속해서 개정되고 있어서 모든 내용을 준수하기가 매우 어렵기 때문이다. 물론 의료영상장비에서 생성되는 영상들이 DICOM 3.0 표준을 따르지 않거나, ACR/NEMA 2.0 표준을 따르는 경우에도 위와 같은 상황이 발생한다. 현재 DICOM 적합도 문서(Conformance Statement)는 주로 DICOM 상호 작용(Interoperability)에 대하여 정의하고 있다. 게다가 이러한

문서를 바탕으로 수행된 적합도 검사 결과는 모달리티와 PACS 간의 또는 기존 PACS 장비와 신규 PACS 장비간의 상호 작용 및 통신에 대한 내용이 대부분이다. 또한 현재 활발히 연구중인 IHE Connectathon 도 각 장비간의 상호 작용에 대한 검증 방법을 제공하고 Mesa 톨킷을 제공하여 검증 받기를 권장하고 있는 수준이다. 따라서 본 연구는 PACS CD 데이터가 SOP(Service Object Pair)로서 PACS 에 전송되고 저장되는 단계에서 최종적으로 저장되지 못한 PACS CD 데이터를 수집하여 상호 작용이 되지 않는 원인을 분석 하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. DICOM

지난 30년 동안 의료 분야에서 디지털 장비 사용은 급격히 증가하였고 현대적인 방사선 장비를 이용한 분야나 임상적인 분야까지 다양한 디지털 의료 장비를 갖추게 되었다. 특히 의료분야에서는 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 주관심사이며 제조사에 상관없는 표준화가 가장 중요하다^{2,3}. DICOM(Digital Imaging and Communication in Medicine)은 방사선학 분야의 핵심 표준으로서 자리잡았고 다른 의료 분야에서의 사용도 증가하고 있는 추세이다.

DICOM의 목적은 진단과 치료정보, 영상 그리고 이와 관련된 모든 것들의 통신이 가능하게 하는 것으로서 연결성과 호환성, work-flow 최적화가 DICOM의 주된 의도이다. 이 표준의 주된 특징은 사용자들과 제조사들의 협력이다. 현재 대부분의 의료 관련 회사들은 DICOM 위원회의 회원이며 연구소와 학교소속 학자들이 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 개발 되었다. 1983년 ACR과 NEMA는 제조사들의 표준에 상관없이 데이터를

전송할 수 있게 하기 위해 합동위원회를 설립하였고 1985년 ACR-NEMA 1.0 표준이 이들 합동위원회에 의해 발표 되었다. 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 발표 되었다. ACR-NEMA 2.0에서 이미 용어에 대한 정의와 자료 구조와 자료 부호화에 대해 정의 하였으며 DICOM 3.0은 ACR-NEMA의 개정판으로서 1993년도에 발표 되었다. DICOM 3.0은 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 의료정보시스템 분야 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 인쇄

등의 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 study 등에 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 I 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 장

비에서는 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}.

2. PACS CD 데이터 기술 분석

(1) PACS CD 데이터 호환성 분과 의원의 역할 및 목표

대한 PACS 학회는 각 병원에서 생성한 PACS CD 데이터를 다른 병원 PACS 에 반입할 때 발생하는 문제점을 해결하기 위하여, 2003 년 7 월 31 일 PACS CD 데이터 현황 분석 팀과 기술분석 팀을 구성하였다. PACS CD 데이터 현황 분석 팀은 각 병원의 PACS 운영자들로 구성되었고 PACS CD 데이터가 PACS 에 반입되지 않는 경우를 조사하였다. 기술분석 팀은 DICOM Part 3 에 정의된 IOD 중 필요한 최소의 DICOM Tag 를 선별하였고 이를 토대로 PACS CD 데이터 구성 방법을 제시하였다. 이들 두 팀의 목적은 제안한 PACS CD 데이터 검증 방법을 통해 PACS CD 데이터를 분석하여 각 병원간 PACS CD 데이터 호환성을 향상시키는 방법을 제시하여 PACS 운영 팀의 불필요한 업무를 해소하고, 환자에게 보다 나은 의료서비스를 제공하는 것이다. 이에 따라 기술분석 팀은 2 단계 목표를 설정하여 PACS CD 검증 툴킷 개발을 시작하였다.

기술분석 팀의 1 단계 목표는 PACS CD 데이터 권고안을 준비하는 것이다. 권고안은 DICOM 3.0 표준에 따르는 DICOM 과 DICOMDIR 파일에 필요한 최소의 tag¹¹와 그 tag 값들을 정의하고, 유의 사항 및 PACS CD 데이터 생성 시 추가할 기능들을 권장 사항으로 추가하였다. 이를 위하여, 현재 각 병원에서 반출하고 있는 PACS CD 데이터를 수집(병원 별, 장비 당 최소 4-5 개)하여 영상 장비 별, PACS 시스템 사양 별로 세분화하고 각 영상 데이터 들의 헤더(header) 정보를 분석하였다. 또한 병원 별로 PACS CD 데이터 반입, 반출 시 수행하고 있는 PACS 업체 및 반출한 병원을

파악하였다. 수집된 PACS CD 데이터 중 특정 PACS 시스템에서의 private tag 처리 여부 등을 파악하고 DICOM 3.0 표준을 분석하여 PACS CD 데이터 권고안을 작성 후 배포하였다. 현재 PACS CD 데이터 권고안은 대한 PACS 학회 홈페이지(<http://www.pacs.or.kr/>)에 공개하여 PACS 업체 및 병원 PACS 운영자들로부터 요구 또는 제안 사항 등을 수렴하여 지속적으로 수정 보완되고 있다.

2 단계 목표는 PACS CD 데이터 권고안을 근거로 PACS CD 검증 툴킷을 개발하여 배포하는 것이다. PACS CD 데이터 검증 툴킷은 PACS CD 데이터의 DICOM 및 DICOMDIR 파일들이 DICOM 3.0 표준에 따라 올바르게 구성되어 있는지 검증하여 문제점을 확인한 후, 필요에 따라 값을 수정하거나, 해당 병원이나 PACS 업체에 해결 방법을 제시하는데 그 목적이 있다.

(2) PACS CD 데이터 구성 권고안 구성

PACS CD 데이터 권고안은 다음과 같이 구성되어있다. 첫 번째로 PACS CD 데이터 권고안의 필요성과 목적에 대하여 간략한 설명을 하였고, 두 번째로 DICOM CD 데이터 구성 권고안을 개발 단계에 따라서 Level 0, Level 1, Level 2 로 구분하여 정의하였다.

Level 0 는 PACS CD 데이터에 포함된 DICOM 영상 파일 들의 필수 IOD(Information Object Definition)를 정의하였다. Level 0 에 정의된 모든 DICOM tag 들은 필요한 최소의 tag 들만을 포함하기 위하여 DICOM 3.0 part 5 에서 type 1 과 type 1c 로 정의된 것들로 구성하였다¹².

PACS CD 데이터 권고안은 PACS CD 에 포함된 파일들이 DICOM 3.0 표준을 만족되는지에 대해 분석하는 부분을 Level 0, DICOMDIR 이 PACS CD 데이터 권고안을 만족하는지에 대해 분석하는 부분 그리고 실제적으로 PACS CD 데이터를 반출할 때 업체가 만족시켜야 할 조건들을 제시하고 있다. 그 대표적인 예로 PACS CD 안에 저장된 DICOM 파일은 baseline JPEG 또는 BMP 등의 이미 표준화가 완성된 영상저장방식으로 저장하고 PACS CD 안에 저장된 DICOM 파일을 볼 수 있게 해주는 CDViewer 를 내장토록 권고하였다¹³.

Level 0 는 DICOM 3.0 표준을 지키기 위한 최소의 tag 들을 group 별로 구분하여 구성하였다. 각각의 group 은 기본 데이터형을 정의한 group B, 그리고 각 장비마다 공통적으로 해당하는 IOD 를 group C, 영상 모듈(image module)에 해당하는 IOD 를 group I 로 분류하였다. 나머지는 모달리티 특성에 해당하는 부분을 group 뒤에 각

모달리티의 약자를 덧붙여 구성하였다. Figure 1 은 PACS CD 데이터 권고안에 정의한 그룹들의 구성을 나타내고 있다.

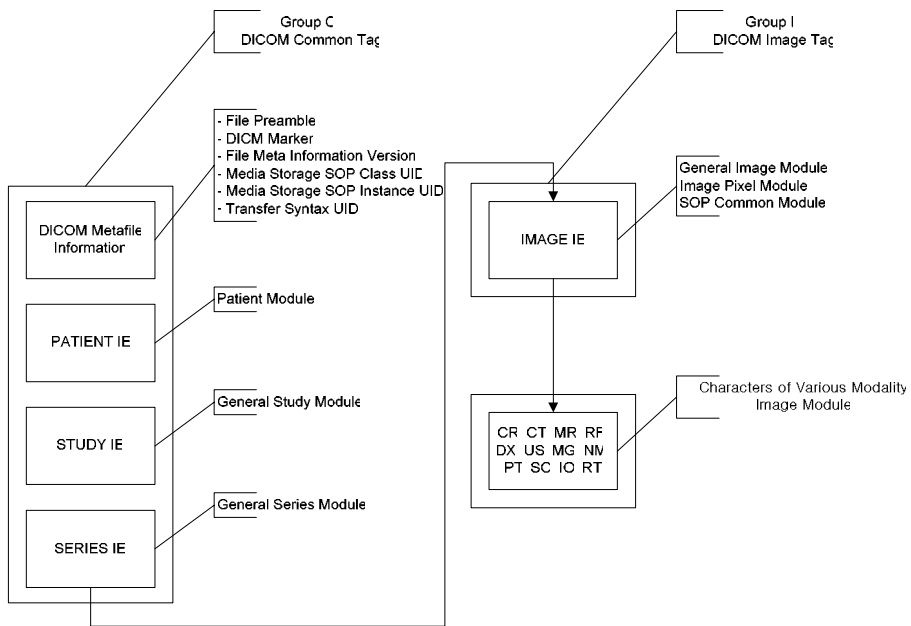


Figure 1. Schematic diagram illustrating the structure of DICOM image data defined in the DICOM CD recommended guideline.

Level 0는 PACS CD에 포함된 DICOM 영상 파일들이 지켜야 할 규칙을 정의하였다. Level 0에 정의된 모든 DICOM tag 들은 최소한의 필요한 tag들만을 포함하기 위하여 DICOM 3.0 Part 3. Information Object Definition¹¹ 에 정의된 DICOM 영상 파일 형식에서 필수 요소로 정의된 type 1과 type 1c 모듈로 구성하였다. type 2 의 경우 필요성에 따라 포함하였다.

Level 1은 PACS CD에 포함된 DICOMDIR 파일이 지켜야 할 규칙에

대하여 정의하였다.

Level 2는 PACS CD 데이터가 포함해야 할 부가적인 기능 들인 image viewer, CD autorun, 그리고 DICOM send 등에 관한 정의로 구성하였다.

(3) PACS CD 검증 툴킷 개발

PACS CD 검증 툴킷은 PACS CD 데이터를 검증하는 응용 프로그램으로 PACS CD 데이터에 포함된 DICOMDIR/DICOM 파일들이 DICOM 3.0 규약에 따르는지 검증하도록 설계하였다. PACS CD 검증 툴킷은 PACS CD 데이터 권고안 준수 여부와 위반 사항만을 지적할 수 있도록 고안되었다. 또한 현재 PACS CD 검증 툴킷이 실행중인 컴퓨터의 보조기억장치에 저장된 PACS CD 형식의 DICOMDIR/DICOM 파일들을 검증할 수도 있도록 제작하였다. Figure 2 은 DICOM/DICOMDIR 파일을 검증하는 과정의 순서도이다. PACS CD 데이터 검증 툴킷은 Figure 2 의 순서도에 따라 PACS CD 를 검증할 수 있도록 Microsoft Visual Studio 프로그램(Microsoft Inc, Seattle, U.S.A.)과 DICOM 영상 파일을 읽을 수 있는 상업용 라이브러리(library)를 이용하여 개발하였다.

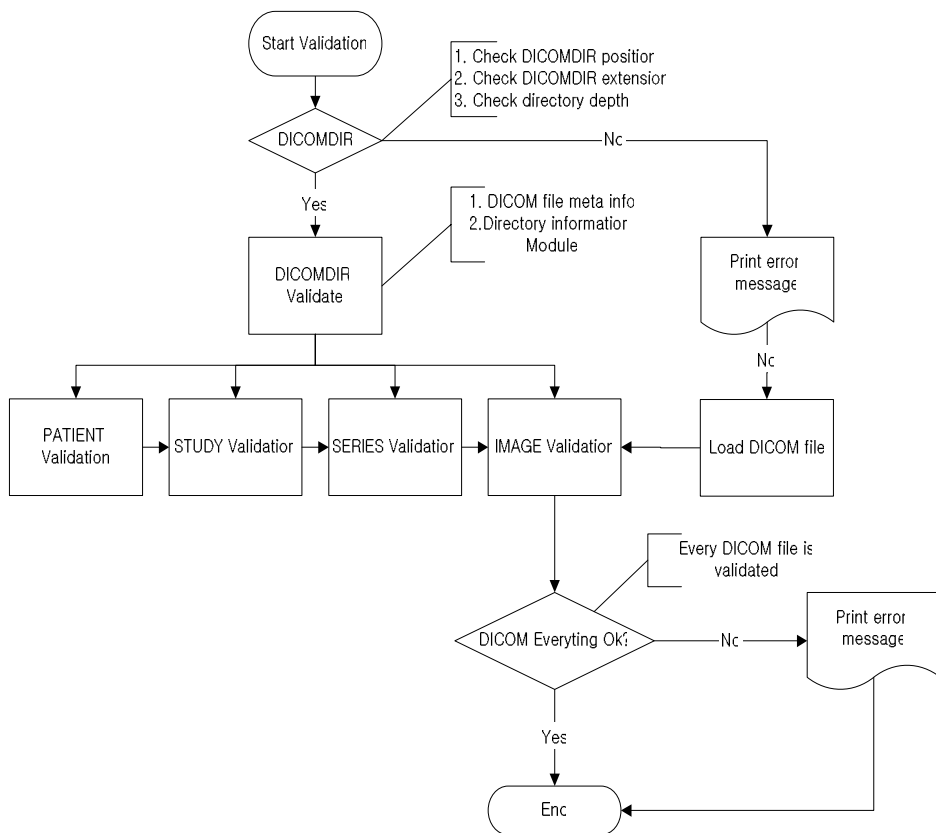


Figure 2. Flow chart of DICOM CD data evaluation was utilized in the designing of DICOM CD validation toolkit.

(4) 반입되지 않는 PACS CD 데이터 분석

PACS CD 데이터 기술분석 팀은 각 병원에서 반출한 PACS CD 데이터 중에서 호환성의 문제로 인해 각 병원의 PACS 로 반입 되지 않는 PACS CD 데이터를 수집하였다. 분석에 사용된 PACS CD 데이터는 총 25 개로서 22 개 병원에서 23 개의 CD 데이터와 장비 제조업체에서 제공한 2 개의 CD 데이터이었으며, CR(Computed Radiography) 영상 series 는 94 개, CT(Computed Tomography) 영상 series 는 143 개, ES(Endo Scope) 영상 series 는 7 개, SC(Secondary Capture) 영상은 34 개, US(Ultra Sound) 영상 series 는 5 개, MR(Magnetic Resonance) 영상 series 는 101 개, XA/RF (X-ray Angio/Radio Fluoroscopy)영상 series 는 17 개, PT(PET) 영상 series 는 10 개, NM(Nuclear Medicine) 영상 series 는 5 개, IO(Intra Oral) 영상 series 는 5 개 였다. 이 PACS CD 데이터들을 개발한 PACS CD 데이터 검증 툴킷을 사용하여 PACS CD 데이터 호환성 문제를 분석하였다. Figure 3 은 PACS CD 데이터 분석에 사용된 영상의 Modality 별 오류개수 이다.

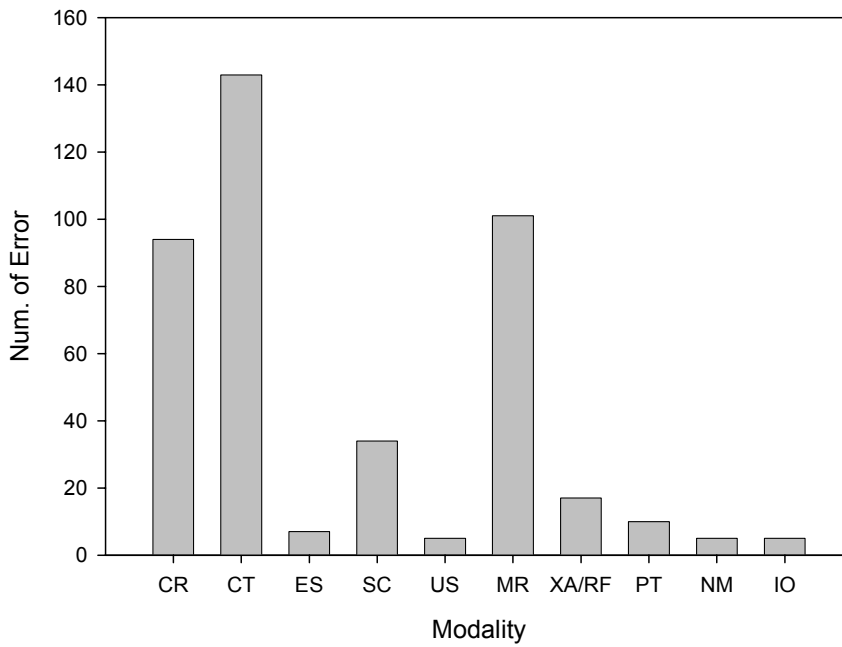


Figure 3. The number of errors detected in the evaluation of DICOM CD data using the DICOM CD validation toolkit.

III. 결과

본 연구는 PACS CD 데이터 권고안은 제작하기 위해 DICOM 3.0 Part 3에 정의된 IOD중 영상에 관련된 IOD를 선별하였다. PACS CD 데이터 권고안에서 사용할 영상은 CR, CT, MR, US, SC, XA, RF, DX, MG, IO, NM, PT 영상 IOD를 선택하였다. 선별한 IOD에서 DICOM 파일이 공통적으로 가져야 할 DICOM File Meta Information tag와 각각의 DICOM 파일이 가져야 할 최소한의 영상 정보 tag를 정의하였다. 다음으로 모달리티의 특징을 나타내는 영상 정보 tag를 정의하였다. 선택방법은 DICOM 영상 IOD의 IE 중 의무적으로 정의되어 있는 type 1 tag 들을 선택하고, 조건에 따라 필요할 수도 있는 type 1c tag들도 선택하였다. DICOMDIR의 경우 꼭 필요에 따라 type 2의 tag 값도 선택하였다. PACS CD 데이터 구성 권고안은 DICOM 3.0 표준을 따르며 PACS CD 데이터에 포함되어야 할 최소의 필요한 tag 들만을 정리하여 문서화 하였고, PACS CD 데이터가 갖추어야 할 기능 들을 제안하였다. 이렇게 작성된 PACS CD 데이터 권고안을 대한 PACS학회 홈페이지에 공개하여 PACS CD데이터를 반출 또는 반입하는 병원 PACS 운영팀과 각 PACS 업체에 의견을 묻고, 수정, 보완하여 최종적으로 완성된 권고안을 준비하였다. 작성된 PACS CD 데이터 권고안을 바탕으로 PACS CD 데이터를 검증 할 수 있는 툴킷을 설계하였다. PACS CD 데이터 권고안은 다음과 같다.

Group B에 포함된 tag 들은 UID (Unique Identifier), date, time, date time, age, 그리고 Name 등이었으며 각 tag에 해당하는 값들은 DICOM PS3.5:6.2에 정의한 것과 같다.

Group C에 포함된 tag 들은 DICOM PS3.10:7.1에서 정의된 DICOM

File Meta Info tag 들과 DICOM PS3.3: C7.21에서 정의된 Patient IE (Information Entities), Study IE, 그리고 Series IE를 분류하였다.

Info.En.	Mo.	No.	Tag	Attribute Name	Value	Reference
		C-001	Preamble	File Preamble	(128bytes)	
		C-002	DICM	DICOM Prefix	DICM	
		C-003	(0002,0000)	Group Length		
		C-004	(0002,0001)	File Meta		
				Information Version		
	DICOM	C-005	(0002,0002)	Media Storage	#PS 3.4-2003: I 1.4 참고	PS 3.10: 7.1
	File			SOP Class UID		
	Meta	C-006	(0002,0003)	Media Storage	#B-001	
	Info.			SOP Instance UID		
		C-007	(0002,0010)	Transfer Syntax	1.2.840.10008.1.2 (IL)	
				UID	1.2.840.10008.1.2.1 (EL)	
					...	
		C-008	(0010,0010)	Patient Name	#B-006	
	Patient	C-009	(0010,0020)	Patient's ID		
	IE	C-010	(0010,0030)	Patient's	#B-002	PS 3.3:C7.1.1
	Module			Birth Date		
		C-011	(0010,0040)	Patient's Sex	M, F, O	
		C-012	(0008,0020)	Study Date	#B-002	
	General	C-013	(0008,0030)	Study Time	#B-003	
	Study	C-014	(0008,0050)	Accession Number		PS 3.3:C7.2.1
	IE	C-015	(0020,000D)	Study	#B-001	
	Module			Instance UID		
		C-016	(0008,0060)	Modality	CR, CT, MR, US, XA, DX, MG, IO, OT, ES, RF	
	Series					
	IE	C-017	(0020,000E)	Series	#B-001	PS 3.3:C7.3.1
	Module			Instance UID		
		C-018	(0020,0011)	Series Number		

Table 1. Definition of Group C in DICOM CD guideline

Group I는 DICOM영상 데이터를 PACS 뷰어(viewer)에서 보기 위한 필수 IE로서 DICOM PS3.3: C7.6.1에서 정의된 general image module과 DICOM PS3.3: C7.6.3에서 정의된 image pixel module과 DICOM PS3.3: C12.1에서 정의된 SOP common module로 분류하였다.

Info.	Mo.	No.	Tag	Attribute Name	Value	Reference
En.						
	General	I-001	(0008,0023)	Content Date	#B-002	
		I-002	(0008,0033)	Content Time	#B-003	
	Image Module	I-003	(0020,0013)	Instance Number (Image Number)		PS 3.3:C7.6.1
		I-004	(0028,0002)	Samples per Pixel	1, 3, 4	
		I-005	(0028,0004)	Photometric Interpretation	MONOCHROME1, ...	
	Image IE	I-006	(0028,0010)	Rows		
		I-007	(0028,0011)	Columns		
	Pixel Module	I-008	(0028,0100)	Bits Allocated		PS 3.3:C7.6.3
		I-009	(0028,0101)	Bits Stored		
		I-010	(0028,0102)	High Bit		
		I-011	(0028,0103)	Pixel Representation	0000H, 0001H	
		I-012	(7FE0,0010)	Pixel Data		
	SOP	I-013	(0008,0016)	SOP Class UID	#PS 3.6-2003:A 참고	
	Common Module	I-014	(0008,0018)	SOP Instance UID	#B-001	PS 3.3:C12.1

Table 2. Definition of Group I in DICOM CD guideline

또한, DICOM PS3.3에서 정의된 CR(Computed Radiography), CT(Computed Tomography), MRI(Magnetic Resonance Imaging), US(Ultrasound/US multi-frame Imaging), SC(Secondary Capture),

XA(X-ray Angiographic/Radiofluoroscopic Imaging), DX(Digital X-ray), MG(Digital Mammography), 그리고 IO(Intra-oral Imaging) 등의 영상장비에서 독특하게 사용되어지는 tag들을 포함하는 IE 들을 각각 별도의 그룹으로 정리하였다.

Figure 4는 PACS CD 데이터 구성 권고안의 내용에 근거하여 개발한 PACS CD 데이터 검증 툴킷을 사용하여 PACS CD CR 데이터의 DICOMDIR을 분석한 예를 화면에서 보여주고 있다. PACS CD 데이터 권고안에 작성된 내용에 따라 각 DICOMDIR IOD의 IE의 필수 tag 값을 조사하여 값이 존재하면 'SUCCEED' 라는 문구와 어떤 내용인지 출력하고 존재 하지 않으면 'ERROR'문구와 오류 메시지를 출력하는 화면이다.

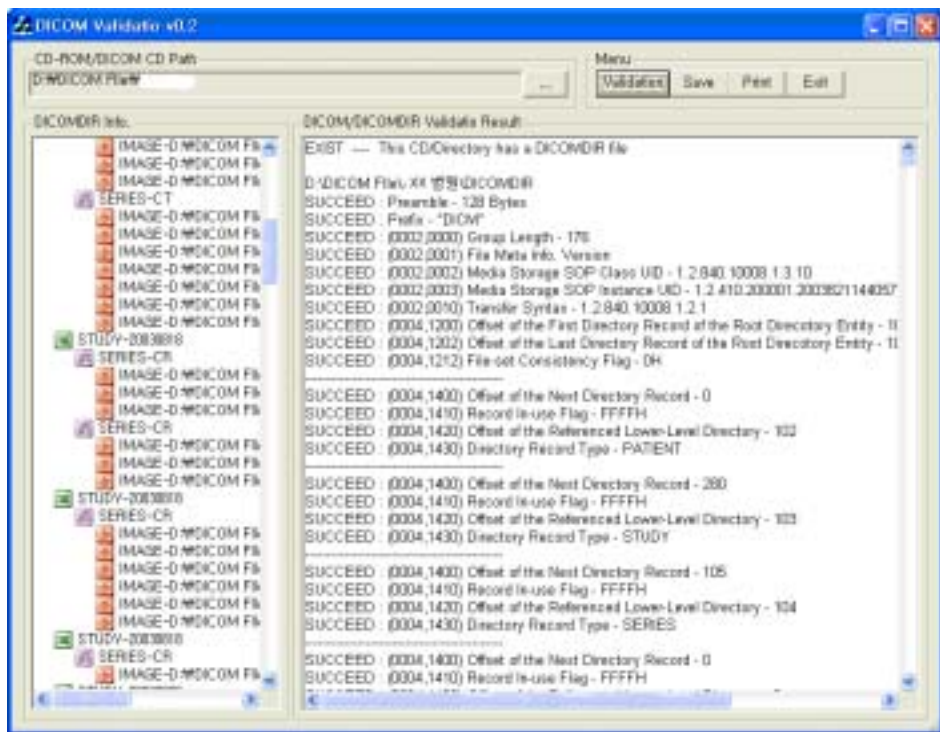


Figure 4. Screen illustrating the validation results of the DICOMDIR of DICOM CD data using the DICOM validation toolkit.

모든 DICOM 영상 파일은 PACS CD 데이터 호환성 권고안에서 정의한 group C (common tag)들을 검증한 후 group I (image tag)들을 검증하였다. 그런 후 media storage SOP class UID (0002, 0002)를 이용하여 장비를 판별하여 각 장비가 생성하는 특징을 분석하였다. Figure 3에서 오른쪽 화면에 나타난 파일을 선택하면, 그 DICOM 영상 장비에 따른 PACS CD 데이터 권고안에 정의된 내용에 맞는지 검증 결과를 오른쪽 화면에 보여준다. 만약 PACS CD 데이터 호환성 문서에 정의된 내용을 만족하면 'SUCCEED'라는 표시와 해당 검증 내용을 보여주며, 그렇지 않은 경우 'ERROR' 라는 표시와 오류내용을 화면에 보여준다. Figure 5은 DICOM CT 영상 파일의 분석한 결과의 예제 화면이다.

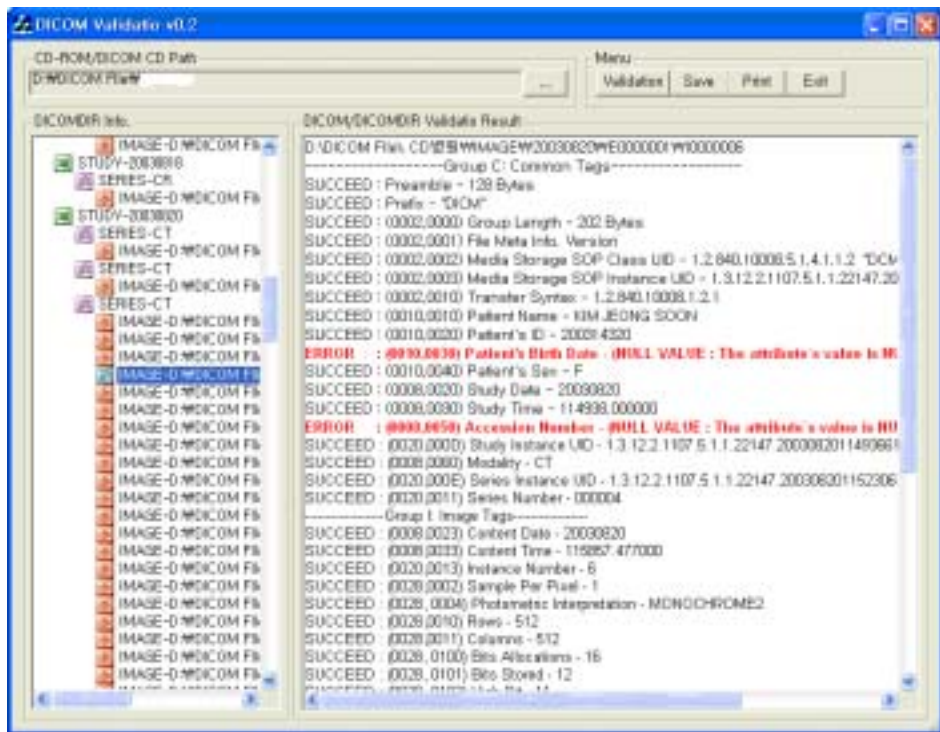


Figure 5. Screen illustrating the validation results of the CT DICOM CD data using the DICOM validation toolkit.

오류를 일으키는 DICOMDIR은 PACS CD 데이터를 반출하는 PACS 업체 또는 장비의 console application에서 생성된다. 따라서 DICOMDIR은 PACS 제조 업체나 PACS CD 데이터를 생성할 수 있는 장비 업체가 올바르게 DICOMDIR을 생성하지 못한 것으로 사료된다.

PACS CD 데이터의 DICOMDIR을 분석한 결과, 가장 많은 오류는 media storage SOP instance UID와 file-set consistency flag에 있었다. 그러나 가장 치명적인 오류는 referenced file ID가 실제 DICOM CD 데이터에 저장된 경로와 일치 하지 않는 경우였다. 이런 경우 병원의 PACS에서 자동 반입이 불가능하며 수동으로 일일이 입력해 줘야 하는 문제가 생긴다. Table 3,4는 실험에 사용된 PACS CD 중 DICOMDIR의 분석 결과이다.

DICOMDIR	Num.
DICOMDIR이 없는 경우	7
DICOMDIR이 있지만 Error가 있는 경우	11
DICOMDIR이 있는 경우	28

Table 3. Existence and nonexistence of DICOMDIR used in validation of the DICOM CD data

Error Type	Tag	Num.
Group Length	(0002,0000)	10
File Meta Information	(0002,0001)	10
Media Storage SOP Instance UID	(0002,0003)	11
File-Set Consistency Flag	(0004,1212)	11
Record In-use Flag	(0004,1410)	10

Reference File ID	(0004,1500)	10
Transfer Syntax UID	(0004,1512)	10
Referenced File ID	(0004,1500)	2

Table 4. Validation results of DICOMDIR files having errors

DICOM 영상의 검증절차는 다음과 같다. 먼저 ‘PACS CD Data format guideline’에 작성한 대로 Common IE와 Image IE를 검증한 후 영상획득장치의 특성에 따른 IE를 검증하였다. Table 5은 Common IE의 검증 결과이다.

Error Type		Tag	NULL Value	Empty Tag
Common	Accession Number	(0008,0050)	28	2
tag	Series Number	(0020,0011)	6	2
	Patient name	(0010,0010)	5	1
	Patient Birthday	(0010,0030)	19	3
	Patient's Sex	(0010,0040)	2	2
	Patient's ID	(0010,0020)	0	2
	Study Instance UID	(0020,000D)	0	2
	Series Instance UID	(0020,000E)	0	3
	Group Length	(0002,0000)	0	3
	File Meta Information	(0002,0001)	0	3
	Media Storage SOP Instance UID	(0002,0003)	0	1
	Media Storage SOP Class UID	(1.2.840.11361 9.4.2)가 존재 하지 않음	0	1

Table 5. Validation result of Common IE occurring the import errors

Table 6은 Image IE의 분석 결과이다. 특히 PACS에서는 Image IE의 tag값에 오류가 있는 경우 PACS 뷰어(viewer)에 보여줄 수 없다. 검증 결과 Content Date(0008,0023), Content Time(0008,0033) tag가 가장 많이 존재 하지 않았다. 그러나 실제 대부분의 PACS에서는 이 tag들이 중요하게 사용되지는 않았다.

	Error Type	Tag	NULL Value	Empty Tag
Image IE	Instance Number	(0020,0013)	0	2
	Sample Per Pixel	(0028,0002)	0	3
	Photometric Interpretation	(0028,0004)	0	2
	Rows	(0028,0010)	0	2
	Columns	(0028,0011)	0	2
	Bits Allocated	(0028,0100)	0	2
	Bits Stored	(0028,0101)	0	2
	High Bit	(0028,0102)	0	2
	Pixel Representation	(0028,0103)	0	3
	Content Date	(0008,0023)	0	14
	Content Time	(0008,0033)	0	14
	SOP Class UID	(0008,0016)	0	1
	SOP Instance UID	(0008,0018)	0	1

Table 6. Validation result of Image IE occurring the import errors

Table 7은 DICOM 영상 데이터의 분석 결과이다. CR(Computed Radiography) 영상의 경우, 분석 결과 View Position(0018,5101)에 null 값이 많이 존재 하였다. 또한 Body Part Examined(0018,001)은 tag가 없는 경우를 확인할 수 있었다. CT 영상의 경우 전체 143 시리즈 중 30 개의 시리즈에서 오류 값을 발견할 수 있었다. Rescale Intercept (0028,1052), Rescale Slope (0028,1053)순으로 Null 값이

많이 존재 하였고 tag자체가 존재 하지 않는 경우를 확인할 수 있었다. SC 영상의 경우 Conversion Type (0008,0054)는 값이 존재 하지 않았다. 실험에 사용된 모든 US 영상에서 Curve Number(0020,0024), Curve Dimension(5000,0005), Number of Points(5000,0010), Type of Data (5000,0020), Data Value Representation(5000,0103), Curve Data(5000,3000) tag 값들이 존재 하지 않았다. MR 영상의 경우 Slice Thickness (0018,0050), Patient Position (0018,5100) tag 값 들이 Null 값으로 존재 하였고, Sequence Variant (0018,0021) tag가 존재 하지 않는 경우를 확인할 수 있었다. XA의 경우 Frame Time Vector(0018,1065)가 Null 값을 가졌으며, tag자체가 존재 하지 않는 경우를 확인할 수 있었다.

Modality	Error Type	Tag	NULL Value	Empty Tag
CR	View Position	(0018,5101)	11	0
	Body Part Examined	(0018,0015)	0	1
CT	Rescale Intercept	(0028,1052)	1	4
	Rescale Slope	(0028,1053)	1	4
	Conversion Type	(0008,0054)	0	1
	Frame of Reference UID	(0020,0052)	0	2
	Patient Position	(0018,5100)	0	2
	Slice Thickness	(0018,0050)	0	2
	Image Position	(0020,0032)	0	2
	Image Orientation	(0020,0037)	0	2
	Study Time	(0008,0030)	1	0
	Pixel Spacing	(0028,0030)	0	1
	Image Type	(0008,0008)	0	1
SC	Conversion Type	(0008,0054)	1	0
US	Curve Number	(0020,0024)	0	4

	Curve Dimension	(5000,0005)	0	4
	Number of Points	(5000,0010)	0	4
	Type of Data	(5000,0020)	0	4
	Data Value Representation	(5000,0103)	0	4
	Curve Data	(5000,3000)	0	4
MR	Slice Thickness	(0018,0050)	1	0
	Patient Position	(0018,5100)	1	0
	Sequence Variant	(0018,0021)	1	1
	Scanning Sequence	(0018,0020)	1	0
XA	Frame Time Vector	(0018,1065)	1	1

Table 7. Validation result of DICOM CD data occurring the import errors

NM, PT, IO 영상의 경우 한 병원에서만 영상을 수집하여 영상을 분석하였다. NM 영상의 경우 Series Number(0020,0011), Content Date(0008,0023), Content Time(0008,0033)가 null 값이었으며 Detector Vector(0054,0020)는 tag가 존재 하지 않았다. PT 영상의 경우에는 Series Number(0020,0011)가 null 값이었으며 Pixel Aspect Ratio(0028,0034)는 tag가 존재 하지 않았으며 Image Orientation(0028,0037)과 Image Position(0028,0032)은 각각의 DICOM이 정의한 VM=3, VM=6 의 모든 값들을 갖고 있지는 않았다. IO 영상의 경우 Image Laterality(0008,0062), Patient Orientation(0020,0020), Burned in Annotation(0028,0031), Intensity Relationship sign(0028.1040), Rescale Type(0028,1054), Lossy Image Compression(0028,2110), Presentation LUT Shape(2050,0020), Image Pixel Spacing(0018,1164), Anatomic Region Sequence(0008,2218), Positioner Type(0018,1508) tag들이 존재 하지 않았다.

IV. 고찰

DICOM은 의료 영상 및 정보의 저장과 통신에 대한 규약의 하나이다. 현재 세계적으로 가장 멀리 받아들여지고 있는 표준이다. 본 논문은 PACS학회에서 제시한 문제점인 PACD CD 데이터의 호환성 문제를 파악하고자 수행하였다.

일반적으로 PACD CD는 환자의 이전 검사결과를 다시 이용하고 중복 검사를 배제하여, 기존의 필름보다 적은 비용으로 환자의 검사 결과를 이동할 수 있어 그 수요가 증대되고 있다. 최근 대한 PACS학회는 PACS CD의 여러 장점에도 불구하고 서로 다른 기종간의 PACS CD데이터의 호환성을 검증하기 위하여 기술 분석팀과 기술 구현팀을 구성하였다. 기술 분석팀은 PACS운용에 관계된 실무자들로 구성되어 PACS CD를 PACS에 저장이 되지 않는 예와 그 원인을 분석하였다. 기술 구현팀은 DICOM Part 3의 IODs를 조사하였고 IOD중 PACS에 저장되기 위해 필요한 tag들을 선정하고 기술 분석팀의 자료를 토대로 PACS CD 데이터를 검증하기 위한 검증 툴을 설계하였다. 개발한 검증 툴을 이용하여 PACS학회를 통해 수집된 PACS에 저장되지 않는 CD데이터를 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 의 문제

SOP Class UID가 DICOM Standard에서 정한 값들을 사용하지 않고 임의의 UID를 사용한 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 반입 할 수 없었다.

5. DICOMDIR이 root directory에 저장되지 않은 경우

대다수의 PACS는 PACS CD 데이터를 반입할 때 최상위 root directory를 참고하여 DICOMDIR을 찾는다. 그렇기 때문에 최상위 디렉토리에 DICOMDIR파일이 존재하지 않으면 PACS에 DICOM 데이터를 반입할 수 없는 경우가 있었다.

완성된 시스템을 이용하여 성공적으로 PACS CD 데이터의 문제점을 분석할 수 있었고, 이러한 결과를 바탕으로 일반적인 DICOM 파일의 문제점도 평가할 수 있었다. 향후 본 연구를 토대로 지능화된 PACS CD 반입 소프트웨어를 개발하여 국산 PACS 기반 IT기술의 우수성을 세계적으로 알리는데 도움이 될 것으로 기대된다.

V. 결론

현재 PACS CD 데이터를 반출하거나 반입하는 병원에서 CD의 호환성 문제로 많은 불편을 겪고 있다. 호환성이 떨어지는 이유는 여러 가지가 있겠지만, DICOM 3.0 표준에 기술된 것과 같이 올바른 DICOM, DICOMDIR의 정보로 구성되어 있다면 호환성은 향상될 것으로 생각된다. 따라서, PACS CD 데이터 검증 툴킷은 PACS CD 데이터가 DICOM 3.0 표준을 명확히 준수하는지 여부를 확인하게 하며, 의료장비 간에 호환성을 제공하기 위해 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. PACS CD 데이터의 호환성 향상을 위해서는 앞서 분석된 결과를 토대로 현재 각 병원에 설치되어 있는 PACS CD 반입 소프트웨어를 업그레이드 해야 할 것으로 사료되며, IHE(Integrating the Healthcare Enterprise) PDI(Potable Display for Imaging) profile과 호환성 측면은 계속 연구되어야 할 것이다..

참고문헌

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. Forsch 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
11. Digital Imaging and Communication in Medicine Standards Committee. DICOM Version 3, parts 1-12. Rosslyn, Va.: National Electrical Manufacturers Association, <http://medical.nema.org/>, 1997-2003.
12. Digital Imaging and Communication in Medicine Standards Committee. DICOM Version 3, part 11 supplement 19. General Purpose CD-R Image Interchange Profile, Rosslyn, Va.: National Electrical Manufacturers Association, <http://medical.nema.org/>, 1996.

13. PACS CD Data Format Guideline Rev.0.2.
<http://www.pacs.or.kr>, 2003

Abstract

Development of PACS CD DICOM Validation Toolkit

Sae Rome Kim

*Department of Medical Science
The Graduate School, Yonsei University*

(Directed by Professor Hee Joung Kim)

Since the Korean government decided to reimburse for filmless full-PACS (Picture Archiving and Communications System) installation in the hospital, a number of PACS installation had been rapidly increased. Currently, the major (>500 beds) and minor (<500 beds) hospitals installed full-PACS are over 50 and 110, respectively. In case of patients who referred to other hospitals, their image information which is set of DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) studies related with radiology images is transferred to referred hospital. The DICOM studies are exported and distributed on the portable storage media such as a CD (Compac Disk). The DICOM images are imported from CD-ROM and sent to the PACS sever. In YUMC (Yonsei University Medical Center), the number of referred patients is over 3,500 a day. Hospital' PACS staffs are trying to import the DICOM files to the server about 50 times a day and the number of the tasks is gradually getting increase. However, there are many problems occurred when the DICOM images are imported. For instance, some images could not be imported from the portable storage media. Some other cases, when they are successfully imported some of them was not able to display. To resolve these issues, each representative of hospitals and vendors started joint project to define and

validate the DICOM CD data sets to improve the compatibility between the DICOM CD data and PACS solution. The joint project is aiming for developing “the DICOM CD Validation toolkit” in near future. This study reports the procedure which is to make “DICOM CD Recommended Data Guideline Document” and the result that we validate the DICOM data sets by ”the DICOM CD Validation toolkit” which has been developing in present.

Key words : PACS, DICOM, Validation, DICOM CD