심뇌혈관 센터를 위한 Cardiac PACS의 도입과 적용 사례

김정수[1] · 조무성[2]

[1]지이 헬스케어 코리아㈜ · [2]경산1대학 방사선과

Introduction and Application for Cardiocerebralvascular Center

Jung Su Kim[1] · Moo Seong Cho[2]

[1]GE Healthcare Korea · [2]Department of Radiologic Technology, Gyeongsan University College

Abstract

Based on the cardiac PACS application collected from three university hospitals across the country, this research showed us a composition method of a server and storage devices with conditions in the field. Also, we founded the practical use of software making the best of cardiovascular PACS features. In addition, it also examined the components and requirements of the key functions that are available in the cardiovascular sector. We will be investigated the design experience and applications on stable storage and transmission of large video clip data, cardiovascular analysis, and gear interlocks through the study.

Key Words : PACS, Server, Cardiovascular, Clip data

Ⅰ. 서 론

급속한 노령화와 생활양식의 변화로 심혈관 질환의 유병률이 날로 높아지고 있다. 2008년부터 보건복지 가족부는 심혈관 질환 관리 사업의 일환으로 지역별 심혈관 센터를 지정하고 있고 이에 따라 각 대학 병원에서는 심혈관 전문 센터를 갖추기 위해 신규 장비의 도입과 인력 및 시설 확충에 노력을 기울이고 있다.

과거 10년 전 부터 시작된 영상의학과 영역의 의료영상 전달 시스템(PACS : Picture Archive and Communication System)은 의료영상 정보의 저장과 전송에 새로운 기원을 마련해 현재에는 거의 모든 병원들이 PACS를 사용하여 환자의 영상 정보를 저장하고 있다. 하지만 심장내과 영역에서는 아직도 많은 병원들이 환자 영상 data 저장과 전송에 고식적인 방법인 미디어 매체 저장 방식을 택하고 있다. 물론 이러한 방법은 과거 필름 타입의 저장 방식 보다 간편하고 보관이 용의하나 미디어 방식 저장 매체의 경우 보관 환경이나 저장 방식에 따라 저장된 데이터가 소실되는 문제가 있고 적시적소에서 환자의 데이터를 확인하기에는 부적절한 면이 있다.

하지만 의료용 소프트웨어의 발달과 하드웨어 기술의 발전으로 몇몇 병원들에서는 기존의 영상의학과 영역의 PACS에 심장내과 영역의 환자 data를 저장하고 있다. 영상의학과 PACS의 경우 영상의학과의 특성에 맞는 측정 툴과 판독 툴을 가지고 있어 이를 심장 내과 영역에

Received April 25, 2010, 1st Revised May 11, 2010,
Accepted May 25, 2010.
Corresponding Author: 조무성
(712-718) 경북 경산시 하양읍 부호리 224-1번지
경산1대학 방사선과
Tel: 053) 850-8277 Fax: 053) 850-8177
E-mail: moozzo@hanmail.net

서 사용하기에는 부적절하다. 이러한 문제를 해결하고 환자진료의 편의성을 확보하기 위해 최근 심장내과 영역의 의료영상전달 시스템 인 Cardiac PACS(Cardiac Picture Archive and Communication System)가 도입되기 시작했다. 하지만 심장내과의 경우 전문적인 Cardiac PACS 관리 인력을 두는 병원이 극소수이기 때문에 도입단계와 도입사례에 대한 평가가 이루어 지지 않는 것이 사실이다. 이에 본 연구에서는 cardiac PACS 도입과 관련하여 실제 현장에서의 경험을 바탕으로 안정적 대용량 동영상 data의 저장과 전송, 심혈관 분석 및 장비연동을 포함한 설계 경험과 적용 사례를 보고하고자 한다.

Ⅱ. 본 론

1. Cardiac PACS의 구성

Cardiac PACS의 구성은 크게 하드웨어적인 측면의 구성과 소프트웨어적인 측면으로 구분 된다.

Cardiac PACS를 구성하는 하드웨어는 영상 데이터를 전송하는 서버와 데이터를 저장하는 스토리지, 영상리뷰와 판독을 위한 단말기, 네트워크 장치로 구성이 된다. 하드웨어의 물리적 구성 방법에는 고 가용성(HA : high availability), 클러스터링(Clustering), 이중화, RAID(redundant array of independent disks)가 있다. 정보기술에서, 고가용성 HA 구성 이란 바람직한 정도로 긴 시간 동안 지속적으로 운영이 가능한 시스템이나 컴포넌트를 가리킨다. 가용성이란 흔히 “100% 가용” 등과 같이 상대적으로 측정되거나 또는 “절대 고장나지 않음” 등과 같이 표현될 수 있다. 널리 쓰이고 있지만 달성하기 결코 쉽지 않은 시스템 및 제품에 대한 가용성 표준에 흔히 “파이브 나인”(five 9)이라고 부르는 99.999%의 가용성을 들 수 있다. 이는 곧 절대 장애가 발생하지 않는 게 목적입니다. 클러스터링은 대규모 작업을 처리하기 위해 네트워크로 연결된 여러 대의 컴퓨터 시스템을 서로 연결하여 여러 대의 컴퓨터가 마치 하나의 컴퓨터처럼 수행되게 만드는 것을 의미한다. 큰 작업을 작은 작업으로 나누어서 네트워크로 연결된 많은 컴퓨터들에게 분산시켜서 처리하도록 함으로써 처리 속도를 향상시킨다. 이중화는 보통 고장에 대비한 방법으로 일반적으로 한대가 액티브(Active), 다른 한대가 스탠바이(Stand by)로 한대의 서버가 고장이 발생했을 때 사용 가능한 여분의 서버를 확보해 두는 것이다.[1] RAID(Redundant Array of Independent Disks)는 중요한 데이터를 가지고 있는 서버에 주로 사용되며, 여러 대의 하드디스크가 있을 때 동일한 데이터를 다른 위치에 중복해서 저장하는 방법이다. 데이터를 여러 대의 디스크에 저장함에 따라 입출력 작업이 균형을 이루며 겹치게 되어 전체적인 성능이 개선된다.

Cardiac PACS의 경우 대용량의 동영상 데이터를 처리해야 하고 디스크의 소실에도 대비해야 하기 때문에 도입 병원의 경제적 여건이 허락한다면 최소한의 이중화 구성을 하는 것이 바람직하다. 하지만 여건에 따라서는 싱글 구성의 서버에 RAID 구성의 스토리지를 두고 다시 2차적인 백업 스토리지를 두기도 한다. 이러한 경우 환자데이터는 안정적으로 보관될 수 있으나 서버의 장애에 복구 기간 동안에는 시스템을 사용하지 못하는 단점이 있다. 또한 이상적인 시스템의 구현을 위해서는 네트워크 장비의 이중화도 필요하다.

소프트웨어 적인 측면의 구성 요소에는 크게 영상 리뷰용 소프트웨어와 판독용 소프트웨어로 구분 된다. 심장내과 영상데이터의 주를 이루는 심장혈관 조영상과 심장초음파상의 경우 모두 15 fame/sec 이상의 동영상이고 소아 심장 검사의 경우 30 fame/sec 이상이 멀티프레임 DICOM영상이기 때문에 기본적으로 멀티프레임 동영상을 제어하는 기능이 포함 되어야 한다. 물론 이러한 멀티프레임 DICOM영상의 리뷰 속도는 Modality 장비에서 검사 당시 획득된 속도와 동일하게 디스플레이 되어야 한다. 획득 속도로 디스플레이 되지 않을 경우 심장의 기능 부전과 혼돈될 우려가 있기 때문에 반드시 확인되어야 한다. 심장내과 영상의 경우 방사선과 영상의 판독과는 달리 영상 자체의 이상 소견을 찾는 것이 아니라 이상 병변의 측정을 통해 판독을 시행하기 때문에 제공되는 측정 툴의 정확성과 안정성이 요구 된다. 이러한 측정 툴에는 angio 영상의 경우 심장 혈관의 정량적 분석 Quantitative Coronary Analysis 과 좌심실 박출량 정량적 분석 Quantitative Left Ventricular Analysis이 주로 사용 된다. Cardiac PACS의 도입 시에는 이러한 소프트웨어의 정확성과 안정성을 검정하는 문서의 확인이 필요하다. 그리고 심장 초음파영역에서는 2-D made, M-mode, Pulse wave Doppler mode, Continuous wave Doppler made에서의 Distance(diameters, radii, wall thickness), Time(acceleration, deceleration, relaxation times, pressure half-time), Velocity(including peak,

mean velocities), Slope, Angle, Area, Volume, Volume time integral이 측정 가능해야 한다. 또한 심장내과 판독의 경우 병변의 진단에만 그치는 것이 아니라 시술시에 사용되는 각종 정보를 기록하고 치료경과를 기록해야 하기 때문에 검사 결과만을 기록한 결과지가 아니라 수술 기록지와 같은 형태의 의무기록이 제공 된다. 일반적으로 심혈관 센터에서 생성 되는 검사 기록에는 침습적 검사와 비침습적 검사에 대한 결과로 구분할 있고 cardiac PACS에서는 이러한 검사들의 리포트와 검사 기록, 판독에 관한 전반적인 사항들이 다루어 져야 한다.

2. 도입 필요성

A병원의 사례를 중심으로 cardiac PACS의 도입에 따른 기대 효과를 분석해 보았다. 일반적으로 PACS의 도입 효과에서는 비용적 측면과 공간적인 측면으로 구분을 한다. Cardiac PACS의 경우 고식적 방법의 CD, DVD, MOD의 저장 방식은 공간적인 측면의 요소뿐 아니라 비용적인 측면에서도 많은 차이를 나타내었다. A병원의 경우 angio영상은 CD로 echo영상은 MOD, ECG는 종이에 인쇄하는 방식으로 데이터를 보관 하고 있었다. 이러한 저장 방식은 저장을 위한 작업에 시간적인 비용의 소요가 있어야 하고 보관을 하기 위한 별도의 공간을 가지고 있어야 한다. 무엇보다도 미디에 매체를 이용한 보관은 보관 방법에 따라 데이터의 소실 가능성이 발생 한다. CD에 관한 규정을 정의하고 있는 엘로우북은 1983년 소니와 필립스에 의해서 제정되었는데 기본적인 구조는 레드북 규격을 따르지만, 최대 99개 트랙의 제한이 없어졌습니다. 한 장의 CD를 총 333,000개의 섹터로 나누고, 각각의 섹터에 2352byte를 할당하는 방식으로 자료를 기록하게 되는 포맷 방식입니다. 자료의 위치는 각각의 섹터가 시작되는 처음 16byte에 헤더 정보를 기록하고, 헤더에 각 섹터의 위치와 기록방식을 다시 기록하는 방식을 사용합니다. 전체적인 구조는 레드북의 구조를 따르기 때문에, 섹터의 위치는 분 : 초 : 섹터의 형태로 나타나게 됩니다. 실제 기록에 대한 세부규격은 ISO 9660에서 정의하고 있다. 이러한 CD는 섭씨 25도와 습도 40%의 환경에서 보관해야 한다. 외부 압력으로 인해 CD가 심하게 긁기거나 부서지는 등 물리적으로 파손되지 않더라도 CD가 재 기능을 발휘하지 못할 수 있다.[2] 그 주요 변수는 온도와 습도이다. CD는 온도가 낮아질수록 그리고 더욱 건조해질수록 CD의 수명이 상대적으로 더 길어지는 특징을 지녔다. 반대로 온도가 높고 습해질수록 수명이 단축된다. CD 온도 변화의 한계는 시간당 15도, 그리고 습도변화도 시간당 10%이므로 주어진 한도 내에서 변화를 주어야 한다. CD는 보호층(UV보호층, 스크린 프린트층, 흠집 보호용 코팅층, 보호라커 코팅층), 반사층(금 반사층), 염료층(염료층, 폴리 카보네이트 기판층) 등 3개 층(세부 7개층)으로 구성됐다. 여기에서 CD의 데이터가 저장된 곳은 염료층이다. 그리고 CD의 데이터를 원활하게 읽기 위해 필요한 곳이 반사층이다. 이 두 곳 중 한 곳이라도 훼손된다면 CD의 데이터는 보관될 수 없다. 염료층에 있는 염료는 온도에 약하고 반사층에 있는 금속은 습도에 약하다. 따라서 CD가 직사광선을 오래 쬐면 염료가 변하면서 데이터가 손상된다. 그리고 CD에 손 지문이 많이 묻으면 손에 있는 기름기로 인해 금속이 산화되므로 데이터를 제대로 읽을 수가 없는 단점이 있다. 이러한 조건을 충족하기 위해서는 특수한 시설을 구비한 저장소를 마련하여야 하지만 일반적인 병원의 심장 내과 amigo room이나 echo room의 경우 보관 장소의 확보가 어렵고 자료의 대출이나 복사에 대한 문제로 보관 중 회손 되는 경우가 많다.

또한 비용적인 측면을 살펴보면 A 대학 병원의 경우 MOD(Magneto Optical Disk)의 사용으로 연간 134,400,000원의 비용을 지출 하고 있었다(Table 1).

Table 1. A 병원의 년간 저장매체 사용량

	MOD(EA)	CD(EA)	ECGpapar(BOX)	년간 소요비
용 도	echo 저장용	Angio 저자용	ECG 출력용	
단 가	₩140,000	₩1,000	₩25,000	
퀼사용량	80	120	93.6	
수 량	960	1600	1122	
소요비용	₩194,400,000	₩1,600,000	₩28,060,000	₩163,960,000

MOD의 경우 현재는 일부 분야에서만 사용되고 있어 희소성이 강해지고 있고 이로 인해 고가의 비용을 지불해야 한다. Cardiac PACS의 도입 비용과 관리 비용을 고려하더라도 PACS로의 전환이 필요하다. 또한 ECG류의 경우 종이 형태의 기록은 분실이나 회손의 우려가 있고 보관 및 기록 열람에 제약이 있어 진료 중 기록 열람을 위한 시간적 공백이 발생하기도 한다.

3. 연동 장비

Cardiac PACS의 경우 angio장비와 echo장비, IVUS (Intra Vascular Ultrasound)와 같은 DICOM영상 연동 장비와 Hemodynamic monitoring system, ECG, Holter, Stress, Electrophysiology System과 같은 non DICOM 장비의 연동으로 이루어진다.[3]

DICOM 장비의 경우 우선 OCS 처방과의 연동을 위한 DICOM Modality Worklist Management Service 연동을 제공해야 한다. DICOM Modality Worklist Management Service를 이용하여 전달받는 정보에는 환자이름, 환자번호, 검사장비, 검사 일자 등의 단순한 환자정보, 검사 정보의 수준을 넘어서 검사처방에 대한 상세한 절차까지 포함시킬 수가 있다.[4] DICOM Modality Worklist Management Service의 연동은 검사 완료 후 OCS / EMR환경에서의 영상과 환자정보의 매칭에도 중요한 역할을 한다.

DICOM Structured Reporting의 연동은 DICOM 영상뿐 아니라 측정된 검사 결과 값의 연동으로 사용자가 편리한 판독에 도움을 준다(Fig. 1).[5]

Echo 장비의 경우 SR의 연동은 검사 중 측정한 값에 리포팅 DB에 매칭하여 사용자가 추가로 입력하지 않고 판독이 가능하도록 한다.

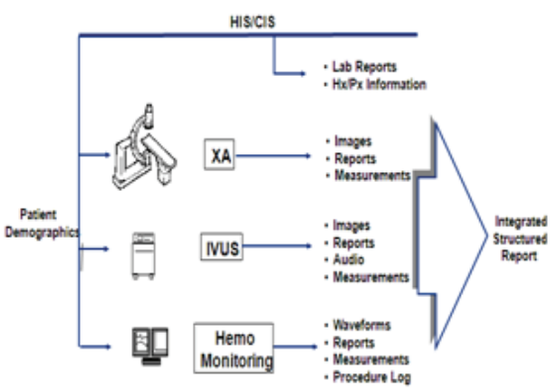

Fig. 1. Structured Reporting for the Cath Lab

IVUS의 경우 국내 보급되어 있는 장비 중 일부는 아직도 DICOM Modality Worklist Management Service나 DICOM Structured Reporting에 대한 지원을 하지 않기 때문에 Cardiac PACS의 도입할 경우 다시 한번 확인이 필요하다.

Hemodynamic monitoring system과 Electrophysiology system의 경우 모든 데이터를 PACS로 전송하기에는 어려움이 있다. 검사 시간이 1시간 이상 걸리고 길게는 3~4시간 까지도 소요되는 경우가 있고 현재까지는 각 제조사의 데이터가 DICOM형태로 출력 되지 않는다. 그러므로 이러한 장비의 연동을 위해서는 장비의 화면에 디스플레이 되는 데이터를 직접 화면 캡처를 하고 DICOM 변환하는 방식을 사용하거나 text, XML 형태로 출력 되는 데이터를 DICOM으로 변화하는 작업이 필요하다.

ECG, holter, stress 장비의 경우도 DICOM의 출력이 불가하고 각 제조사 마다 출력하는 파일의 양식이 다르기 때문에 PACS로 직접 연동하기에는 어려움이 있다. 일반적인 ECG의 연동은 3가지로 구분 된다.

A. 제조사 별로 장비 사용 방법

ECG류의 장비를 제조하는 제조사에서는 ECG, holter, stress와 같은 장비의 저장과 전송을 위해서 MUSE[6] 도는 trans master와 같은 장비를 제공한다. 이러한 장비는 각 제조사마다 다른 포맷으로 인해 동일한 제조사의 장비만을 연동하고 저장하는 단점이 있지만, 이러한 자비를 사용할 경우 ECG류 자제의 생성 알고리즘을 분석하거나 ECG판독의 결과를 DB화 해주어 임상적으로 사용할 수 있는 장점이 있다.

B. JPEG, XML, 가상 프린터 연동 방법

제조사의 연동 장비를 사용하기 곤란한 경우 차선책으로 ECG류 장비에서 출력되는 XML신호를 이용하여 ECG 영상을 재구성 하거나 JPEG와 같은 형태로 신호를 재구성하여 이를 다시 DICOM으로 변환하여 PACS에 저장하는 방식이 있다. 이는 이미지를 저장하는 방식으로 연동이 손쉬운 장점이 있으나 모든 장비에 연동을 위한 장비를 추가해야 하는 점과 임상적 데이터 활용이 불가하다는 단점이 있다.

C. 스캔 방식 연동

위에서 언급한 두 가지 방식의 연동이 모두 불가능한 과거 장비의 경우 사용자가 직접 종이로 출력하고 이를 스캔하여 다시 DICOM으로 변환하는 방식을 사용해야

한다. 스캔 파일의 경우 화질이 떨어지고 사용자가 작업을 해야 한다는 번거러움이 있다.

그 외에 cardiac PACS에 연동 하는 장비는 동맥 경화 진단 장비, EP 검사에 이용되는 마그네틱 네비게이션 시스템 등 non-DIOM장비로 제조사에 따라서는 DICOM 지원을 예정하고 있는 장비도 있다.

Cardiac PACS의 도입 단계에서는 연동 장비의 각각의 옵션과 연동 범위를 확인하는 작업 이 필요하다. Cardiac PACS에서의 연동 내역은 일반적으로 DICOM 영상, DICOM MWL, DICOM SR외에 DICOM MPPS, text, XML, JPEG등 과 같은 형태의 데이터를 연동한다.[7~8]

4. 임상용 영상 뷰어와 Report 결과

Cardiac PACS에는 판독용 워크스테이션을 제외한 임상용 뷰어의 구축이 필요하다. 이 부분은 CT나 MRI의 미니 PACS와 cardiac PACS와의 가장 큰 차이라고 할 수 있다. 순환기 내과 사용자를 제외한 타 부서의 경우에도 흉부외과적 수술이나 마취과적 처치, 응급실 등 여러 분야에서 cardiac 데이터를 확인하고 활용한다. 물론 영상 뷰어 뿐 아니라 리포트의 활용도 중요하다. Cardiac 리포트의 경우 영상의학과의 텍스트 위주 리포트보다 많은 데이터를 포함한다. 검사 중 발생한 이벤트 상황과, QCA, QVA, Echo 분석 결과 도식화된 심장 그림, 사용된 기구의 명칭과 수량, 시술 중 발생하는 합병증이나 처치 기록, 시술 중 사용된 약물의 종류와 수량 등의 데이터를 통합한 하나의 리포트가 만들어져야 한다(Fig. 2). 또한 여기에 사용 되는 그림이나 용어들은 임상적 상징성을 가지는 것으로 임상 사용자들이 실제로 사용 되는 용어로 구성 되어야 한다.

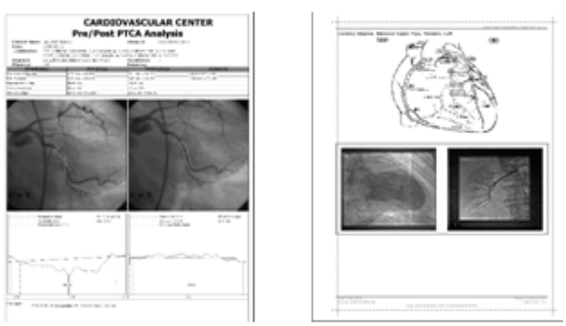

Fig. 2. Cardiac PACS report

뷰어의 경우 접속에 시간과 장소의 제약이 없어야 하고 동영상 데이터를 전송하는 만큼 영상을 전송 하는데 필요한 시간에 대한 고려가 있어야 하고 동영상의 제어가 가능해야 한다. 리포트의 경우도 영상과 동일하게 처리되어 제약 없이 조회가 가능해야 하나 편집에는 권한에 따른 제약이 필요하다. 또한 이러한 리포트는 EMR과 더불어 병원의 의무기록으로의 형태를 갖추어야 한다.

Ⅲ. 결 과

1. A병원의 구축 사례

A병원의 경우 S사의 angio 1대, G사의 echo 3대, P사의 echo 1대, B사의 IVUS 1대, V사의 IVUS 1대에 대한 DICOM 연동을 구축 하였고 Hemodynamic monitoring system 1대는 DICOM 캡처 방식으로 연동을 지원 하였다. 또한 echo 영상 분석용 워크스테이션 3대의 raw data에 대한 저장을 지원하였고 판독용 2대에 대해서 모두 QCA, QVA, echo measure, DSA에 대한 기능을 구현 하였다. 리포트의 경우 관상 동맥 조영술 판독과, 관상 동맥 풍선 확장술, 철망 삽입술, EP, Pacemaker, Temporary Pacemaker, echo를 포함한 총 14종의 리포트를 지원 하였다. A병원에서는 특징적으로 echo의 Raw 데이터를 저장하고 echo 영상 분석용 워크스테이션에서 추가적인 분석이 가능하도록 구성 하였다. 또한 S사의 MRI와의 연동을 통해 cardiac MRI에 대한 영상을 cardiac PACS에 저장하고 판독하도록 하였다.

2. B병원의 구축 사례

P사의 angio 1대, G사의 angio 1대에 대한 DICOM 연동을 지원하였고 Hemodynamic monitoring system 1대, EP 장비 1대에 대해서는 검사 중 발생하는 모니터링 화면과 입력 데이터에 대한 연동을 실시하였고 MRI 2와 CT를 연동 하여 cardiac 데이터에 대한 저장을 가능하게 했다. Echo의 경우 P사와 G사에 대한 6대의 DICOM 영상과 SR에 대한 연동을 구축 하였고, OCT와 IVUS에 대한 연동을 지원 하였다. B병원의 cardiac CT 3D 워크스테이션의 연동을 지원하여 심장내과 전문의가 직접 3D에 대한 작업이 가능하도록 하였다. ECG data의 경우 제조사의 별도 장비를 사용하여 저장 되고 있었기 때문에 cardiac PACS와는 제조사의 장비를 직접 연동 하는 방식을 사용하였다.

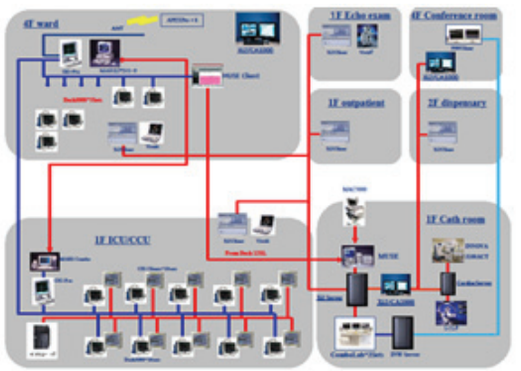

Fig. 3. Cardiac PACS 구축 사례

3. C병원 구축 사례

S사의 angio 1대와 G사, P사의 echo장비를 가각 연동 하였고 동맥 경화 진단 장비에서 발생 되는 데이터를 판독용 워크스테이션을 통해 DICOM으로 연동 하는 방식을 사용하였다. S사의 Hemodynamic monitoring system에 대한 연동을 지원하였고 ECG, Holter, stress의 경우 제조사의 연동 장비를 통한 지원을 구축 하였다. C병원의 경우 신축 건물로 이전하면서 모든 장비를 연동한 사례로 심혈관 센터의 디자인에서부터 cardiac PACS의 도입을 고려한 경우이다(Fig. 3).

Ⅳ. 결 론

Cardiac PACS의 구축은 영상의학과의 PACS와는 구분 되는 심장 내과 영역의 동영상 저장과 리포팅에 대한 방안을 제시해 주었을 뿐 아니라 ECG류 장비에 대한 저장 및 전송 방안을 제시하여 응급 상황에서의 심근경색 환자 기록에 대한 신속한 조회를 가능하도록 해 주었다.

심장 내과 영역의 이러한 시도는 EMR 환경의 디지털 병원에서 환자 진료에 효율성을 향상 시키고 심장관련 데이터의 일관성 있는 저장으로 임상 사용자의 진단에 필요한 시간을 줄여주어 궁극적으로 환자의 응급 처치 시간 단축으로 인한 생존율 증가에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각 된다.

참고문헌

1. 차순주, 이동호, 김용훈, 허감: 신설 병원의 완전 PACS 도입, 대한 PACS 학회지 2000, 6, 73~78.
2. http:// www. Pcbee.co.kr 온라인 미디어 pc Bee. CD의 수명에 대하여.
3. CI Buddelmeijer, BG Goldhoorn, AW Huisman, PL de Haan, RJ de Winter. Implementation of a Cardiology Information System in the Academic Medical Center Amsterdam 2003. IEEE Computers in Cardiology 2003; 30: 391~394.
4. 최승욱, 권동진, 조상욱: DICOM을 이용한 PACS/OCS 연동 사례 분석, 대한 PACS학회지, 2000, 79~ 84a.
5. Rada Hussein, MSc. Uwe Engelmann, PhD. Andre Schroeter, MSc. Hans-Peter Meinzer, PhD: DICOM Structured Reporting. The journal of continuing medical education in radiology, Radio graphics May-June. 2004.; 892.
6. GE 헬스케어 홈페이지, http://www.gehealthcare.com.
7. 지멘스 메디컬 분야 홈페이지, http://www.medical.siemens.com.
8. DICOM 홈페이지, http://medical.nema.org.