

의료용 데이터 웨어하우스 아키텍처의 설계 및 구현¹⁾

김종호*·김태훈**·민성우***·이희석**

Design and Implementation of Medical Data Warehouse Architecture

Jongho Kim*, Taehun Kim**, Sungwoo Min***, Heeseok Lee**

요약

과거와 다르게 최근의 병원들은 정보화로 인해서 상당한 양의 의료 데이터가 저장되어 있어서 이의 효과적인 이용에 관심을 가지고 있다. 그러나 기존 통합병원정보시스템 (Integrated Hospital Information System) 은 아직까지 일반관리와 원무관리 중심에서 벗어나지 못하고 있다. 품질 좋은 의료 서비스를 제공하기 위해서 환자 중심의 진료 및 진료지원, 임상연구 등을 종합적으로 지원하기 위한 데이터 웨어하우스 (Data Warehouse) 의 필요성이 대두되기 시작했다. 이에 본 연구는 병원 전체 차원에서 데이터 웨어하우스의 아키텍처를 설계하고 개발하는 데 주안점을 두었다. 특히, 임상 데이터 웨어하우스 (Clinical Data Warehouse) 에 초점을 두었으며 이에 대한 프로토타입은 J 병원에 적용되어서 개발되었다.

Key words: Data Warehouse, Integrated Hospital Information System, Order Communication System, Electronic Medical Record

1. 서론

과거와 다르게 최근의 병원들은 정보화로 인해서 상당한 양의 의료 데이터가 저장되어 있어서 이의 효과적인 이용에 관심을 가지고 있다. 그러나 기존 통합병원정보시스템 (Integrated Hospital Information System) 은 일반관리와 원무관리 중심에서 벗어나지 못하고 있다. 품질 좋은 의료 서비스를 제공하기 위해서 환자 중심의 진료 및 진료지원, 임상연구 등을 종합적으로 지원하기 위한 데이터 웨어하우스 (Data Warehouse) 의 필요성이 대두되기

시작했다. 최근 WHO (World Health Organization) 의 보고에 의하면 국내의 항생제 남용이 세계 최고 수준이라고 밝혔다. 1997년 기준으로 서태평양지역 12개 국가에서 페렴 구균에 대한 페니실린 내성률을 조사한 결과 한국이 84%로 세계 최고이고, 서태평양지역 15개국 가운데 임균에 대한 페니실린 내성률은 한국이 91%로 필리핀 95%에 이어 두 번째이며 일본은 4%이었다. 이 경우에서 처럼, 항생제 사용 적절성 비교와 같은 임상의학분야의 질 (Quality) 판단지표는 현 시스템에서 통합된 관점 (Integrated View) 을 제공하지 못하기 때문에 데이터 웨어하우스를 통해서 지속적으로 측정되고 평가되

1) 본 연구는 산업자원부 공업기반기술개발사업과제 (공고번호: 981-18-05) 로 수행되었음.

* ㈜ 비트 컴퓨터

** 한국과학기술원 테크노경영대학원 기업정보시스템 연구실

*** 서울중앙병원

어 질 수 있다. 이와 유사한 질 판단지표에는 약물 이용도 조사, 질병별 및 수술별 사망률 비교, 입퇴원 질병별 중증도 비교, 수술의 적절성 조사, 투약 오류 조사, 흔한 질병별 평균 재원일수 조사, 임상 의사별 수술결과 비교, 입퇴원 적절성 조사 등이 있다 [2].

데이터 웨어하우스 적용분야는 제조업, 금융업, 유통업, 통신업, 무역업 등에 적용되고 있는 데 의료분야에서는 그 활용이 미진하다. 외국의 의료용 데이터 웨어하우스는 여러 주제 (Subject) 에 적용 및 연구되고 있다 [18, 19, 21, 22, 23, 28, 29, 30, 31]. 국내 업체의 경우, 의료용 데이터 웨어하우스는 두 개 병원에서 의무기록관리 부분에 대한 데이터 마트 (Data Mart) 수준의 데이터 웨어하우스가 구축되고 있는 실정이다 [16]. 국내 연구의 경우에는 진료지원에서 종합진단관리의 데이터 마트가 프로토타입 (Prototype) 으로 개발되어 있다 [14].

병원의 의료업무는 의료인과 환자의 상황만으로 완결되는 것이 아니고, 이것을 바탕으로 다른 부분을 포함한 조직화된 의료행위의 실천을 필요로 한다 [7]. 즉, 병원 업무는 진료, 진료지원, 원무관리 및 일반관리의 네 가지로 나누어지며 [11], 한 병원 내에는 이 네 가지 업무로 대별되는 매우 다양한 부문 조직이 존재하면서 상호간에 유기적인 협조관계를 통하여 환자진료와 병원경영을 수행하고 있는 것이다 [3, 11]. 의료용 데이터 웨어하우스 (Medical Data Warehouse) 는 사용자에 따라, 진료와 진료지원을 기반으로 하는 임상 데이터 웨어하우스 (Clinical Data Warehouse) 와 원무관리와 일반관리를 기반으로 하는 비임상 데이터 웨어하우스 (Non-clinical Data Warehouse) 의 두 부분으로 나누어진다. 비임상 데이터 웨어하우스는 경영층의 의사결정을 위한 비즈니스 데이터 웨어하우스 (Business Data Warehouse) 와 유사한 것이다. 임상 데이터 웨어하우스는 대규모의 환자에 대한 정보를 모아 놓은 것으로 환자에 대한 의료 서비스와 의료 연구를 주목적으로 한다.

본 연구는 병원 전체 차원에서 데이터 웨어하우스의 아키텍처를 설계하고 개발하는 데 주안점을 두었다. 특히, 임상 데이터 웨어하우스에 초점을 두었으며 이에 대한 프로토타입은 J 병원에 적용되어서 개발되었다.

2. 통합병원정보시스템

병원 업무를 세분화하면, 외래/병동/응급/수술을 포함하는 진료는 진료관리와 간호관리를 포함한다. 진료지원 업무는 중앙공급관리, 진료행정관리, 영양/급식관리, 약국관리, 검체검사관리, 환자검사관리, 진단방사선관리, 기능검사관리, 치료관리, 종합진단관리, 의학정보관리, 진료안내관리 및 의학정보/연구/교육관리로 구성된다. 원무관리는 진료비관리, 보험청구관리, 입퇴원 환자관리, 외래접수/예약관리, 의무기록관리의 하위업무를 가지고 있다. 일반관리는 인사/급여관리, 웨어 회계/원가/예산관리, 구매/재고관리, 장비/시설관리의 하위 업무를 가지고 있다. 환자와 연관되는 업무는 진료, 진료지원, 원무관리이고 일반관리는 일반적인 관리 업무이다.

이에 상응하는 운영계 정보시스템은, 진료와 진료지원업무에 대한 것으로 임상정보시스템 (Clinical Information System; CIS), 원무관리와 일반관리 업무에 대한 병원경영정보시스템 (Hospital Management Information System; HMIS) 이다. 정보계 시스템 관점에서는 임상 데이터 웨어하우스와 비임상 데이터 웨어하우스의 의료용 데이터 웨어하우스가 있다. 이와 같은 운영계 시스템과 정보계 시스템을 통합한 것이 통합병원정보시스템이다 (<표 1> 참조). 통합병원정보시스템에서의 사용자는 크게 의사, 간호사, 연구자 등을 포함하는 의료인과 원무관리자, 경영자 등의 비의료인으로 나누어진다. 의료인에게 있어서는 임상정보시스템과 임상 데이터 웨어하우스에 중요성을 두고 있으며, 비의료인들은 병원 사무와 병원경영관점에서 수익증대에 관심을 두고 있다. 병원경영정보시스템과 비임상 데이터

웨어하우스는 일반적인 비즈니스 정보시스템 (Business Information System) 으로 간주할 수 있으며 이에 대한 연구는 완숙 단계에 있기에, 본 논문

서는 임상정보시스템과 임상 데이터 웨어하우스의 연관에 초점을 두었다.

<표 1> 통합병원정보시스템의 구성

대분류	중분류	운영계 시스템		정보계 시스템		
진료 (외래, 병동, 응급, 수술)	진료관리	임상정보시스템	처방전달시스템 전자의무기록시스템	원격진료시스템	임상 데이터 웨어하우스	의료용 데이터 웨어하우스
	간호관리			간호정보시스템		
진료지원	중앙공급관리			의료영상저장전송시스템		
	진료행정관리			임상병리정보시스템		
	영양/급식관리			방사선정보시스템		
	약국관리			투약전광판시스템		
	검체검사관리			약제처방시스템		
	환자검사관리			대기전광판시스템		
	진단방사선관리			검사자동화시스템		
	기능검사관리			급식관리시스템		
	치료관리			종합진진관리시스템		
	종합건진관리			의료정보검색시스템		
의학정보관리	교육관리시스템					
진료안내관리	의국관리시스템					
원무관리	진료비관리	병원경영정보시스템	원무관리시스템 진료예약시스템 보험관리청구시스템 차트보관시스템	비임상 데이터 웨어하우스		
	보험청구관리					
	입퇴원 환자관리					
	외래접수/예약관리					
	의무기록관리					
일반관리	인사/급여관리	인사/급여시스템 회계/원가분석시스템 자산관리시스템 자재관리시스템 재고관리시스템				
	회계/원가/예산관리					
	구매/재고관리					
	장비/시설관리					

임상정보시스템은 환자치료에 직접적인 영향을 끼치는 자료를 관리하는 시스템으로 치료의 결과나 과정에 관련된 사항, 환자에 대한 주의 사항, 의학지식기초가 구축되어 임상적인 결정을 지원해 줄 수 있는 시스템이다 [6]. 임상정보시스템에서는 처방전달시스템 (Order Communication System; OCS), 의료영상저장전송시스템 (Picture Archiving and Communication System; PACS), 전자의무기록 (Electronic Medical Record; EMR) 시스템이 가장 근본이 된다. OCS는 업무상 데이터나 정보가 발생한 부서에서 바로 단말기를 사용하여 직접 입력하고, 그것이 원내 통신망을 통하여 해당 관련 부서로 정

보가 전달되는 시스템이다 [7]. 이는 외과, 내과, 정형외과 등의 진료부서와 약제실, 주사실, 방사선과, 각종 검사실 등의 진료지원부서를 연결하는 체계이다 [11]. 국내에서는 1978년 경희의료원을 시작으로 OCS가 진료환경에 도입되었으며 1990년대 들어 A 병원, H 병원, S 의료원 등 대기업 계열병원을 중심으로 대규모 병원정보화 사업이 추진되어 1998년 현재 대부분의 종합병원에서 범위의 차이는 있으나 정보시스템을 도입하여 운영 중에 있다 [15]. 그렇지만 국내에서 입원과 외래, 둘 다에 OCS가 되어있는 곳은 아직까지 15%에 불과한 실정이며 [17], 계속해서 계획중이거나 구축중이다. PACS는

대량의 영상 데이터를 수집 저장하며 다수의 사용자에게 신속하게 전송하는 기능을 가지고 있다 [3]. PACS 또한 일부분으로 구축되어 있으며 완전 PACS (Full PACS) 는 계속해서 진행중이며, 기존 시스템과 연계도 또한 진행중이다 [3]. 의무기록 (Medical Record) 은 환자의 질병과 의료진이 환자에게 진료한 모든 사항이 기록된 문서인 의무기록지에 기반을 두고 있다. 의무기록시스템에는 EPR (Electronic Patient Record), EMR, CPR (Computer-based Patient Record) 시스템이 있다.

EPR 은 EMR 로 가기 위한 전단계로 텍스트 (Text) 형태로 입력할 수 있는 것은 텍스트로 입력하고, 입력이 용이하지 않는 부분은 스캐닝 (Scanning) 을 통하여 입력한 다음 이를 체계적으로 연결하여 사용하는 것이다 [6]. EMR 은 궁극적으로 추구하는 방향은 CPR 이나 이의 실현에는 현실적인 어려움이 있기 때문에 병원내 의무기록 전산화를 중심으로 사용하는 것인데 CPR 보다 협의의 개념이다 [6, 27, 28, 30]. CPR 시스템은 의무기록시스템의 전국화로 볼 수 있는 것으로 가장 이상적인 의무기록시스템이며 세계적으로 이에 대한 연구가 진행중이다 [6, 20, 29, 31]. 우리나라에서는 인하대병원에서 국내 최초로 EMR 을 시도하고 있으며 [1], 입원의무기록, 외래의무기록에 대해서 몇 개 병원이 시행하고 있다 [8]. 현재 병원에서는 병원의 전산화가 OCS 에서 EMR 로 확대되어가고 있다 [15]. 즉, OCS, PACS, EMR 순으로 구현되어지고 있다. 이외에도 주요 임상정보시스템으로는, 환자접수, 예약, 보고서 작성, 필름추적, 교육용 자료, 파일, 소모재료 관리 등의 기능을 가지는 방사선정보시스템 (Radiological Information System; RIS) [1], 임상병리정보시스템 (Laboratory Information System; LIS) 이 있다.

EMR 과 CPR 은 진료 및 진료 지원의 이력 정보 (Historical Information) 를 체계적으로 구축하는 기반을 제공하고, 임상 데이터 웨어하우스로 인해서 의료진들의 연구 지원을 위한 다차원적 관점

(Multidimensional View) 을 제공하고 연구 및 의료행위의 질을 향상 시킬 수 있으며, 기초의학연구와 임상의학연구로 구성되는 의학연구 [4] 의 전향적 연구 (Prospective Study) 와 후향적 연구 (Retrospective Study) 를 손쉽게 할 수 있다.

그러나 임상 데이터 웨어하우스의 주요 기반이 되는 EMR, CPR 의 개발에는 선결되어야 할 문제가 있다.

첫번째는 의료정보 표준화이다. 의료정보 표준화는 의료행위에 사용되는 용어, 서식 등을 약속된 형태로 변환하는 것이다. 의료정보 표준화의 내용으로 환자, 의료인, 의료기관의 확인, 의료정보전송체계, 의무기록의 내용과 구조, 그리고 의학용어와 분류코드의 표준화가 있으며, 125,000 개 정도의 용어가 정의되고 코드화 되어야 한다 [17]. 보건의료와 관련된 분류는 다루고 있는 정보의 영역에 따라, 내과 및 외과적 질환을 나타내는 질병 및 사인의 분류, 진단행위 (문진, 신체검진, 진단을 위한 검사) 와 치료행위 (처치 및 치료, 약물투여) 를 나타내는 의료행위의 분류, 진단행위의 결과 (증상, 증후, 검사이상 소견) 와 치료행위 결과를 나타내는 의료행위 결과의 분류로 나누어 지고, 정보의 분류방식에 따라 단축분류체계와 다축분류체계로 나누어진다 [9]. 질병 및 사인의 분류에는 ICD-10 (International Statistical Classification of Disease and Related Health Problem), 한국표준질병사인분류와 ICD-9-CM (International Classification of Disease 9th Revision Clinical Modification) 이 있으며, 의료행위의 분류에는 ICPM (International Classification of Procedures in Medicine), CPM (Current Procedural Terminology), NIC (Nursing Intervention Classification), OPCS-4 (Office of Population Census & Surveys-4), ICD-9-CM 과 한국표준의료행위분류 (Korean Classification of Procedures in Medicine) 가 있다. 의료행위의 분류에는 ICD-10 이 있다. 다축분류체계에는 DSM-IV (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders) 와 SNOMED (Systematized Nomenclature) 가 있다. 전자의무기록

표준화는 ASTM (American Society for Testing and Materials) 의 E1284 로 진행되고 있다 [13, 17]. 자료전송표준안은 HL7 (Health Level) 조직의 HL7 표준규약 (Protocol) 이 있으며, HISPP (Healthcare Informatics Standards Planning Panel) 와 IEEE P1157 MEDIX (Medical Data Interchange Standard) 가 구성되어 있다.

각 분류체계들은 서로 다른 정보의 영역을 다루고 있고, 정보의 표현방식도 다양하다. 이로 인해 보건의료와 관련된 정보들을 통합하고 전산화하는 작업에 있어서 많은 문제점이 발생하고 있다. 현재까지 이렇게 다양한 분류체계간의 정보 교환을 위한 시도는 미미하다. 세계 여러나라가 각각 가지고 있는 분류체계가 수술기법의 급속한 개발로 세계적인 신속한 추가, 개정이 어렵고 진료비 상환체계가 상이한 점등의 이유로 이들을 조화롭게 만들어 사용하고자 하는 노력이 없었다. 즉, 코드의 갱신이 필요하며 부시간 코드의 일치 및 코드의 일원화가 필요하다. 그 동안 새로 개발된 수술이나 검사, 처치 등의 분류가 불가능하여 각 병원마다 코드번호에 확장자를 붙이거나 새 번호를 만들어 사용하고 있는 실정이다 [17]. 코드에 대한 충분한 검토없이 OCS 를 구축하여 원무과의 수가계산용 재료코드와 중앙공급실의 물류코드, 약국의 물품코드가 다른 경우가 있으며 사용상에 문제가 발생하고 의료용 데이터 웨어하우스 구축에 걸림돌이 되고 있다. 또한 일단 확정된 표준안은 매년 수정완료되는 세계적인 표준안과 지속적으로 일치시키는 작업을 병행해야 한다 [8].

두번째는 새로운 기술의 도입이다. 의무기록시스템은 외국에 비해서 많은 환자수와 이에 대한 입력작업이 상당히 어려운 실정이어서 도입이 되지 않고 있다. 음성인식기술 같이 자료 입력을 용이하게 하는 기능의 신기술이 도입되면 국내의 의무기록시스템이 활성화될 것이다.

세번째, 의무기록시스템의 개발은 방대한 양의 자료를 저장하는 기능, 방대한 양의 자료를 용이하

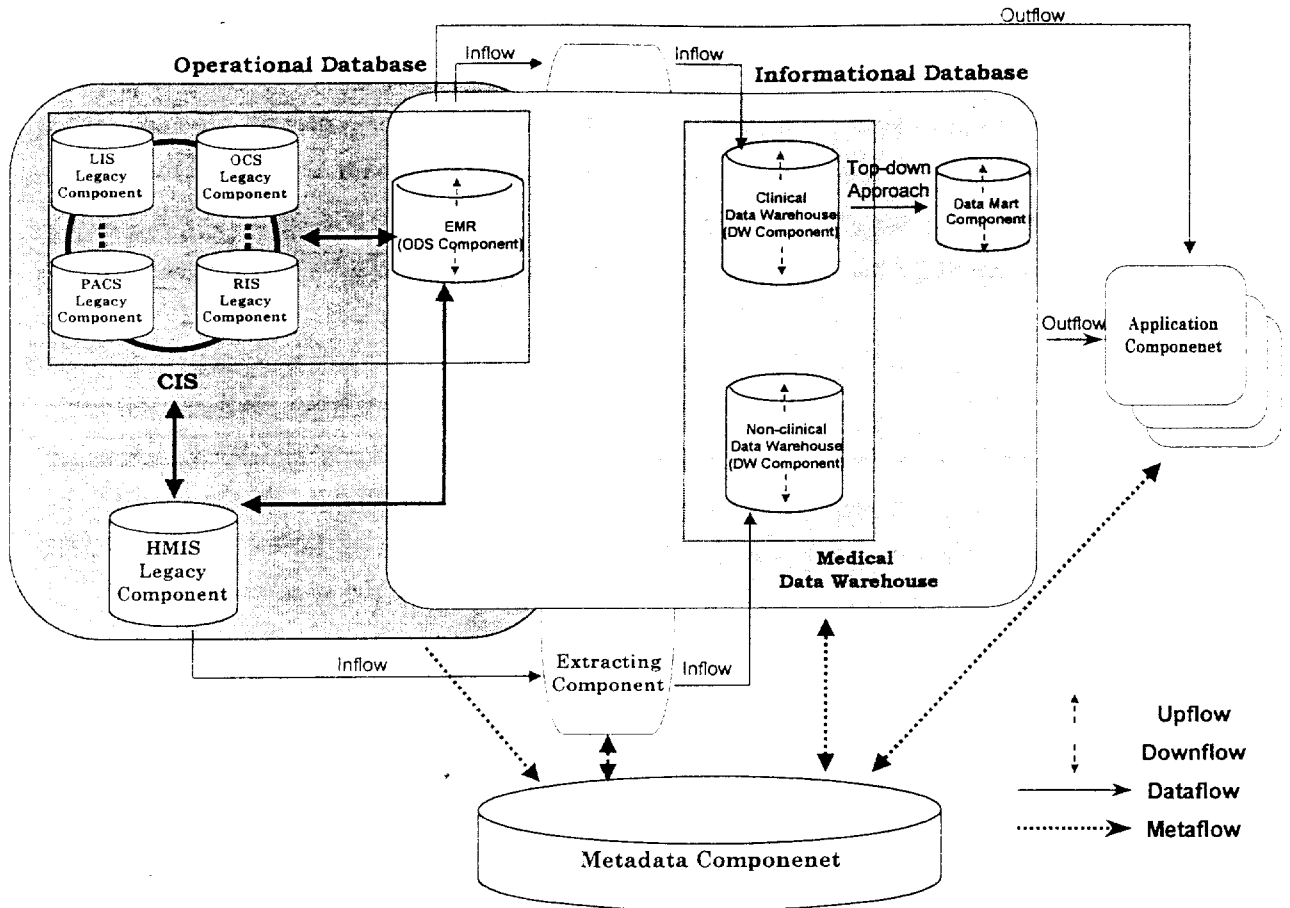
게 검색해 주는 기능, 온라인 의사결정 지원을 제공해주는 기능 등의 한계를 가지고 있다 [27]. 의료용 데이터 웨어하우스의 기능으로써 이들 한계에 대한 해결점을 제시한다.

3. 의료용 데이터 웨어하우스 아키텍처

통합병원정보시스템에서 임상 데이터 웨어하우스는 병원의 다양한 정보시스템들을 통합하기 위한 수단으로 사용되어진다. 즉, 데이터 웨어하우스의 일반적 정의 [25] 에서 “통합성” 이라는 문제를 해결하는 역할에 중점을 두고 있다.

데이터 웨어하우스에서 환자집단에 대한 특정성질의 측면은 추세를 위해 분석되어지는 데, 이때 데이터는 관심 있는 차원별로 조직화된다. 그러한 구조를 가지는 EMR 은 운영 데이터 저장소 (Operational Data Store) 와 유사하다 [30]. 또한 각과 내의 특정 관심 영역은 데이터 웨어하우스가 포함할 수 없기 때문에 독립적인 데이터 마트가 구축될 필요가 있다.

이러한 EMR 시스템을 포함한 임상정보시스템과 병원경영정보시스템의 운영시스템으로부터 의료용 데이터 웨어하우스의 정보계시스템을 구성하는 의료용 데이터 웨어하우스 아키텍처 (Data Warehouse Architecture) 는 <그림 1>과 같다. 데이터 아키텍처는 기존 컴포넌트 (Legacy Component), 추출 컴포넌트 (Extracting Component), 운영 데이터 저장소 (Operational Data Store Component), 데이터 웨어하우스 컴포넌트 (Data Warehouse Component), 데이터 마트 컴포넌트 (Data Mart Component), 어플리케이션 컴포넌트 (Application Component) 및 메타데이터 컴포넌트 (Metadata Component) 로 구성되어 있다 [26]. 기존 컴포넌트는 운영계 시스템들이며 EMR 시스템은 운영 데이터 저장소 컴포넌트에 해당되며 EMR 을 제외한 OCS, PACS, LIS, RIS 등은 기존 컴포넌트에 속한다.



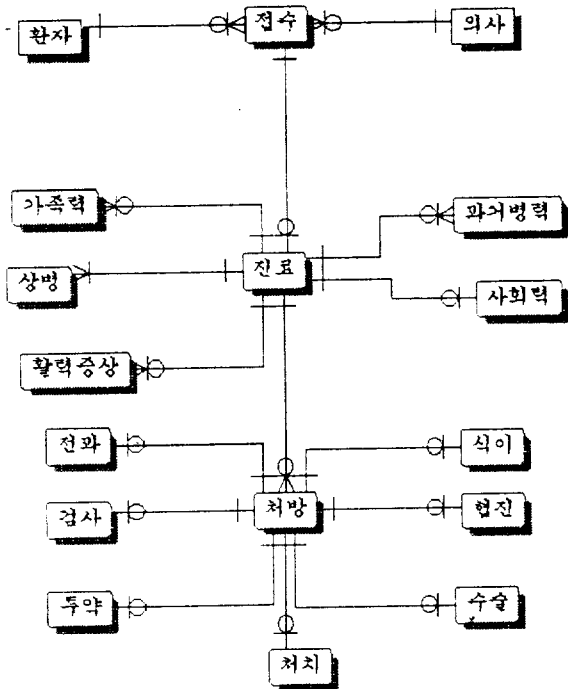
<그림 1> 의료용 데이터 웨어하우스 아키텍처

<그림 1>에서 전체적인 의료용 데이터 웨어하우스의 흐름은 데이터흐름 (Dataflow) 과 메타흐름 (Metaflow) 으로 구성된다. 데이터흐름은 Inflow, Upflow, Downflow, Outflow 로 구성된다. Upflow 와 Downflow 는 데이터베이스 자체흐름 (Ownflow) 이다 [26]. 기존 시스템은 운영 데이터베이스 (Operational Database) 를 가지며, 데이터 웨어하우스, 데이터 마트, 운영 데이터 저장소는 정보 데이터베이스 (Informational Database) 로 나타난다. 그림에서 EMR 데이터베이스는 운영 데이터베이스와 정보 데이터베이스의 중간적 성격을 가진다.

운영 데이터 저장소 컴포넌트인 EMR 시스템은 국내 실정에 맞게끔 [12], 입력 작업의 부하를 줄이고 국제적 표준안인 ASTM 의 E1383 의 구조를 따르도록 해야한다 [13]. E1384 에서 제정한 엔티티 (Entity) 는 환자 (Patient), 의료인 (Provider), 문제 (Problem), 진찰 (Encounter), 처방 (Orders), 서비

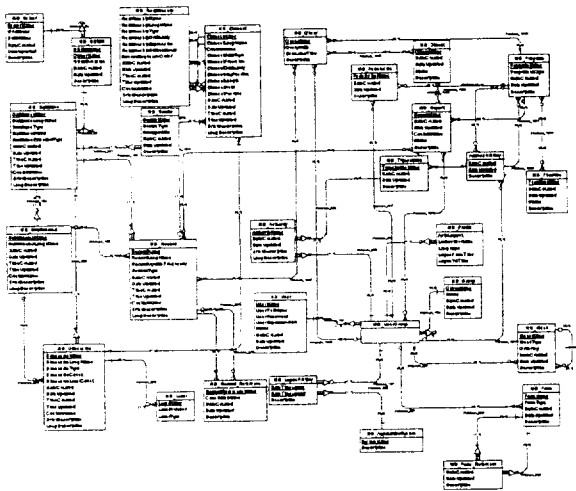
스 (Service) 이다. 의무기록지는 입퇴원기록지, 단기입원기록지, 퇴원요약지, 문제기록지, 응급진료기록지, 입원기록지, 경과기록지, 협의진료기록지, 마취전방문기록지, 마취기록지, 수술기록지, 수술실간호기록지, 회복실간호기록지, 투약기록지, 간호일지, 임상관찰기록지, 간호정보조사지, 퇴원시간호계획지로 구성된다 [13]. 애트리뷰 (Attribute) 의 내용은 증례 (Case Management) 를 구성하는 내용을 참조하고 있다. 그 내용은 문진 (과거력, 사회력, 직업력, 산과력, 건강행위, 전신상태, 피부, 두경부, 순환기, 호흡기, 비뇨생식기, 근골격계, 신경계통, 정신상태), 진찰 (시진, 촉진, 타진, 청진), 임상검사 (활력징후, 혈액 임상검사, 혈액학적 검사, 면역학적 검사, 소변, 대변, 미생물 검사, 뇌척수액, 단순방사선검사, 초음파, 컴퓨터 단층촬영, 자기공명영상, 핵의학검사, 전기진단검사, 심혈관계검사) 으로 나타난다 [5]. 이에 대한 이와 같은 관계는 [13]에서 나타난 ERD

(Entity Relationship Diagram) 을 기반으로 하였고 애플트리뷰트를 추가하고 있다 (<그림 2> 참조)



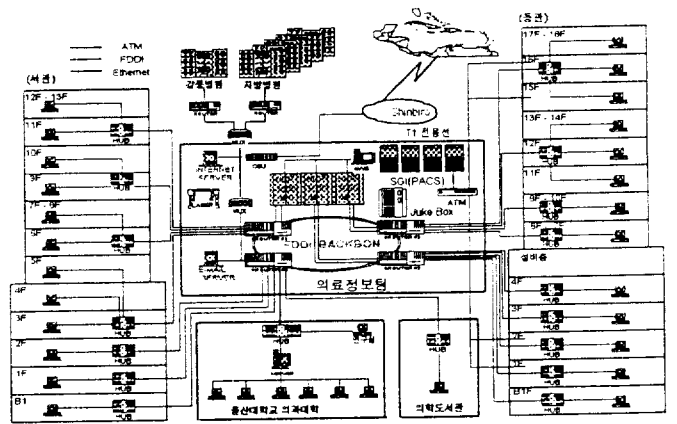
<그림 2> EMR 의 ERD

메타데이터 컴포넌트는 Metadata Coliation 의 MIS (Metadata Interchange Standard) 를 기반으로 해서 나온 핵심 메타데이터 스키마 (Core Metadata Schema) [26] 를 사용했으며, 의료 도메인 (Medical Domain) 의 특징적인 부분을 삽입하는 최종 메타데이터 스키마 (Final Metadata Schema) 는 사용자들의 요구사항을 반영해서 나오게 된다.

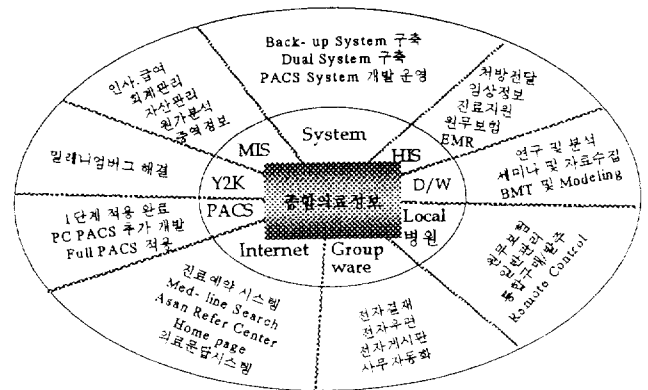


<그림 3> 메타데이터 컴포넌트 스키마

의료용 데이터 웨어하우스 아키텍처는 J 병원을 대상으로 프로토타입의 일부를 개발했으며 계속 진행중이다. J 병원은 1989 년에 개원하였으며 1994 년 건물을 증축하여 2,150 병상에 이르는 규모의 초대형 병원이며 6 개의 지방병원을 가지고 있다. 일일 평균 재원 환자는 2,000 명이며 일일 평균 외래 진료 환자는 5,000 명이다 [10]. 현재 하나의 컴퓨터에서 병원경영정보시스템, 처방전달시스템, 의료 영상저장전송시스템을 동시에 사용할 수 있다. 시스템구성은 <그림 4>와 같이 구성되어 있다.



<그림 4> J 병원 시스템 구성도



<그림 5> J 병원 전산화 현황

<그림 5>는 J 병원 전산화 현황으로서, OCS 는 모든 진료에 적용되고 있다. DBMS (Database Management System) 는 오라클 7.3.4.3 를 사용하고 NCR3600 에 탑재되어 있다. 클라이언트 (Client) 수는 1500 PC (Personal Computer) 이다. 데이터베이스 크기는 210 기가바이트 (Gigabyte) 이다. PACS 또한

- 275, 1996.
- [10] 송군식, 신명진, 이수현, 이주희, 오용호, "서울중앙병원의 PACS 구축 및 운영 현황," *대한 PACS 학회지*, 제 4 권, pp. 5-12, 1998.
- [11] 송운호, 조용구, 강석중, "국방 의료체계 구축방안 연구," *정보화저널*, 제 1 권, 제 2 호, 1994.
- [12] 어중선, "한국병원에 맞는 EMR 을 위해 갖추어야 할 요건," *대한의료정보학회지*, 제 2 권, 제 2 호, pp. 495-501, 1996.
- [13] 유연순, 강성홍, "의무기록 전산화의 실제-관계 모델 개발," *제 12 차 대한의료정보학회 춘계학술대회*, pp. 225-232, 1997.
- [14] 이재옥, 박연식, 민원기, 최진옥, 조한익, "데이터 웨어하우징 개념을 이용한 검진자료의 분석: 데이터 웨어하우징과 검진자료," *대한의료정보학회지*, 제 4 권, 제 2 호, pp. 111-114, 1998.
- [15] 조훈, "최근 병원정보시스템의 경향: 의료정보의 관점에서," *병원협회지*, 제 12 월호, 1998.
- [16] 컴퓨터월드, "제품동향: 데이터웨어하우스 시장 열린다," *컴퓨터월드*, 제 182 호, 12 월호, pp. 240-247, 1998.
- [17] 홍준현, 강성홍, "병원정보 코드 표준화," *제 12 차 대한의료정보학회 춘계학술대회*, pp. 167-172, 1997.
- [18] M. G. Axel, and I. Song, "Data warehouse design for pharmaceutical drug discovery research," *Proc. of 18th International Workshop on Database and Expert Systems Applications*, pp. 644-650, 1997.
- [19] J. V. Bammel, and M. A. Musen, *Handbook of Medical Informatics*, Springer Verlag, 1997.
- [20] Committee on Improving the Patient Record, Institute of Medicine, R.S. Dick, E. B. Steen, and D. E. Detmer (eds.), *The Computer-based Patient Record: an Essential Technology for Health Care (revised edition)*, National Academy Press, 1997.
- [21] T. Critchlow, "Managing change in a genome warehouse," *IEEE International Conference on Information Technology Applications in Biomedicine*, pp. 172, 1998.
- [22] M. Golfarelli, D. Maio, and S. Rizzi, "Conceptual design of data warehouses from E/R schemes," *Proc. of the 31th Annual HICSS*, 1998.
- [23] S. Hölzer, and J. Dudeck, "Medical data warehousing analytical processing of all available information," *MedInfo '98*, pp. 182, 1998.
- [24] R. Kimball, L. Reeves, M. Ross, and W. Thornthwaite, *The Data Warehouse Lifecycle Toolkit: Expert Methods for Designing, Developing, and Deploying Data Warehouses*, John Wiley & Sons, 1998.
- [25] H. Lee, E. Hong, and T. Kim, "Developing executive information system using data warehouse," *Journal of Korean MIS Research*, vol. 7, no.1, pp.7-24, 1997.
- [26] H. Lee, and T. Kim, "A metastore-based data warehouse development methodology," *International Conference Digital Library and Knowledge*, pp. 448-474, 1998.
- [27] D. Mohr, "Barriers to achieving an EMR and integrated clinical information system," *IEEE International Conference on Information Technology Applications in Biomedicine*, pp. 155-157, 1998.
- [28] W. J. Nowack, and M. J. Nicolai, "The electronic medical record and the data warehouse," *Proc. of 16th Southern Biomedical Engineering Conference*, pp. 178-180, 1997.
- [29] G. M. Nussbaum, "The best little data warehouse," *Journal of Healthcare Information Management*, vol. 12, no. 4, pp. 79-93, Winter 1998.
- [30] T. B. Pedersen, and C. S. Jensen, "Research issues in clinical data warehousing," *Proc. of 10th International Conference on Scientific and Statistical Database Management*, pp. 43-52, 1998.
- [31] K. D. Rardin, "Information warehousing within the CPR," *Imaging World Magazine*, pp. S5-S6, August 1996.