

# 임상의사결정지원 시스템 아키텍처 수립 및 적용 사례\*

## (Construction of Clinical Decision Support System Architecture and Case Study)

김정아<sup>¶</sup>      조인숙<sup>§</sup>

(Jeong Ah Kim) (InSook Cho)

**요 약** 의료분야에서의 품질 관리의 중요성이 강화되면서 임상의사결정지원 시스템의 중요성이 높아지고 있다. 이로 인하여, 대형병원 뿐만 아니라 규모가 작은 지역 병원에서도 임상의사결정지원 시스템을 구축하는 것이 필요한 실정이다. 그러나 임상의사결정지원 시스템 구축은 지식저작과 정보시스템 구축, 기존 시스템과의 연동 등 다양한 활동이 필요한 작업으로 비용과 복잡도가 크다. 본 논문에서는 재사용 및 상호운용성을 보장할 수 있는 의료 지식과 재사용할 수 있는 임상의사결정 지원 시스템 구축에 필요한 아키텍처를 구현한다. 3개 병원에 제안한 아키텍처 적용 결과를 바탕으로 아키텍처의 실무 적용 가능성 및 유용성을 검증한다.

**키워드** 임상 의사 결정 지원 시스템, 아키텍처, 임상 지식, Quality control in medical is getting very important issue so that the importance of CDS(Clinical Decision Support) System has been increased. Local clinics as well as big hospitals are required to implement the CDS System. But the cost and complexity of CDS system implementation is so high since many different activities including knowledge authoring, software development, and integrating the legacy system are necessary. In this paper, we suggest the CDS system architecture to be sharable and interoperable and evaluate the availability and efficiency of this architecture.

Key words : Clinical Decision Support System, Architecture, Clinical Knowledge

### 1. 서 론

의료정보기술이 의료분야에 가장 크고 강력하게 기여하는 것은 바로 사람의 한계를 뛰어 넘는 업무를 대신 수행해주는 일일 것이다[1]. 임상 의사결정 지원(Clinical Decision Support: 이하 CDS) 시스템은

환자안전과 의료진을 동시에 보호할 수 있는 안전 장치에 해당하는데, 이러한 안전장치가 필요한 이유는 우리의 임상 실무가 항상 모범적인 것만은 아니기 때문이다. 미국을 비롯한 선진국의 CDSS 관련 연구개발은 약 50년의 역사를 갖고 있다. 대부분 연구개발이 의료정보 학계를 중심으로 룰(rule) 기반에서부터 다양한 인공지능과 기계학습(Machine Learning)법 적용이 폭 넓게 소개된 것에 비해 임상 실무와 산업계는 룰 기반 시스템을 선호하고 있다[2]. 국내에서도 데이터 마이닝 접근법에 의한 CDS 서비스 구현을 시도 하고 있지만, 실제 임상에 적용한 경우는 없다.

보건복지부에서 2005~2010까지 EHR핵심공통 기술 연구개발사업단(이하 EHR사업단)을 통해

\* Copyright©2004 한국정보과학회 : 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.  
정보과학회논문지: 소프트웨어 및 응용 제 권 제호(2011.)

¶ 종신회원 : 관동대학교 컴퓨터교육과(clara@kd.ac.kr)

§ 비 회 원 : 인하대학교 간호학과(insook.cho@inha.ac.kr)

범 국가적 차원에서 의료정보 시스템이 갖춰야 할 표준을 의료 관점과 정보 관점에서 정의하는 연구를 수행해 있다.

EHR 사업단 연구 목표중 하나가 CDS 서비스 분야에서 모든 병원이 재사용할 수 있는 지식을 정의할 수 있는 방법과 이들 지식을 실행할 수 있는 환경을 기존 정보 시스템과 독립적으로 구현하고, 기존 시스템과 쉽게 통합할 수 있는 방법을 제시하는 것이다. 본 논문에서는 EHR 사업단의 CDS 서비스 연구 결과 중 일부인 CDS 아키텍처를 정의하고 구현 결과를 제시하며 적용 가능성을 검증한다.

2장에서는 새로운 CDS 시스템 아키텍처 설계의 필요성과 범국가적 차원에서 CDS 아키텍처의 요구사항을 정의한다. 3장에서는 EHR 사업단에서 이루어진 연구 결과인 CDS 시스템 아키텍처를 정의하고 4장에서는 대형 병원 3개 기관에 아키텍처를 구현한 결과를 분석하여 아키텍처를 평가한다. 5장에서는 연구 결과 활용 방법과 향후 연구 방향을 정리한다.

## 2. 기존 CDSS 시스템 구현의 한계점

### 2.1 CDS 시스템 개요

의료 분야에 있어서 전문의의 임상에서의 진단을 지원하는 시스템을 CDS 시스템이라고 한다. 병원의 의사결정자들에게 적절한 시기에 정보를 제공함으로써 조직의 계획, 운영 및 통제기능을 지원해주는 정보체제이다[7]. 컴퓨터시스템의 도움을 받아 인간이 할 수 없는 적절한 데이터, 정보, 그리고 지식 관리를 통해 이러한 불확실성에 의한 오류를 최소화 하여 보다 정확한 의사결정을 지원하도록 하는 것이 CDSS의 개발과 활용 목적이다. 의학 분야에 있어서 지능적 DSS 또는 전문가 시스템의

개발 목적은 다음과 같다[8] (1) 시스템적이고, 완전하며 분산된 자원으로부터 데이터를 통합함으로써 임상적 진단의 정확성을 향상시킨다. (2) 동일하지 않으며 검증되지 않은 유사성을 갖는 사례의 영향을 받지 않도록 함으로써 임상적 의사 결정의 신뢰성을 향상시킨다. (3) 결정적인 행위의 위험(risk)과 이점(benefits)에 대한 불편함과 시간적인 소모에 균형을 둬으로써 검사와 치료의 비용 효과를 향상시킨다. (4) 일관성이 없고 부정확한 지식을 규명하기 위한 기술의 발전과 연관되어 의학적 지식의 구조에 대한 이해를 증진시킨다. (5) 의학적 교육을 향상 시키고 의학에 대해 이해를 돕기 위한 보다 효율적이고 용이한 시스템을 개발하기 위한 노력으로 임상적 의사 결정의 이해를 증진시킨다.

### 2.2 기존 CDS 시스템 아키텍처

초기에 제안된 CDSS 아키텍처는 매우 단순해서, CDSS는 stand-alone 애플리케이션 방식을 전제된 것으로 수작업으로 사례를 입력하고 설명문으로 된 진단을 제공하는 수준이었다. 2006년 스탠포드 대학 연구 팀이 제안한 SAGE 아키텍처는[3]은 그림 1과 같은 모습으로 VMR(Virtual Medical Record)인터페이스 및 용어 서버와의 연계를 통해 의료 표준을 준수함으로써 재사용 가능한 지식을 실행할 수 있는 지식 엔진 기반 CDS 시스템 아키텍처를 제안하였다. SAGE 아키텍처는 의료 표준을 정의하는 기관인 HL 7이 정의한 VMR을 기준으로 각 병원의 의료정보 시스템이 구축되어 있다는 전제가 있고, 각 병원이 표준 용어를 사용함을 전제로 하였다. 그러나 우리나라의 많은 병원은 자체 의료정보 시스템 데이터 모델을 정의하였고, 자체 용어를 정의하고 있기 때문에, 지식의 상호 운영성을 고려한다면 국내 실정에 적합하지 않는 모델이다.

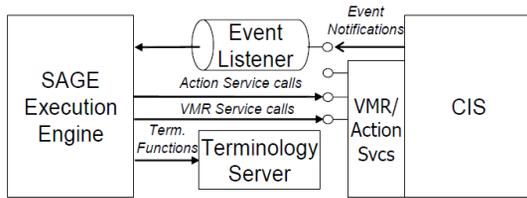


그림 1 SAGE 시스템 아키텍처

그림 2는 Kawamoto가 제안한 아키텍처[4]로, 어플리케이션이 중심이 되는 CDSS 아키텍처이며, 독립된 CDSS어플리케이션에 지식과 처리 서비스를 함께 정의하는 방식이다.

SEBASTIAN 아키텍처는 어플리케이션과 지식을 분리하지 않은 모델로, 지식과 서비스를 분리하여 재사용할 수 없다는 단점과 SAGE 모델이 갖고 있는 상호운영성을 보장할 수 없다는 단점이 존재한다.

### 3. EHR 관점에서의 CDS 시스템 아키텍처 설계

#### 3.1 아키텍처 수립 기본 사항

기존 CDS 시스템 아키텍처를 보완하기 위해 가장 핵심적 개선 요구사항은 4가지이다.

- 1) CDS 실현에 필요한 지식과 CDS 서비스를 구현한 모듈은 반드시 분리하여 각각의 유지보수성과 확장성을 확보해야 한다.
- 2) 전문가들이 저작한 지식과 지식 실행 모듈은 다양한 병원 정보 시스템과 쉽게 통합할 수 있어야 한다.
- 3) 새롭게 CDS 서비스를 추가하기 위한 기존 시스템의 변경 사항은 최소화해야 한다.
- 4) CDS를 구성하는 요소 및 구현 방법은 다양하므로, 이를 수용할 수 있어야 한다.

#### 3.2 CDS 시스템 아키텍처

구현을 위한 핵심 CDSS 아키텍처 수립을 위하여 본 연구에서는 4가지 아키텍처 원칙을 수립하였다[1,6].

첫째, 통합 아키텍처를 수립한다. 둘째, 컴포넌트 기반 Adaptable 아키텍처를 수립한다. 셋째, 구현 가능한 아키텍처로 수립한다. 넷째, 맞춤형 아키텍처로 수립한다.

EHR 관점에서는 동일한 지식을 서로 다른 병원 환경에서 활용할 수 있어야 하며, 기존 애플리케이션과의 유연한 통합을 보장할 수 있어야 한다. 이를 위해서 애플리케이션 아키텍처는 크게 5개의 빌딩 블록 (① 저작환경 모듈 ② 지식엔진 모듈 ③ 데이터 인터페이스 어댑터 모듈 ④ 지식 저장소 모듈 ⑤ 서비스 인터페이스 모듈)으로 정의하였다.

- (1) 저작환경모듈 : 료과 프로세스를 기반으로 하여 지식을 표현하고, 저작한 지식을 컴퓨터가 이해할 수 있는 형태의 지식으로 변환하는 환경이다. 지식 저작 과정의 핵심인 검증을 지원할 수 있는 테스트 케이스 생성기 및 테스트 자동 실행기를 지원하여 지식저작 및 검증의 생산성 향상을 가능하게 한다.
- (2) 지식엔진 모듈: 임상지식을 실행하는 엔진으로 료 엔진과 프로세스 엔진으로 구성하였다. 이로써 프로세스 기반 지식 및 if-then으로 이루어진 기본 료 모듈을 처리할 수 있다[10]. 이를 통해 어플리케이션에 포함해둔 지식을 별도로 분리할 수 있는 기반을 제공하였다.
- (3) 데이터 인터페이스 어댑터: EHR관점에서 지식은 어느 특정 병원에 종속적인 지식으로 저장할 수 없다, 그러므로 지식은 HL7 표준으로 추진되고 있는 VMR(Virtual Medical Record)를 확장한 eVMR(extendible VMR)을 기반으로 저작하여 범용성을 유지해야 한다. 범용성 유지를 위해 필요한 컴포넌트들로 데이터 인터페이스 어댑터를 구현하였다.
- (4) 지식 저장소 모듈: EHR관점에서 지식은 다양한 의료기관 간에 공유할 수 있는 자산이다. 다양한 유형의 지식을 메타 데이터화 하여 저장할 수 있는 컴포넌트, 지식 검증 피드백을 주고 받을

수 있는 협업 환경, 지식의 변경 및 형상 관리 모듈 구현을 통해 지식을 자산으로 공유할 수 있는 환경을 구현하였다.

- (5) 서비스 인터페이스 모듈: 본 논문에서는 2가지 방식을 제안한다. 연계형 방식은 CDSS 서비스에 필요한 화면을 별도로 구현하되, 기존 병원정보 시스템에서는 새로운 서비스를 호출하는 변경하는 경우이다. 통합형 방식은 기존 병원정보 시스템의 화면 변경 및 CDSS 서비스 호출 및 결과 처리를 위한 모듈 수정이 필요한 방식이다.

## 4. 적용 사례

### 4.1 배포 프로세스

논문에서 제안한 아키텍처와 구현한 공통 컴포넌트를 병원에 적용한 배포아키텍처는 그림 4와 같다. 전자의무기록 영역에는 환자 정보를 제공할 수 있는 기존 정보시스템과 정보 시스템으로부터 데이터를 획득할 수 있는 데이터 인터페이스 어댑터 모듈을 탑재한다. 어플리케이션 영역에 새롭게 개발한 CDSS 서비스 모듈을 탑재하고, 지식 엔진과 연계할 수 있는 모듈을 탑재한다. 엔진 영역에는 CDSS 서비스를 위한 지식 실행 엔진과 실행 중에 발생하는 추가 환자 정보 획득을 위한 데이터 인터페이스 어댑터 모듈을 탑재한다.

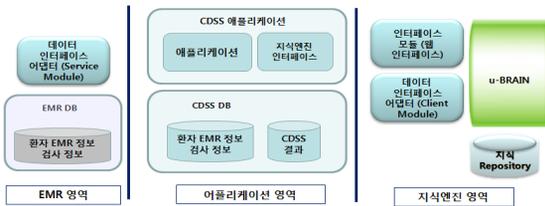


그림 2 배포 아키텍처

### 4.2 검증 결과

본 논문에서 제안한 아키텍처를 검증하고 CDS 운영의 효과를 검증하기 위하여 아주대의료원의 약물상호작용 CDSS, 분당서울대병원의 진단검사 CDSS 임상 평가를 수행하였다[1,9]. 표 1에서 보는 바와 같이 지식엔진은 상당히 안정적인 값을 보여주고 있었으며, 데이터 인터페이스 어댑터 부분이 대부분의 시간을 점유하고 있는 것으로 나타났다. 연구 결과로 만든 아키텍처를 검증하기 위해서는 성능 및 상호운영성을 평가해야 한다. 상호운영성 평가를 위해서는 동일한 아키텍처를 기반으로 하나의 지식을 다수 병원에서 서비스할 수 있어야 한다. 그러나 병원이 갖는 특수성으로 인하여 상호 운영성 검증을 위해서는 일차 성능 검증이 필요하다. 우선 성능 검증을 하기 위하여 운영 환경과 동일한 구성으로 테스트 환경으로 구축하여 검증을 수행하였다.

표 1 성능 평가 결과

(단위: ms)

임상 환경	# of trans.	평균 시스템 반응시간 (SD)		
		전체 응답시간	지식실행 시간	EMR정보 획득시간
외래	122,949	197.36 (251.46)	56.00 (29.02)	141.36 (249.17)
입원	149,282	626.22 (853.22)	48.02 (17.14)	578.20 (853.80)
응급실	51,214	193.98 (247.97)	53.10 (25.16)	140.89 (251.32)

시스템적 활용과 기대효과로는, 다음과 같은 임상적 평가를 받고 있다.

- (1) 서로 다른 의료기관에 적용할 수 있다.
- (2) 독립된 서비스 형태로 여러 의료기관을 대상으로 서비스가 가능하다.
- (3) CDSS 서비스를 확장하는 데 있어 추가 시스템 개발 없이 지식확장, 대상자 확장, 사용자 확장이 유연하다.

- (4) 진단검사의 경우는 지식 처리를 위해 기존 전자 의무기록 시스템으로부터 넘겨받는 데이터의 양이 방대하다는 특성을 갖고 있어, 데이터 인터페이스 어댑터를 통해 지식 실행 중에 필요한 지식을 실시간으로 얻어오는 아키텍처의 실효성을 검증할 수 있었다. 또한 이는 DIA를 통해 범용 EMR 구조 기반으로 저작한 지식의 상호운영성을 확보할 수 있음을 의미한다.
- (5) 지식의 추가, 삭제, 기준 값 변경 등이 저작환경에서 용이하다.

## 5. 결론

오늘날 지식기반 CDS 서비스는 사람의 생각을 모사하는 전문가시스템 접근에서 시작되었다. 잘 개발되고 검증된 지식기반이나 모델이 실무에 널리 이해되고, 수용되기 위해서는 CDS 시스템 표준화와 표준기반의 지식을 실행 가능한 형태로 해석하고 변환할 수 있는 도구 지원이 필요하다.

CDS 시스템 표준화는 다수 의료기관간의 지식 공유와 재사용을 촉진함으로써 지식 확보와 배포의 생산성을 높일 수 있고, 의료기관별 다른 플랫폼과 애플리케이션 환경으로 인해 현지화에 소요되는 추가 노력을 많이 감소시킬 수 있다.

본 연구에서는 국가 차원의 표준 의료정보시스템 구축 사업의 일부로 CDS 시스템 아키텍처를 제안하였다. 핵심 컴포넌트를 구현하여 실제 병원 실무에 적용할 수 있도록 하였다.

3개 대형 병원에 서로 다른 지식을 기반으로 한 CDS 서비스 구현에 적용함으로써 그 실무 적용성을 검증하였다. 본 논문이 제안한 CDS 시스템 아키텍처는 지식기반과 비지식기반 CDS 시스템을 구현하는데 모두 참조 가능한 모델이다.

## 참고 문헌

- [1] 조인숙, 김정아 외, " 임상의사결정지원시스템 개발 요약 보고서", 2010, 엘스비어코리아.
- [2] M. J. Ball, "Back to the future: what have we failed to learn? How does the future look?," in Medinfo2010. CapeTown: International Medical Informatics Association, 2010.
- [3] Samson Tu, Julie Glasgow, "SAGE Guideline Model Technical Specification," 2006
- [4] Kawamoto, K., & Lobach, DF. Design, implementation, use, and preliminary evaluation of SEBASTIAN, a standards-based Web service for clinical decision support. AMIA Annu Symp Proc. 2005;380-4.
- [5] JeongAh Kim, In sook Cho, Yoon Kim, CDSS (Clinical Decision Support System) Architecture in Korea, proceedings of conference ICHIT,2008
- [6] 김정아, 조인숙, 김윤, "EHR 관점에서 수립한 CDSS 아키텍처와 적용 사례," 소프트웨어 공학회 하계학술발표대회, 2009
- [7] Jerome A. Osheroff, et al, Clinical Decision Support Impelementer’s Workbook, , HIMSS, 2004
- [8] Kensaku Kawamoto, Service Functional Model Specification - Decision Support Service (DSS), 2006
- [9] Lee, J. H., Kim, J. A., Cho, I. S., Kim, Y., Integration of Workflow and Rule Engines for Clinical Decision Support Services, MedInfo 2010 Conference, Cafetown
- [10] JeongAh Kim, et al., Translation Protégé Knowledge for Executing Clinical Guidelines, proceedings of conference Protege 2009

**저자소개**

<관심분야> 임상 의사결정지원, 의료정보 표준,  
임상 데이터 마이닝, 간호정보, 전자  
의무기록

**김 정 아**

1994년 중앙대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)  
1996~현재 관동대학교 컴퓨터 교육과 교수  
2000~현재 컴퓨터교육학회 이사  
2008~현재 보안공학회 이사

<관심분야> 아키텍처 기반 소프트웨어 설계, 제품  
라인 공학 방법론, 프로세스 개선,  
임상 의사결정지원,

**조 인 숙**

2002 서울대학교 간호대학 (간호학 박사)  
2003 서울대학교 간호대학 간호과학연구소  
선임연구원  
2004 University of Utah 박사후 과정  
(임상정보학)  
2005~현재 인하대학교 의과대학 간호학과 교수  
2005~2010 EHR핵심공통기술연구개발사업단  
CDSS 세부과제 책임  
2011~현재 대한의료정보학회 이사