

프로세스 중심의 진료의사결정 지원 시스템 구축

민영빈¹ · 김동수^{2*} · 강석호¹

¹서울대학교 산업공학과 / ²숭실대학교 산업·정보시스템공학과 조교수

Development of process-centric clinical decision support system

Yeong-bin Min¹ · Dongsoo Kim² · Suk-ho Kang¹

¹Department of Industrial Engineering Seoul National University, Seoul, 151-742

²Department of Industrial & Information System Engineering Soongsil University, Seoul, 156-743

In order to provide appropriate decision supports in medical domain, it is required that clinical knowledge should be implemented in a computable form and integrated with hospital information systems. Healthcare organizations are increasingly adopting tools that provide decision support functions to improve patient outcomes and reduce medical errors. This paper proposes a process centric clinical decision support system based on medical knowledge. The proposed system consists of three major parts - CPG (Clinical Practice Guideline) repository, service pool, and decision support module. The decision support module interprets knowledge base generated by the CPG and service part and then generates a personalized and patient centered clinical process satisfying specific requirements of an individual patient during the entire treatment in hospitals. The proposed system helps health professionals to select appropriate clinical procedures according to the circumstances of each patient resulting in improving the quality of care and reducing medical errors.

Keyword: clinical process management, clinical decision support system (cdss), clinical practice guideline (CPG), evidence-based healthcare

1. 서론

근거중심의료(Evidence-based healthcare)는 의료 서비스를 제공하는 과정에서 명시화된 지침을 활용하여 신중한 의사결정을 내리는 것이다(Marwick *et al.*, 1997). 최근 몇 년간 의료 산업은 정보 시스템 도입을 통해 명시화된 지침에 근거한 의료 서비스를 제공하려는 노력을 해왔다. 의료 산업 종사자들의 이러한 노력의 주된 배경으로는 예방할 수 있음에도 불구하고 발생하는 임상 현장에서의 의료 사고를 막고자 하는 것을 들 수

있다. 현재 정부 기관은 이에 대한 의료 사고를 예방하기 위한 규제를 강화해 나가고 있다. 일반적으로 병원의 의료 서비스 품질 및 비용과 같은 요소를 산정하는 과정은 매우 복잡하고 정량화하기가 힘들다. 이는 의료 서비스는 여러 개의 복잡한 액티비티를 거쳐 실행됨과 동시에 모든 환자를 대상으로 동일하게 제공될 수 없다는 특성 때문이다. 이와 같은 의료 서비스의 속성들로 인하여 의료 사고가 발생한 경우 책임 소재와 보상 내용의 결정에 어려움을 겪고 있고, 이를 해결하기 위해 지난 몇 년 동안 명시화된 지침을 기반으로 한 정보시스템 개발

본 연구는 서울시 산학연 협력사업의 지원으로 수행되었음.

*연락처 : 김동수 교수, 156-743 서울특별시 동작구 상도동 511번지 숭실대학교 산업·정보시스템공학과, Fax : 02-825-1094,

E-mail : dskim@ssu.ac.kr

2007년 01월 접수, 1회 수정 후 2007년 04월 게재확정.

에 많은 사람들이 참여하고 있다.

이러한 근거중심의료에서 근거에 해당하는 것이 바로 임상 실행지침이다. 임상실행지침은 의료 종사자가 환자의 상황에 맞는 적절한 치료를 하기 위해 만든 체계적 진술로써(Shiffman *et al.*, 2004), 특정 질환을 앓고 있는 환자가 병원에서 거치게 되는 여러 단계에서 고려해야 할 의료 지식을 기술한 표준화된 진료 체계이다. 임상실행지침과 같은 검증된 지침에 근거하여 의료 서비스 제공자들은 처방의 기술과 병원 자원의 효율적인 사용, 품질 관리를 달성하고자 한다. 이와 같은 업무를 지원하는 의사결정지원시스템을 개발하기 위해서는 의료 지식을 모델링해야 하고, 모델링된 지식들은 컴퓨터가 처리할 수 있는 형태로 기술되어야 한다. 이를 위해 크게 두 방향의 작업들이 이루어져 왔다. 하나는 지식 표현의 관점에서 임상실행지침을 컴퓨터가 처리할 수 있는 형태인 XML과 같은 문서로 표현하는 작업이고(Gershkovich *et al.*, 2001), 다른 하나는 특정 질환의 임상실행 프로세스를 작성하는 작업이다(Tu *et al.*, 2004). 이들은 서로 병렬적으로 진행되어 왔으나, 의사결정시스템을 만들기 위해서 반드시 필요한 작업들이라 할 수 있다.

기존 연구는 임상실행지침을 컴퓨터가 처리할 수 있는 형태로 문서화하는데 초점을 맞추고 있었고, 문서화된 지침을 실제 병원에서의 프로세스와 어떻게 연결시킬 것인지에 대해서는 그 진척이 미흡하였다. 또한 진행된 임상실행 프로세스 연구도 특정 질환에 맞춤형된 진료 절차 내지는 시나리오를 기술하는 방식을 취함으로써 모든 질환에 대한 진료 절차와 예상 시나리오를 모두 작성해야 하는 확장성에 문제를 지니고 있었다. 게다가 질환에 대한 각각의 프로세스를 작성하는 것이 많은 시간과 노력이 필요하다는 점을 감안할 때, 질환 각각에 대한 시나리오 작성 및 관리 방식은 효율적이라 말할 수 없다.

따라서 본 연구는 보다 일반적인 환경에서 임상실행지침을 의료 현장에 적용시키는 방법을 제시하고자 한다. 이를 위해 병원 내에 갖추어져야 하는 정보 시스템 프레임워크를 제시하고, 이 프레임워크를 기반으로 모델링된 질환의 진료 지식을 활용, 의사결정 지원 모듈이 환자의 진료 상태를 해석하고, 프로세스를 작성하는 메커니즘을 소개한다.

2. 관련 연구

2.1 GEM

2004년에 예일 대학의 의료 정보 공학 센터(Yale center for medical informatics)에서 표준화된 임상실행지침 지식을 진료 프로세스와 통합하는 의사결정시스템 개발 연구를 수행하였고, 그 결과물로 나온 것이 바로 GEM(Guideline Element Model)이다. GEM은 임상실행지침에 있는 정보를 저장하고, 구성하기 위해 만들어진 XML 기반의 문서 모델이다(Gershkovich *et al.*, 2001). 이는 자연 언어로 되어 있는 임상실행지침 문서를 해석하여 컴퓨터가 사용할 수 있는 형태로 변환하기 위해 만들어졌다.

GEM의 컴포넌트들은 XML의 엘리먼트로 정의된다. GEM 내에는 메타 레벨의 태그가 있고, 여기에는 지침의 메타 정보를 저장한다. GEM에서 정의하는 상위 레벨의 컨셉에는 Identity, Developer, Purpose, Intended Audience, Method of Development, Target Population, Knowledge Components, Testing, Revision Plan 이 있다.

이들 상위 레벨 중 의료 지식을 담고 있는 Knowledge Components의 계층 구조는 <그림 1>과 같다(Shiffman *et al.*, 2004).

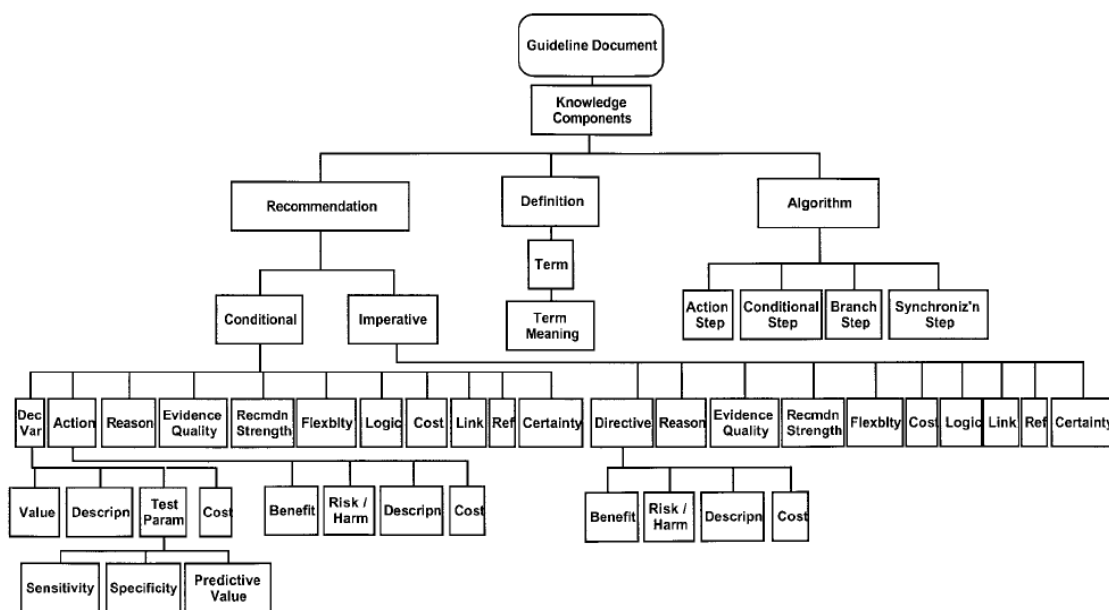


그림 1. GEM의 Knowledge Components(Shiffman *et al.*, 2004)

Knowledge Components의 Recommendation은 임상에서 환자를 직접 대할 때 발생하는 데이터들에 의해 영향을 받는 부분으로서, 반드시 수행되어야 하는 진술과 조건부 진술로 나뉜다. 그리고 Definition은 임상실행지침에 들어가는 용어들에 대한 정의를 하는 곳으로서, 특정 병원에서만 쓰이는 새로운 용어를 저장할 수 있다. Algorithm 엘리먼트는 플로우 다이어그램을 그리기 위한 내용을 담고 있다. 플로우 다이어그램을 그리기 위하여 네 개의 플로우 형태를 정의하였고, 이를 바탕으로 플로우 다이어그램을 생성한다. GEM은 이러한 요소들을 통해 임상실행지침을 컴퓨터가 처리할 수 있게 하면서, 표현력과 유연성, 상호운영성, 재사용성을 보장한다.

하지만 GEM에서 플로우에 해당하는 Algorithm 엘리먼트는 임상에서의 특정 질환을 진료하는 프로세스에 대한 내용을 다루기보다는 decision variable에 의해 분기되는 지점을 기술하는데 목적을 두고 있으므로 구체적인 진료 절차를 다루지는 않는다. 이처럼 GEM에서는 임상에서의 프로세스에 관한 내용은 포함하고 있지 않으며, 필요한 의료 지식을 체계적으로 모델링하고 표준화하여 여러 시스템에서 공통으로 사용할 수 있는 진료 지식을 제시하는 선에서 그치고 있다. 그러므로 본 연구에서는 GEM과 같은 임상실행지침들을 이용하여 임상 현장에서 환자의 프로세스를 작성하는 방안을 제시하고, 이를 통해 명시화된 지침을 기반으로 한 의료 서비스 제공을 가능하게 만든다.

2.2 RDF

RDF(Resource Description Framework)는 웹 상에 존재하는 여러 리소스들에 대한 정보 혹은 의미를 표현하는 언어로서, 특히 웹 리소스에 대한 메타데이터-저자, 제목, 저작권, 최종수정일자 등을 표현하는데 주된 목적이 있다. RDF는 동일한 의미의

리소스에 대해서도 다르게 해석될 수 있는 XML의 한계를 극복할 수 있는 표현방법으로 RDF 구문은 기본적으로 thing, property, value로 표현된다. Thing은 웹 리소스를 표현하고, property는 웹 리소스가 가지고 있는 속성을 표현하며, 마지막으로 value는 웹 리소스가 가지고 있는 속성에 대한 값을 나타낸다. 그리고 RDF 표현의 구조는 Subject, Predicate, Object로 구성된 트리플 형태로 표현할 수 있다.

2.3 RDF schema & 웹 온톨로지

RDF schema는 특정 RDF 문서에 사용할 수 있는 어휘들을 명시함으로써 그 문서가 갖추어야 하는 형식을 지정하는 방법을 제공한다. RDF 문서의 형식을 지정함으로써 사용자는 보다 정확하게 그 문서의 내용이 의미하는 바를 이해할 수 있으며, 어플리케이션은 한층 더 쉽게 문서의 처리를 자동화할 수 있다. 예를 들면 온라인 쇼핑몰에서 판매하는 물품의 정보를 RDF 문서로 나타냈을 때 물품의 가격에 대한 정보는 shop: Price의 property로 표현해야 하며 shop: Price가 가질 수 있는 값은 양의 정수임을 지정할 수 있다. RDF schema는 역시 RDF를 사용하여 쓰여지는데, class and property, domain and range의 개념을 사용하여 특정 리소스를 설명하는 RDF 문서가 가지는 구조적인 틀을 지정한다. 어떤 RDF schema를 따르는 RDF 문서는 RDF schema 문서에서 정의된 property를 사용한다. RDF schema의 domain 개념은 특정 타입의 리소스를 기술할 수 있는 predicate을 제한하기 위한 것이며, range의 개념은 property를 따르는 predicate이 가질 수 있는 value를 제한하기 위해 사용한다. RDF schema는 비록 그 자체만으로는 RDF 문서에서 사용하는 모든 용어들의 정확한 의미를 기술하는 능력은 부족하지만 온톨로지를 표현하는 더 풍부한 언어로 쉽게 확장할 수 있다는 특징을 가지고 있다. 풍부한 어휘로 웹 리소스들을 표현하는 기반을 제공하는 DAML

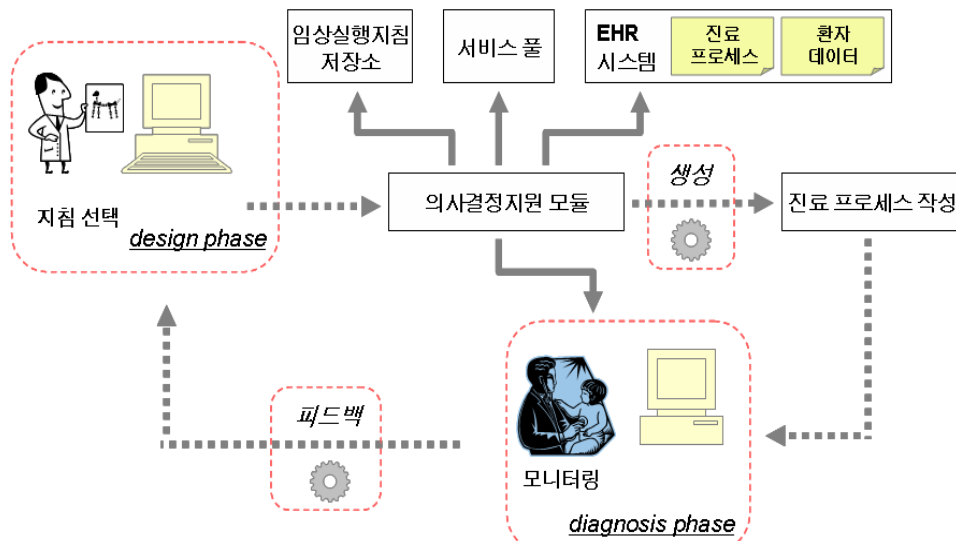


그림 2. 개별 환자의 진료 프로세스 작성 과정

+OIL, OWL 등 많은 온톨로지 언어들이 RDF schema를 기반으로 만들어지고 있다.

3. 시스템 아키텍처

임상실행지침과 환자의 진료 데이터를 활용하여 개별 환자의 진료 프로세스를 작성하는 모습은 다음과 같다.

시스템을 구성하는 주요 구성 파트는 임상실행지침 저장소, 서비스 풀, 의사결정 지원 모듈로 나누어진다.

3.1 임상실행지침 저장소

임상실행지침 저장소는 임상실행지침들을 모아놓은 저장소이다. 임상실행지침이 특정 질환에 대한 의료 지식을 담고 있다는 점에서, 이 저장소는 시스템의 KB(Knowledge Base) 역할을 수행한다. 여기에 저장된 각 지침들은 제목, 작성자, 사용 목적 등과 같은 메타 정보를 가지고 있고, 이를 통해 다른 어플리케이션들이 식별한다. 임상실행지침 저장소는 임상실행지침에 기술된 메타 정보를 통해 지침을 검색하는 인터페이스를 제공하며, 이 인터페이스를 통해 의사결정 지원 모듈은 지침을 호출하고 그 안에 있는 지식을 환자의 상황 정보와 필요 데이터를 토대로 이후의 의사결정에 필요한 정보를 표시하고, 이전 활동을 기록한다. 이 저장소에 들어갈 임상실행지침들은 <그림 3>과 같은 모델을 따른다.

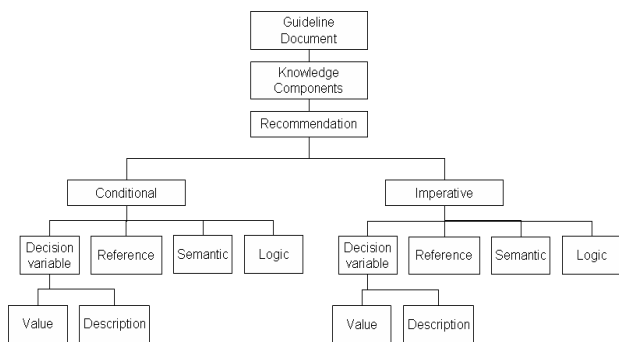
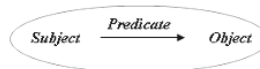


그림 3. 임상실행지침 모델

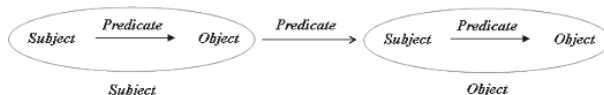
이 모델은 앞 관련 연구에서 언급한 GEM을 참조하여 필요 요소와 구조를 재정의한 것이다. <그림 3>에 제시된 임상실행지침의 Knowledge component 모델은 본 연구에서 제시할 진료 과정에서의 의사결정 지원 기능과 진료 프로세스 작성만을 고려한 것이다. Imperative 엘리먼트는 진료 과정에서 반드시 고려해야 하는 요소를 정의한 부분이고, Conditional 엘리먼트는 의사의 판단에 의해 선택적으로 고려하는 요소를 정의한다.

엘리먼트를 구체적으로 살펴보면 decision variable 엘리먼트는 질환의 양상을 판단하는 가장 주된 기준을 기술한 것을 말하는데, 의사결정 지원 모듈은 필요 데이터를 decision variable

엘리먼트를 기준으로 판단한다. Reference 엘리먼트는 decision variable과 관계를 가지는 변수에 대한 내용을 다루며, semantic 엘리먼트는 질환에 대한 개념을 정의·표현한다. 여기서 개념이란 object and object의 행동 그리고 object 간의 관계를 의미하며, semantic 엘리먼트에서 개념을 정의하고 개념 간의 관계를 표현함으로써 각 개념 간의 계층구조와 유사성을 정의한다. 이를 통해 각 개념의 역할, 특성, 성질 그리고 각 개념 간의 역할, 특성과 성질을 파악할 수 있다. Logic 엘리먼트는 semantic 엘리먼트가 포함하고 있는 개념을 이용해 지식이나 규칙을 정의, 기술하게 된다. 이를 통하여 각각의 계층구조, 유사성을 파악할 수 있으며 각각의 역할과 특성 성질을 파악할 수 있다. Logic 엘리먼트는 원칙과 규칙 그리고 사실과 사실 간의 관계인 지식을 정의, 표현한다. Logic 엘리먼트는 분기가 필요한 상황 등을 보다 명확하고 상세하게 만들어 줄 수 있다. 이렇게 상세히 표현된 내용은 의사결정 지원 모듈이 환자의 다음 상태에서 필요한 진료 활동을 보다 쉽고 정확하게 찾도록 돕는다. <그림 4>와 같이 semantic 엘리먼트는 기본적으로 subject, predicate, object의 트리플 형태로 표기되며, logic 엘리먼트도 semantic 엘리먼트와 마찬가지로 triple 형태로 구성되나 subject와 object가 하나의 사실인 triple로 표현된다.



Semantic 엘리먼트의 기본 형태



Logic 엘리먼트의 기본 형태

그림 4. Semantic과 Logic 엘리먼트의 기본 형태

3.2 서비스 풀

본 연구에서 정의하는 서비스는 일반적인 서비스의 의미를 축소한 것으로 의사가 병원의 가용 자원을 이용하여 실행되는 진료 활동을 의미한다. 여기에는 병원 내에서 실시되는 검사, 랩 테스트, 이미징이 해당되며, 검사의 예로는 혈액검사, X-ray 촬영, 심전도검사 등이 있다.

병원에서 제공하는 이러한 서비스들을 추상화하여 서비스 풀을 구성하고, 임상실행지침에 기술된 decision variable을 결과로 제공하는 서비스를 풀에서 검색한다. 이러한 체계를 구성한 이유는 질환 중심으로 관련 서비스들을 미리 기술하였을 경우 새로운 기계나 프로토콜이 도입되었을 때, 모든 임상실행지침을 일일이 수정해야 하는 번거로움이 발생하여 유지 및 관리 작업이 힘들어질 수 있기 때문이다. 따라서 병원 내에서 제공하는 활동에 대한 내용을 추상화하여 서비스 풀에 저장하는 방식을 취하였다.

서비스 풀 역시 병원에서 시행되는 개별 활동들을 저장한다는 점에서 임상실행지침 저장소와 마찬가지로 조직의 KB의 역할을 담당한다. 서비스 풀에 저장된 각 서비스들 역시 메타 정보를 가지고 있고, 이를 통해 다른 어플리케이션들이 식별된다. 서비스 풀은 개별 서비스에 기술된 메타 정보를 통해 지침을 검색하는 인터페이스를 제공하고, 이 인터페이스를 통해 의사결정지원 모듈은 지침 상의 decision variable에 해당하는 서비스를 검색·호출하고 이를 실제 작업자에게 할당하는 작업을 수행하게 된다. 이 저장소에 들어갈 서비스들은 다음의 모델을 따르며, 이들은 병원 내에서 실시되는 검사, 랩 테스트, 이미징 등을 기술하게 된다.

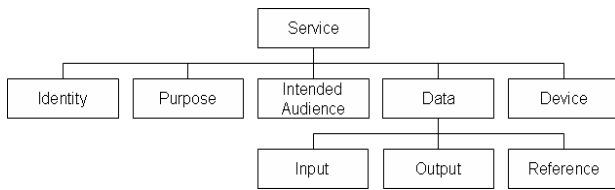


그림 5. 서비스 모델의 컴포넌트 계층 구조

서비스 모델의 컴포넌트 계층을 자세히 살펴보도록 하겠다.

• Identity

Identity 엘리먼트는 의사결정 지원 모듈이 특정 서비스를 식별하기 위한 정보와 이 서비스에 대한 일반적인 용어를 기술한다. Identity 엘리먼트에는 서비스의 이름에 대한 내용을 기술하는 title 엘리먼트와 release date 엘리먼트, 서비스의 상태를 설명하는 status 엘리먼트, 현재 사용가능 여부를 기술하는 availability 엘리먼트가 있다. 이 status 엘리먼트를 통하여 현재 이 서비스의 내용들이 업데이트가 된 상태인지, 수정 중에 있는지를 파악한다.

• Purpose

Purpose 엘리먼트는 이 서비스가 수행되는 목적에 대해 다룬다. 일반적인 진료 과정은 크게 진단, 치료, 예방으로 나눌 수 있다. Purpose 엘리먼트는 하위의 objective 엘리먼트를 통해 해당 서비스의 제공 목적을 기술한다.

• Intended audience

Intended audience 엘리먼트는 이 서비스를 환자에게 제공하는 의료 종사자에 대한 내용을 기술한다. 이 서비스를 제공하는 그룹에 대한 정보를 기술하는 groups 엘리먼트가 있고, 그 하위의 participants 엘리먼트를 통하여 실제 서비스를 제공하는 의료 종사자에 대한 내용을 작성한다.

• Data

Data 엘리먼트는 이 서비스를 수행하기 위한 input과 output 그리고 참조해야 하는 reference 데이터에 대한 내용을 기술한다. Output 엘리먼트는 의사결정 지원 모듈이 서비스를 구성할 때, 임상실행지침의 decision variable과 직접 대응된다. 이에 대한 내용은 의사결정 지원 모듈을 다루는 절에서 자세히 설명하겠다.

• Device

Device 엘리먼트는 이 서비스에 사용되는 여러 기기들에 대한 내용을 기술한다. 기기 이름은 device.name 엘리먼트, 고유 식별번호는 device.id 엘리먼트, 제조사는 maker 엘리먼트를 통하여 서비스에 사용되는 기기들을 구체화한다. 여기서 서비스 모델을 통해 기기를 기술하려는 목적은 기기의 유지·관리라는 경영의 측면이 아니라, 환자의 진료 과정에서 프로토콜을 확인하고, 진단 결과를 해석하기 위함이다.

3.3 의사결정지원 모듈

환자의 진료 프로세스를 작성하기 위한 첫 번째 작업은 의사가 임상실행지침 저장소에 저장되어 있는 임상실행지침을 선택하는 것이다. 의사는 환자와의 첫 대면을 통해 환자의 증상을 파악하고 이를 토대로 예상되는 질환에 대한 임상실행지침을 선택한다. 의사가 임상실행지침을 선택하고 나면, 의사결정지원 모듈은 해당 임상실행지침의 decision variable 엘리먼트를 바탕으로 이 환자에게 필요한 사항을 찾아내고, 병원 정보 시스템에 저장되어 있는 환자 데이터와 검사 등을 통해 얻어지는 데이터를 가지고 환자의 현재 상태를 파악한다. 환자의 상태를 파악한 이후에는 환자의 진료 프로세스 상의 현재 위치 등을 고려하여 이후의 어떠한 절차를 거치는 것이 바람직한가를 시스템 사용자인 의사에게 제시하고 의사는 의사결정 지원 모듈에 의해 정리된 데이터와 이후의 가능 절차를 토대로 다음 진료 활동을 계획·진행한다. 확정된 진료 활동들은 환자의 진료 프로세스로 기술되고, 이 때 임상실행지침 상의 내용 역시 포함되어 환자의 진료 과정의 근거를 남기게 된다.

4. 진료 프로세스 생성

4.1 서비스 검색

의사결정 지원 모듈이 서비스 풀에서 적절한 서비스들을 검색하는 작업은 의사의 임상실행지침이 선택된 후에 이루어진다. 의사결정 지원 모듈은 선택된 임상실행지침 내에 있는 decision variable들을 추출하고, 이 decision variable을 output으로 하는 서비스들을 서비스 풀에서 검색한다. 이 때 의사결정 지원 모듈은 decision variable을 처리하는 서비스들의 개수가 최소인 방향으로 서비스들을 선택하게 된다. 앞 절에서 제시한 임상실행지침 파트와 서비스 파트가 구성된 환경 하에서 의사결정 지원 모듈은 적절한 서비스 선택을 위하여 다음 순서도를 따른다.

Decision variable을 output으로 하는 서비스들 중에서 별도의 input을 요구하는 서비스가 있을 경우에는 이 input을 획득하기 위하여 서비스를 다시 검색할 필요가 있다. 의사결정 지원 모듈은 output 기준으로 검색된 서비스들 중 input을 요구하는 서비스가 존재하면, 모듈은 이 input을 output으로 하는 서비스를

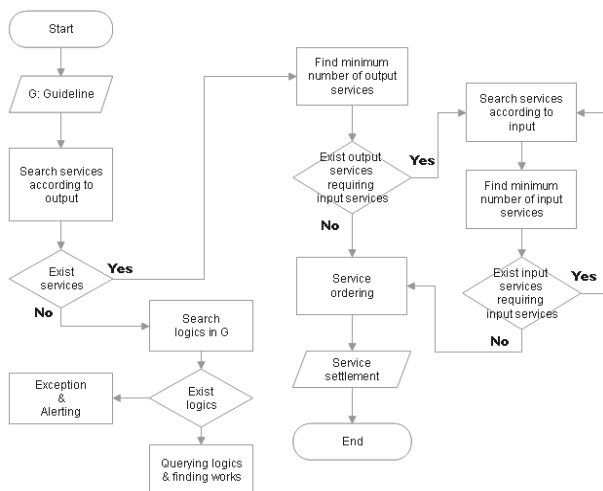


그림 6. 서비스 구성 순서도

처음 검색된 목록에서 찾고, 존재할 경우 input을 요하는 서비스와 이 input을 제공하는 서비스들 간의 순서 규칙을 작성하게 된다. 만약 output으로 검색된 서비스들 중에서는 이 input을 제공할 수 있는 서비스가 없다는 것이 확인되면, 서비스 풀로부터 새로운 서비스를 검색하여 이 서비스를 input을 요구하는 서비스 앞에 배치하는 규칙을 작성한다.

서비스의 개수를 최소로 설정하기 위하여 decision variable을 output으로 하는 서비스들 중 decision variable을 가장 많이 갖는 서비스 순서로 서비스들을 정렬한다. 의사결정 지원 모듈은 서비스 개수를 최소로 하기 위하여 가장 많은 decision variable을 처리하는 서비스를 선택하고, 이 서비스에서 처리하는 output과 같은 결과를 제공하는 서비스들을 목록에서 제거한다. 남은 decision variable과 남은 서비스들 사이에서 가장 많은 decision variable을 처리하는 서비스를 다시 검색하고 위의 과정을 반복하여 나간다. Input을 요구하여 서비스들 간의 순차적인 진행이 필요한 경우를 제외하고는, 서비스들 간의 뚜렷한 선후 관계는 찾을 수 없고 서로 독립적이라 볼 수 있으므로 병원 내 가용 자원들의 이용 현황을 참조하여 배치하게 된다. 이 배치된 서비스의 시간 순서에 따라 의사결정 지원 모듈은 환자의 진료 프로세스를 작성하게 된다. 본 연구에서는 순서 규칙을 제외한 나머지 서비스들의 배치는 병원 내 시스템에 의해 적절히 할당되었다고 가정한다.

4.2 액티비티 구체화

액티비티 구체화는 계획된 서비스들을 실행할 때, 시스템의 사용자인 의사의 의사결정을 지원하기 위한 내용을 설정하는 작업이다. 각 서비스들은 환자의 진료를 위하여 제공해야 하는 output 즉 임상실행지침 상의 decision variable을 가지고 있다. 이 decision variable과 관련 있는 의료 지식을 지침 상의 semantic 엘리먼트와 logic 엘리먼트에서 가져오고, 의사는 서비스를 수행하는 과정에서 이들 내용을 확인·진료에 반영하게 된다.

4.3 프로세스 상태 인식과 추론

의사결정 지원 모듈이 사용자인 의사에게 필요한 환자 정보를 제공하기 위해서는 현재 환자가 처한 상황이 어떠한지 인지할 수 있어야 한다. <그림 7>은 환자가 병원 내에서 처할 수 있는 전이 상황을 그린 다이어그램이다.

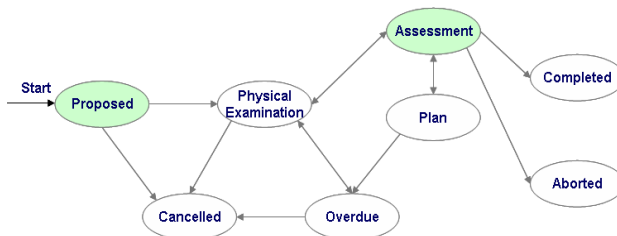


그림 7. 환자의 상태 전이 다이어그램

각각의 상태에 대해 구체적으로 설명하면, Proposed 상태는 환자가 현재 앓고 있는 질환으로 인하여 처음 병원을 방문한 상태이다. 이 때 자신의 담당의사를 만나게 되고 이 상태에서 담당의사는 특정 질환에 해당하는 임상실행지침을 선택한다. 선택한 임상실행지침에 맞추어 의사결정 지원 모듈은 필요한 서비스를 서비스 풀에서 검색하고 그 순서를 구성한다. Physical Examination은 진단, 치료, 예방의 목적으로 병원 내 서비스를 이용하고 있는 상태를 표현한다. 이 상태는 임상실행지침 상의 decision variable 값들이 다 채워질 때까지 지속된다. Assessment는 의사가 decision variable 값들을 확인하여 환자에 대한 판단을 내리는 상태이며, Plan은 환자가 질환이 완치되지 않은 상태로, 병원 시스템 밖에서 질환에 대한 관리를 받고 있음을 의미한다. Completed는 질환이 완치된 상태를 의미하며, Overdue는 계획된 진료 과정을 적시에 수행하지 않은 상태, Cancelled는 진료 과정이 환자와 관련된 이유로 취소한 상태, Aborted는 의사의 판단으로 인하여 진료 프로세스를 더 이상 유지하지 않게 된 상태를 의미한다. 병원에서 이루어지는 대부분의 진료 활동은 위 상태 전이 다이어그램에서 정의한 Physical Examination, Assessment, Plan의 전이로 이루어진다(Shiffman et al., 2004).

의사결정 지원 모듈은 환자의 상태 정보뿐만 아니라 현재의 액션 타입도 고려한다. Essaihi는 텍스트 형태로 쓰여 있는 기존의 여러 임상실행지침들을 랜덤하게 선택하였고, 이 선택된 지침들에서 나타나는 액션들에 대한 타입을 일반화·정의·구분하는 작업을 수행하였다(Essaihi et al., 2003). 본 연구에서 제안하는 시스템은 Essaihi가 제안한 액션 타입 카테고리 가운데 핵심적인 내용을 추출하여 사용하였다. 본 연구에서 사용하는 액션 타입의 내용은 <표 1>과 같다.

의사결정 지원 모듈은 앞에서 설명한 상태 정보와 액션 타입, decision variable 데이터 값의 존재하는지 여부를 따져 이후 환자의 상태 전이 여부를 결정한다.

상태에 대한 인식이 이루어지고 나면 의사결정 지원 모듈은

표 1. 진료 액션 타입

정보 획득	테스트	검사, 랩테스트, 이미징 등을 통하여 데이터를 수집하는 활동
	모니터	스케줄과 진료 기준을 통한 관찰 활동
정보 해석	판단	진단, 예후 등을 확정하는 활동
치료 수행	처방	약물이나 기구를 통한 치료 활동
	처치	일상적인 생활 속에서 취할 수 있는 치료 활동
	교육	교육 활동

선택된 임상실행지침의 decision variable에 해당하는 데이터를 검색하고, 이에 해당하는 값들이 존재하는지 여부를 살핀다. 의사결정 지원 모듈은 현재 진료 프로세스의 상태 정보와 액션 타입, decision variable 데이터 값을 토대로 다음에 나타날 수 있는 가능한 상태와 액션 타입을 제시한다. <그림 8>은 이 과정에 대한 간단한 예이다.

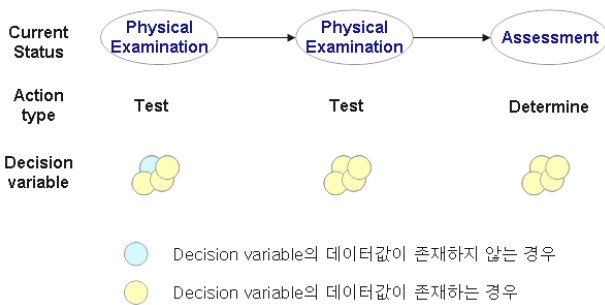


그림 8. Insertion point detecting 예제

이 예에서 의사결정 지원 모듈은 환자의 진료 프로세스를

살핀 결과, 상태는 Physical examination이고, 그 액션 타입은 테스트, 필요한 decision variable 네 개 중 하나의 값이 채워지지 않은 상태이다. 의사결정 지원 모듈은 현재 단계가 완료되지 않았음을 인지하고, 상태와 액션 타입을 그대로 유지하면서, 이 환자가 앞으로 수행해야 하는 액티비티는 채워지지 않은 이 decision variable 확보를 요구하게 된다. 이후 검사가 진행되어 채워지지 않았던 decision variable에 대한 값을 확보하게 되면 의사결정 지원 모듈은 <그림 7>의 상태 전이 다이어그램에 의거해 Assessment 상태로 전이되고, 액션 타입은 테스트 결과를 확인하는 판단으로 바뀌게 된다.

5. 프로토타입 구현 및 의의

본 논문에서 제시한 방법론을 검증하기 위해 프로토타입(prototype) 시스템을 구현하였다. 심방세동(Atrial fibrillation)과 관련된 의료 온톨로지와 계획을 세우기 위한 최소한의 필요 지식 온톨로지를 RDF schema로 구축하고, 지식을 그 RDF schema를 따라 RDF와 OWL로 표현하였다. 의사결정 지원 모듈의 기능은 단순한 전문가 시스템을 구현하여 시뮬레이션 하였으며, 사용자인 의사와의 상호작용을 위한 화면은 웹 상에서 작동할 수 있도록 JSP로 구현하였다. 온톨로지에 기반한 지식베이스 추론은 Horn logic으로 작성하여 SWI-Prolog 엔진을 사용하여 수행하고 SWI-Prolog의 C 언어 인터페이스를 사용하여 가상 컴포넌트들과 추론 엔진을 연결하였다.

5.1 의료 온톨로지

본 연구에서 제안하는 방법을 구현하기 위하여 질환을 부정맥(Arrhythmia)에 의한 심장질환의 하나인 심방세동을 선택하였다. <그림 9>는 심방세동 임상실행지침의 semantic 엘리먼트

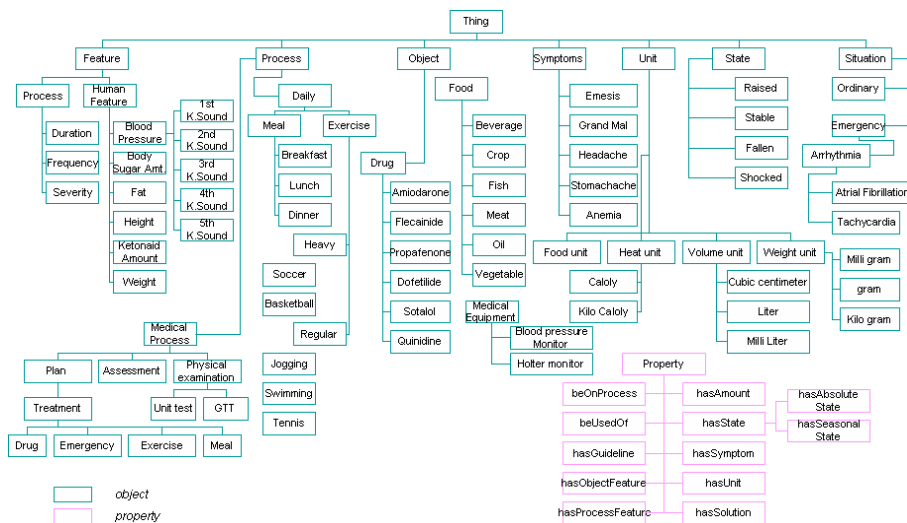


그림 9. Semantic 엘리먼트의 일부

트의 일부분이다. 이 semantic 엘리먼트를 토대로 심방세동에 관련된 개념들을 정의하고, 개념 간의 관계를 표현함으로써 각 개념 간의 계층 구조, 유사성을 파악할 수 있다. 또한 각 개념의 역할, 특성과 성질도 이 semantic 엘리먼트를 통해 구체화된다.

5.2 시스템 인터페이스

환자에 대한 기본적인 인적사항을 원무과를 통해 입력을 받은 후에, 담당의사는 <그림 10>과 같은 인터페이스를 접하게 된다. 담당의사는 이 웹 인터페이스를 통하여 정의된 질환에 대한 임상실행지침에 의거한 초기 필요사항을 제시받고, 이후에 진행할 과정에서 필요한 내용을 선택하며, 환자의 특이사항을 입력하게 된다. 이 때 초기 필요사항은 임상실행지침 모델의 imperative 엘리먼트에 해당하는 decision variable이며, <그림 10> 하단의 선택 부분은 의사가 환자의 증상을 살펴보고 판단한 추가 고려 사항들을 설정하는 곳으로 이에 해당하는 내용들은 임상실행지침 모델의 conditional 엘리먼트에 기술되어 있다. 필요사항에서 빈 값이 있을 경우 이후의 단계로 넘어갈 수 없으며, 의사의 추가 고려 사항 선택에 대한 확인이 끝나고 나면 의사결정지원 모듈에 이 정보들을 전달하게 된다.

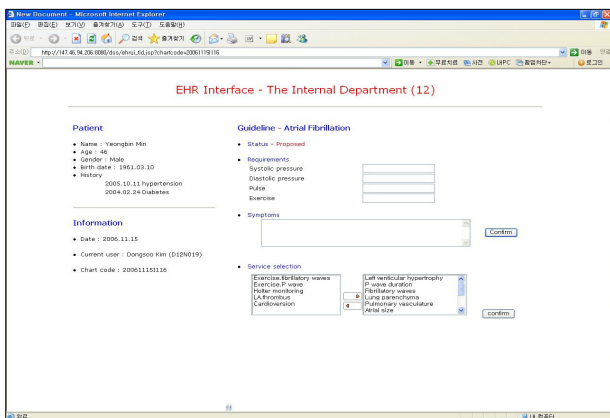


그림 10. 초기 진단 인터페이스

의사결정 지원 모듈은 앞의 단계에서 담당의사가 선택한 임상실행지침의 imperative 엘리먼트와 conditional 엘리먼트들을 확인하고 이에 맞추어 서비스 폴에서 이들을 처리할 수 있는 서비스들을 선택하게 된다. 이 때 의사결정 지원 모듈은 앞에서 언급한 <그림 6>의 처리 과정을 거쳐 서비스의 개수를 최소화하는 방향으로 진행한다.

<그림 10>에 나타난 단계에서 담당의사가 초기 필요사항을 기입하고 의사결정 지원 모듈이 제공될 의료 서비스 활동을 내부적으로 선택하고 나면, 해당 서비스를 수행하는 의사에게 <그림 11>과 같은 인터페이스가 제공된다. 이 인터페이스를 통하여 서비스를 수행하는 의사는 자신이 처리해야 하는 항목들을 확인할 수 있으며, 검사 등을 통하여 이 항목에 대한

값을 채워나가게 된다. 이 때 자신이 담당할 항목과 관련된 의료 지식을 임상실행지침으로부터 가져와 화면에 나타내며, 이 지식을 통하여 자칫 놓칠 수 있는 내용들을 강조하게 된다. 의사결정지원 모듈은 이를 위해 서비스로 연계 될 decision variable과 관련된 지식을 임상실행지침의 logic 엘리먼트로부터 추출하고, 서비스를 수행하는 의사는 이 추출된 내용을 기반으로 진료 과정에서 참조해야 하는 내용을 확인하게 된다.

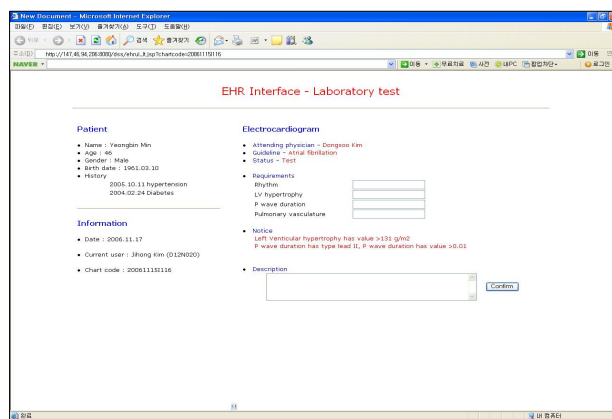


그림 11. 검사 단계 인터페이스

초기에 담당의사가 선택한 변수들을 처리하기 위한 서비스들이 모두 실행되고 나면, 의사결정 지원 모듈은 전체 평가 작업을 수행하기 위하여 담당의사와 만나는 액티비티를 계획하고 되고, 담당의사는 취합된 정보를 토대로 최종 진단과 처방을 내리게 된다. <그림 12>는 담당의사가 최종 진단과 처방을 내리는 화면으로 임상실행지침 모델에서 정의한 decision variable과 logic, 그리고 서비스를 통해 얻은 환자의 실제 데이터를 활용한다. 이 단계에서 의사결정 지원 모듈은 decision variable 결과값과 임상실행지침의 logic 엘리먼트에서 추출한 의료 정보를 결합하게 되고, 환자의 상태에 대한 명확한 규명과 처방에 유의할 사항 등을 화면에 제시한다. <그림 12>에서 의사결정 지원 모듈이 제시한 내용을 살펴보면, 이 환자는 검사를 통하여 paroxysmal 타입의 심방세동을 앓고 있으며, 고혈압 증상

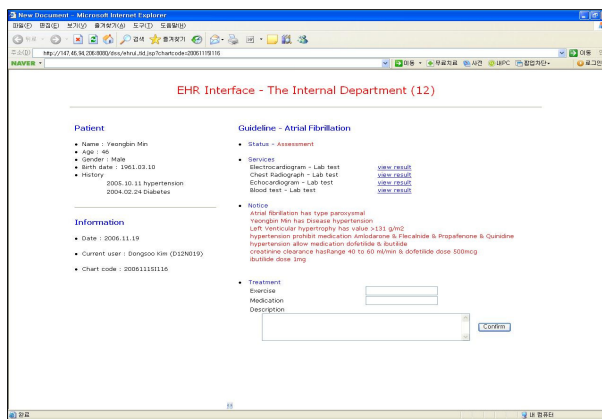


그림 12. 평가 단계 인터페이스

역시 함께 나타나고 있다. 이로 인하여 이 환자에게 Amlodaron, Flecainide, Propafenone, Quinidine 은 약물 처방해서는 안되며, dofetilide와 ibutilide를 약물 처방할 것을 권고한다.

5.3 의의 및 한계

구현한 프로토타입은 심방세동에 대한 지식을 토대로 의사들의 임상시 진료 활동을 지원하는 시스템을 제시하였다. 본 시스템은 표준화된 지침을 기반으로 참조 내용을 작성하므로 놓칠 수 있는 내용을 의사에게 주시시켜 의료 사고를 예방하는데 기여한다. 이는 사람이 크게 관여하는 의료 서비스의 특성을 고려하였을 때, 변동성을 줄이는데 기여한다고 볼 수 있다. 또한 기존의 문서화된 형태의 임상실행지침 내용을 의사의 화면으로 옮기기에 그 양이 너무 방대하였지만, 본 시스템은 프로세스 상에서 필요한 정보만을 추출하여 제시하므로, 정제된 정보의 제공과 더불어 인터페이스 측면에서 사용자 편의를 증진시킨다고 볼 수 있다.

하지만 논문에서 제시한 시스템에 대한 사용자인 의사의 평가는 아직 이루어지지 않았고, 실제 임상 현장에서의 적용은 조금 더 시일이 걸릴 것으로 예상된다. 현재 만들어진 심방세동 임상실행지침 모델 안에 정의한 의료 지식들은 심방세동을 다루는 특정 가이드라인(Asinger, 2001)에 기반한 것이다. 이 임상실행지침을 실제 병원 내에서 활용하기 위해서는 병원 내의 진료 방침에 부합되는 형태의 모델을 만들기 위하여 일부 내용을 조정해야 있다. 또한 의료 사고 데이터를 분석하여 실제 빈번히 발생하는 위험 요소를 파악하고, 이에 맞추어 의사에게 상기시켜야 할 사항을 재설정해야 한다. 끝으로 사용자인 의사들의 요구에 맞추어 사용자 인터페이스에 대한 점진적인 개선 역시 이루어져야 한다. 이러한 사항들에 대한 조정과 개선을 거친 후, 시스템 사용자인 의사들에게 시스템에 대한 평가를 맡길 예정이다.

6. 결론

근거중심의료가 중요해짐에 따라 진료 활동을 지원하는 시스템에 대한 연구가 현재 활발히 진행되고 있으며 본 연구는 임상실행지침, 서비스, 환자의 진료 데이터를 이용하여 의사지원 모듈이 의사에게 진료 과정에 참조해야 할 사항을 전달하고, 자동화하는 과정을 제시하였다. 본 주제와 관련된 이전 연구(Min, 2006)에서 진료 프로세스를 동적으로 기술하기 위한 프레임워크를 제시하였고, 본 연구는 이를 바탕으로 구현 작업을 수행하였다. 이 과정에서 GEM을 참조한 새로운 임상실행지침 모델을 개발하였고, 서비스 모델 개발, 서비스 구성을 위한 알고리즘 수정을 통하여 프로토타입을 개발하였다. 기존의 연구들이 임상실행지침을 문서화하는데 초점을 맞춘 것과는 달리, 임상에서 실제 환자의 프로세스에 초점을 맞추었고 의사

결정 지원 모듈이 진료 프로세스 과정 하에서 효과적인 참조 기반을 제공하는 방안을 제안하였다. 이를 위해 필요한 의료 지식을 구축하였고, 병원 내에서 제공되는 서비스들을 추상화하는 작업을 수행하였다.

가상적인 환경에서 상정한 사례를 처리하는 데에는 문제가 없었지만, 변동 사항이 큰 의료 현장을 고려하였을 때는 보다 다양한 서비스와 미리 계획되지 않은 상황에 대처하기 위한 훨씬 많은 수의 상식 지식의 확보가 필수적이다. 하지만 이러한 일은 CYC ontology(Lenat, 1995) 프로젝트에서 한계로 지적한 것처럼 결코 쉽지만은 않을 것이다. 또한 실제의 상황을 합리적으로 대처하기 위해서는 디바이스와 서비스들의 사용 가능성의 고려와 불확실한 상황에서의 판단을 필요로 한다. 이처럼 임상 현장의 즉시 적용하기에는 여전히 많은 작업이 요구되지만, 본 연구는 변동성이 큰 임상 현장에서 발생할 수 있는 사고를 정보시스템 차원에서 지원하는 모습을 제시한 것으로 볼 수 있으며, 근거중심의료가 강조되고 있는 현 의료 산업 환경에서 근거중심 의료 서비스 구현의 기반을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

의료 현장에서 발생하는 사고 예방에 정보시스템을 활용하려는 시도는 앞으로도 활발히 이루어질 것이며, 그 과정에서 의료 지식의 기술과 병원 내 가용 자원의 체계화는 정보시스템 구축에 가장 큰 부분을 담당할 것이다. 실제 병원 내에서 한 대상을 가리키는 용어가 부서별로 다른 경우가 많으며, 이들을 통합하여 체계화하는 일이 굉장히 중요한 문제로 인식되고 있다. 따라서 차후에 진행될 연구 과제로는 시스템의 재설계가 아닌 온톨로지를 활용한 의미 연결을 고려하고 있으며, 병원 내에서의 진료 프로세스 구성을 넘어서, 병원 간 진료 프로세스 공유와 이의 상호운용 방안에 대한 연구가 있을 계획이다.

참고문헌

- Asinger, R. W., et al. (2001), ACC/AHA/ESC Guidelines for the Management of Patients With Atrial Fibrillation, *Journal of the American College of Cardiology*, 38(4), 1266i-lxx.
- Berners, T., Hendler, James, and Lassila, Ora (2001), *The Semantic Web*, *Scientific American*, 284, 34-43.
- Choi, J-M. (2003), A summary of semantic web and research trend, *Korea Information Science Society*, 21, 4-10.
- Choi, K-S., Kim, J-H., Miyazaki, M., Goto, J., and Kim, Y-B. (2003), Question-Answering Based on Virtually Integrated Lexical Knowledge Base, *Proc. of the 6th International Workshop on Information Retrieval with Asian Languages Sapporo*, 168-175.
- Davis, J. P. and Blanco, R. (2005), Analysis and Architecture of Clinical Workflow Systems using Agent-Oriented Lifecycle Models, *Studfuzz 184*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 67-119.
- Essaihi, A. Michel, G., and Shiffman, R. N. (2003), Comprehensive categorization of guideline recommendations: creating an action palette for implementers, *Proc. American Medical Informatics Association 2003 Washington DC* 220-224.

Gershkovich, P. and Shiffman, R. N. (2001), An implementation framework for GEM-encoded guidelines, *Proc. American Medical Informatics Association Annual Symposium*, 204-208.

Gruber. T. (1993), A transition approach to portable ontologies, *Knowledge Acquisition*, 5, 199-220.

Kang, S-H. Park, J-S., and Lee W-K. (1998), Management Information System, Pakyoungsa, Seoul, Korea.

Kawamoto, K. and Esler B. (2006), Clinical Decision Support TC and Service Oriented Architecture SIG, The Healthcare Services Specification Project (HSSP), <http://hssp.wikispaces.com>.

Lenat, D. B. (1995), CYC: A Large-Scale Investment in Knowledge Infrastructure, *Communications of the ACM*, 38, 33-38.

Manola, F. and Miller E. (2004), RDF Primer, W3C Recommendation, <http://www.w3.org/TR/rdf-primer>.

Marwick, C. (1997), Proponents Gather to Discuss Practicing Evidence-Based Medicine, *Journal of the American Medical Association*, 278(7), 531-532.

McGuinness, D. and van Harmelen, F. (2004), OWL Web Ontology Language Overview, W3C Recommendation, <http://www.w3.org/TR/owl-features>.

Min, Y-B., Oh, J-Y., and Kang, S-H. (2006), A Study on Dynamic Clinical Process Generation based on Clinical Decision Support System, *Proc. of the 2006 Joint Conference MSIE*.

Morrison, I. and Lewis, B. and Nugrahanto, S. (2006), Modelling in Clinical Practice with Web Services and BPEL, *International Journal of E-Business Research*, 45-57.

Shiffman, R. N. and Essaihi, A. (2004), Bridging the Guideline Implementation Gap: A systematic, Document-Centered Approach to Guideline Implementation, *Journal of the American Medical Informatics Association*, 11(5), 418-426.

Shiffman, R. N. and Slutsky, J. (2003), Standardized Reporting of Clinical Practice Guidelines: A Proposal from the Conference on Guideline Standardization, *American College of Physicians*, 493-500.

Tu, S. W., et al(2004), Modeling Guidelines for Integration into Clinical Workflow, *MEDINFO 2004*, 174-178.



민영빈

서울대학교 산업공학과 학사
 서울대학교 산업공학과 석사
 현재: 서울대학교 산업공학과 박사 과정
 관심분야: BPM, u-Health



김동수

서울대학교 산업공학과 학사
 서울대학교 산업공학과 석사
 서울대학교 산업공학과 박사
 현재: 숭실대학교 산업·정보시스템공학과
 조교수
 관심분야: BPM, u-business, SOA, u-Health, 정보
 보호



강석호

서울대학교 물리학과 학사
 미국 University of Washington 석사
 미국 Texas A&M University 박사
 현재: 서울대학교 산업공학과 교수
 관심분야: Intelligent Manufacturing Systems,
 e-business