

심장계 질환 발견을 위한 임상 의사결정 지원 시스템

김기현, 최호진
한국정보통신대학교 공학부
e-mail : {kimkh, hjchoi}@icu.ac.kr

A Clinical Decision Support System for Heart Disease Detection

Ki-Hyeon Kim, Ho-Jin Choi
School of Engineering, Information and Communications University

요 약

최근 건강에 대한 관심이 높아지면서 의료 분야를 지원하는 애플리케이션 개발이 활발히 이루어지고 있다. 심장의 상태를 곡선으로 나타내는 ECG 를 기반으로 심장병의 유무를 발견하는 애플리케이션은 의료 분야 애플리케이션의 좋은 예라고 할 수 있다. ECG 만으로 질환을 판단하는 것은 제약이 있어, 이를 극복하기 위해 MCG 혹은 가상심장과 같은 다른 자원을 활용하는 것은 좋은 방법이다. 이와 같은 통합 시스템을 지원하려면 각 도메인에 대한 지식이 정의되어야 한다. 이에 본 연구에서는 ECG 와 심장계 질환에 대한 지식을 온톨로지를 이용하여 구축하고 ECG 를 통해 질환을 발견할 수 있는 추론 시스템을 제안하고 프로토타입 시스템을 개발한다.

1. 서론

전자기기 및 컴퓨터 산업의 비약적인 발전에 따라 산업, 의료, 복지, 행정, 교육 등 일상생활의 전 분야에서 컴퓨터는 중요한 역할을 하고 있다. 그 중에서 생활 수준 향상과 전세계적인 인구 노령화에 따른 사람들의 건강에 대한 관심도 커져 의료 분야에 지원되는 애플리케이션 개발이 활발히 이루어지고 있다.

심장계 질환은 부정맥, 심근 허혈, 심근 경색 등과 같이 심장에서 발생하는 질환으로 현대인들이 고통받는 질환 중 하나로, 특히 미국 심장 질환 협회의 통계 자료에 따르면 매 34 초마다 한 명의 미국인이 심장병으로 사망한다고 한다[1]. ECG 는 심장의 수축에 따른 활동전류를 곡선으로 기록한 것이다. ECG 는 심장의 상태를 간단한 그래프로 표현하므로, 심장질환의 진단학상 중요한 역할을 한다.

ECG 신호를 분석하여 심장계 질환을 찾는 노력은 90 년대 초반부터 있어 왔다. 이러한 방법에는 time-domain threshold method, frequency-domain spectrum

analysis, wavelet transform, principal component analysis, fuzzy logic, artificial neural network 등이 있다[2]. 하지만 심전도 검사는 진료의 정확도 면에서 한계를 지니고 있으며[3], 이런 심전도의 단점을 극복하기 위해 가상심장, MCG 검사와 같은 다른 새로운 방법을 함께 이용하여 진단하는 하는 방법이 고려되고 있다.

이렇게 여러 가지 방법들을 이용하여 질환을 진단하려면 각 도메인에 대한 지식이 정의가 되어야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 ECG 와 심장계 질환에 대한 지식을 온톨로지를 이용하여 구축하고, ECG 를 통해 질환을 발견할 수 있는 추론 시스템을 제안한다.

본 논문의 구성은 2 절에서는 이 시스템에서 이용하는 기본 개념들을 기술하고, 3 절에서는 시스템에서 이용한 전문 지식에 대한 분석 및 구축을 기술한다. 4 절에서는 시스템의 설계에 대한 설명과 프로토타입 구현을 기술하고 마지막으로 결론을 기술한다.

2. 배경 지식

2.1. 온톨로지(Ontology)

온톨로지는 오래 전 철학분야에서 생성된 용어로

※본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음.

최근 시맨틱웹과 인공지능 분야에서 용어간의 관계를 명시적으로 정의하는 체계를 뜻하는 전문용어로 사용되고 있다. 온톨로지에 대한 정의는 여러 가지가 있는데, Kuhanandha 와 Michael 은 세상의 어떤 부분을 모델링하여 표현할 수 있는 용어의 집합이라고 정의하였고[4], Robet 는 특정분야의 용어와 용어간의 관계, 용어의 조합규칙 및 확장에 대한 관계를 모두 정의한 것이라고 하였다[5]. 이러한 정의들 중 가장 일반적으로 쓰이는 Gruber 의 정의에 따르면, 온톨로지란 공유된 개념화에 대한 정형화되고 명시적인 명세이다[6]. 이는 모든 사람이 공유할 수 있는 개념화를 위해서 단어들의 의미와 관계 등을 정형화되고 명시적인 형태로 정의하는 것이라 할 수 있다.

현재 온톨로지는 웹 기반의 지식 처리나 응용 프로그램 사이의 지식 공유, 재사용 등을 위해 쓰이고 있다. 온톨로지는 시맨틱 웹 응용의 중요한 요소를 차지하고 있으며, 이를 표현하기 위해 스키마와 구문 구조 등을 정의한 언어가 온톨로지 언어이며, 이러한 언어에는 RDF, RDFS, DAML+OIL, OWL[7]가 있고, 또한 이를 추가적으로 확장할 수 있는 추론 규칙을 정의하는 언어로 SWRL[8] 이 있다.

2.2. ECG 기반 심장계 질환 발견

ECG(electrocardiogram)는 한글로 심장전기도, 줄여서 심전도를 의미하고, 심장의 수축에 따른 활동전류를 곡선으로 기록한 것이다. ECG 는 심장의 탈분극과 재분극에 의해 발생한 전류는 전극에 의해 측정된 후에 오실로스코프에서 증폭되고 기록된다. 이것은 심장의 상태를 간단한 그래프로 알 수 있기 때문에 협심증이나 심근 경색 등의 관동맥 질환을 비롯하여 여러 가지 부정맥이나 전해질이상 등의 진단할 수 있어, 심장 질환의 진단학상 매우 중요하다.

3. 심장계 질환 도메인 온톨로지 구축

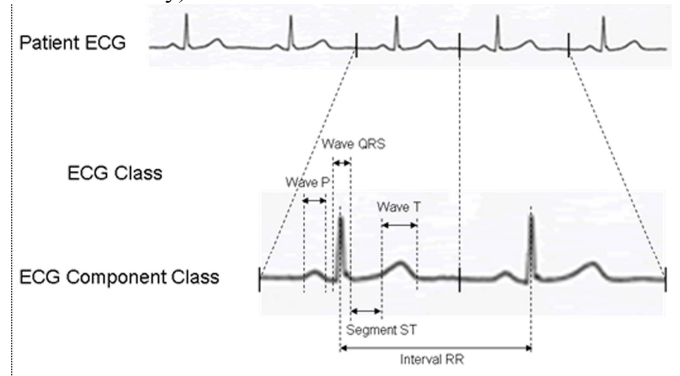
지식 기반으로 심장계 질환을 찾기 위해서는 우선 그에 맞는 도메인에 대한 지식이 정의되어 있어야 한다. 우리는 이에 맞는 지식을 온톨로지 언어인 OWL 과 추론 규칙을 정의하는 언어인 SWRL 을 이용하여 온톨로지를 구축하였다.

심장계 질환에 관련된 지식은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 질환의 유무를 판별하는 데 필요한 ECG 정보에 대한 지식과, 둘째 질환의 종류가 무엇인지 그 질환이 어떠한 병이고 증상이 무엇인지에 대한 심장계 질병 정보에 대한 지식이다.

3.1. ECG 도메인에 대한 분석

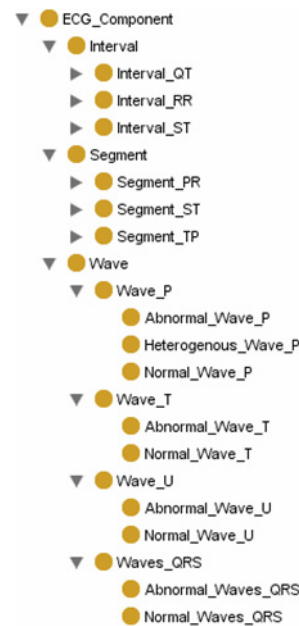
ECG 는 기본적으로 몇 개의 파형을 가지고 있는데, 이 파형에는 심방의 탈분극을 나타내는 P 파(Wave)와 심실의 탈분극을 나타내는 QRS 파, 심실의 재분극을 나타내는 T 파, T 파이후의 U 파가 있다. 파형과 파형 사이 부분 또한 심전도의 한 부분으로써 이를 분절(Segment)과 간격(Interval)이라고 하는데 그 예에는 ST 분절, R-R 간격 등이 있다. 또한 ECG 를 통해 1분 동안의 심장 박동수를 알 수 있는데, 이를 HRV(Heart

Rate Variability)라고 한다.



(그림 1) ECG 분류 체계

ECG 를 이루는 파는 파형의 방향과 지속되는 기간, 진폭의 크기, 모양을 특성으로 갖고, 간격은 파와 파 사이의 기간을 특성으로, 분절은 그 기간과, 상승 또는 하강시의 진폭, 전개되는 양상을 특성으로 갖는다. 이 특성들은 정상일 경우와 정상이 아닌 특별한 경우일 때 가지는 값의 범위가 일정 수준 정해져 있다. 이러한 파, 분절, 간격의 분류체계와 이들이 가지는 특성 값의 범위를 바탕으로 (그림 2)와 같이 ECG 도메인에 대한 온톨로지를 작성한다.



(그림 2) ECG 도메인 온톨로지 구조

3.2. 질병 도메인에 대한 분석

심장계 질환은 이상이 있는 부위에 따라 질병을 분류할 수 있거나, 증상과 원인에 따라 분류할 수 있다.

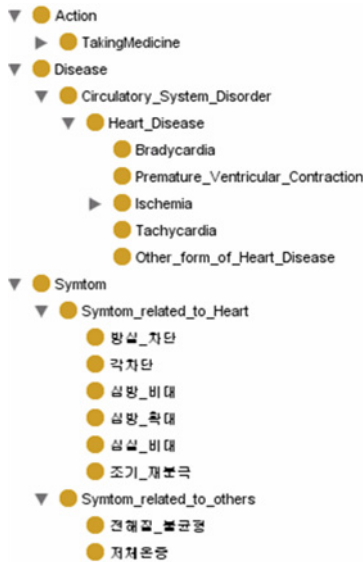
이상이 있는 부위에 따라 질병을 분류할 경우, 심장의 부위는 크게 심방, 심실, 그리고 이 둘의 사이 부분인 방실접합부로 나누어지고, 이에 따라 발생하는 질병도 심방 질병, 방실접합부 질병, 심실 질병으로 나눌 수 있다.

증상과 원인에 따라 질병을 분류할 경우, 심박동수가 보통의 경우보다 적은 경우 발생하는 서맥, 심박동

수가 보통의 경우보다 많은 경우 발생하는 빈맥, 비정상적인 전기흥분으로 발생하는 조기수축 질환, 심장의 일부분에 혈류가 감소하거나 차단되어 세포의 산소결핍에 의해 발생하는 허혈성 질환으로 나눌 수 있다.

본 연구에서는 관련된 모든 질병을 다루기는 현실적으로 어렵고, 온톨로지 구축을 쉽게 하기 위해 대표적인 4 가지 질환을 중심으로 연구를 진행한다. 이에 따라 빈맥과 서맥, 허혈 및 조기 심실 수축 질환을 중심으로 온톨로지를 구축한다.

ECG 곡선에는 이상이 있으나, 질병을 가지고 있지 않은 경우가 있다. 이는 질병을 일으킬 만큼 병이 심각하지 않거나, 일시적으로 약물을 복용하거나 심한 운동을 할 경우에 생길 수 있다. 이러한 부분을 처리하기 위해서 ECG 의 이상의 원인이 될 수 있는 심장 이상 관련 증상과 환자의 행동에 대한 부분도 추가한다.

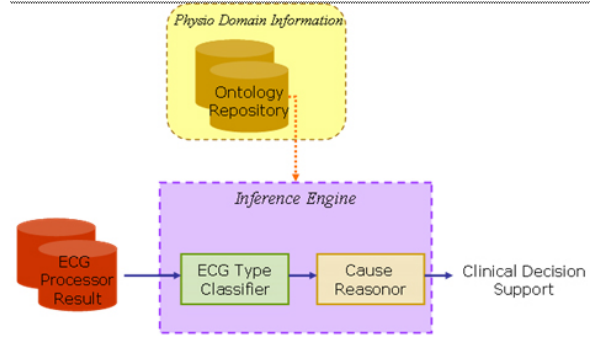


(그림 3) 질병 도메인 온톨로지 구조

4. 질병 추론 시스템의 설계

4.1. 시스템 구조

본 논문에서 제안한 지식 기반 의사 지원 시스템은 ((그림 4)와 같은 구조로 되어있다. 외부로부터 환자의 ECG 데이터를 받으면, 이를 온톨로지로 모델링하여 내부의 지식 베이스에 저장한다. 이 데이터를 처리하기 위해 추론 엔진은 시스템의 도메인 온톨로지에 미리 저장되어 있는 지식 기반 정보와 규칙을 이용하여 데이터로부터 새로운 사실들을 추론하여 환자의 ECG 데이터에 어떠한 이상이 있는지, 그 이상의 원인이 무엇인지를 판단한다.



(그림 4) 질병 추론 시스템 구조

질병 추론 시스템은 다음과 같은 순서로 진행된다.

- ① 환자의 ECG 데이터를 입력한다.
- ② 미리 저장되어 있는 ECG 요소의 이상 유무 추론, ECG 와 Disease 의 관계 추론 규칙을 추론 엔진으로 가져온다.
- ③ ECG 요소인 파형, 간격의 각 특성 값의 범위에 따라 추론하여, 환자의 각 ECG 요소의 세부 타입 (정상파, 비정상파)을 알아낸다.
- ④ 하나의 ECG 는 여러 요소를 가지므로, 이 요소들의 원인을 찾는 ECG-Disease 규칙으로 추론하여 관련된 질병이나 증상을 찾는다.

<표 1> ECG 요소 타입 추론 - P 파

ECG	판단 근거	규칙
정상 P 파	방향이 양극이고 지속기간이 0.10 초 이하, 진폭이 0.5~2.5mm, 모양이 완만하며 둥글	$Dir = Positive_Only \wedge Period \leq 0.10 \wedge 0.5 \leq Amplitude \leq 2.5 \wedge Shape = Flat\ or\ Round \rightarrow Normal_Wave_P$
비정상 P 파	방향이 양극이고, 지속기간이 정상이거나 0.10 초 초과, 진폭이 정상이거나 2.5mm 초과, 모양이 뾰족하거나, 정점이 u 자 모양	$Dir = Positive_Only \wedge Shape = Peaked\ or\ U_Shape_Ceiling \rightarrow Abnormal_Wave_P$
이소성 P 파	지속기간이 정상이거나 0.10 초 초과, 진폭이 정상, 모양이 완만하며 둥글거나 뾰족하거나 정점이 u 자 모양	$0.5 \leq Amplitude \leq 2.5 \wedge Shape = Flat\ or\ Round\ or\ U_Shape_Ceiling \rightarrow Heterogenous_Wave_P$
이소성 P 파(방실결합부, 심실 pacemaker)	방향이 음극이고, 이소성 P 파	$Dir = Negative_Only \wedge Wave = Heterogenous_Wave_P \rightarrow Heterogenous_Wave_P_with_Ventricle_Pacemaker$

본 시스템에서 추론을 위한 규칙 정의는 두 가지 나누어 정의하였는데, 두 개에 표에 기술한 것과 같다. <표 1>은 ECG 요소의 타입을 추론하기 위한 규칙의 예이고 <표 2>는 ECG 각 요소의 이상에서 그 원인을

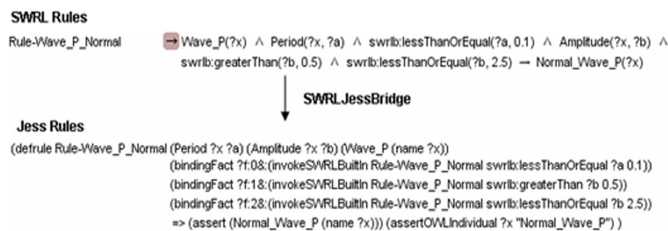
추론하기 위한 규칙이다.

<표 2> ECG-원인 추론 - 빈맥 및 서맥

원인	판단 근거	규칙
동성 부맥	맥박이 60~100 이고, 리듬이 불규칙적, P 파 정상, PR 간격 정상, QRS 군 정상	Normal_HRV ^ Normal_Wave_P ^ Normal_Interval_PR ^ Normal_Wave_QRS → Arrhythmia
동성 서맥	맥박이 60 미만이고, 리듬이 규칙적, P 파 정상, PR 간격 정상, QRS 군 정상	HRV < 60 ^ Normal_Wave_P ^ Normal_Interval_PR ^ Normal_Wave_QRS → Bradycardia
동성 빈맥	맥박이 100~180 이고, 리듬이 규칙적, P 파 정상이거나 짧음, PR 간격 정상, QRS 군 정상	High_HRV ^ Normal_Wave_P ^ Normal_Interval_PR ^ Normal_Wave_QRS → Tachycardia
무증상성 서맥	맥박이 50~59 이고 동성서맥	Low_HRV ^ Bradycardia → Bradycardia_with_no_symptom
증상을 동반한 서맥	맥박이 30~45 이고 동성 서맥	Extreme_Low_HRV ^ Bradycardia → Bradycardia_with_symptom

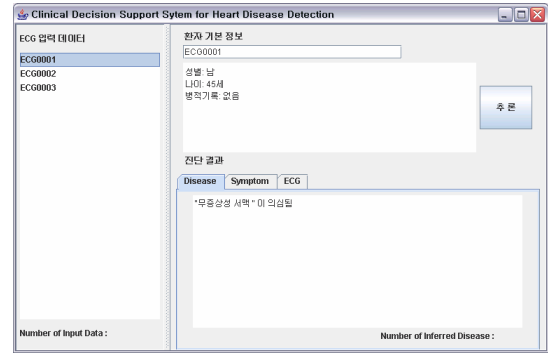
4.2. 시스템 프로토타입 구현

본 논문에서 제안한 시스템은 기본적으로 Java 환경에서 구현된다. 입출력을 데이터베이스로 관리하기 위해 MySQL 서버와 JDBC 를 이용하고, ECG 와 질병 지식과 규칙을 저장하기 위해 OWL 과 SWRL 언어를 사용한다. 온톨로지 언어로 저장된 내용을 모델링하기 위해 Pretege-OWL API 가 이용되고, 새로운 지식을 추론하기 위한 추론엔진은 JESS 7.0 으로 구현한다. JESS 는 JAVA 기반 Expert System 의 하나로 OWL 과 SWRL 을 직접 지원하지는 않는다. 따라서 OWL 과 SWRL 을 JESS 언어로 변환해 주는 작업이 필요하고, 이를 위해 SWRLJessBridge 를 이용하여 변환작업을 한다.



(그림 5) SWRL-Jess 변환

시스템은 다음과 같은 UI 를 통하여 입력데이터를 받고, 추론을 실행한다. (그림 6)은 시스템을 실행시킨 예이다.



(그림 6) 시스템의 결과 인터페이스

5. 결론

본 논문에서는 ECG 를 통해 심장병의 유무를 예측하는 시스템을 제시하였다. 시스템의 프로토타입을 제시함으로써 지식 기반으로 의사 지원을 하는 시스템의 가능성을 확인하였다. 좀 더 정확한 질환 예측을 위해 여러 가지 다른 시스템을 이용하여 추론하기 위해서는 이용하려는 도메인에 대한 지식이 구축되어야 할 것이다.

지식 기반 추론에서는 입력값이 정확하게 들어 올 경우 제대로 추론이 된다. 따라서 입력값을 추론에 필요한 입력으로 맞추어 분석하는 데에 대한 연구가 더 필요하다.

참고문헌

- [1] <http://www.americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=3023285>, 2004
- [2] C. Papaloukas, D. I. Fotiadis, A. Likas, L. K. Michalis, "Automated Methods for Ischemia Detection in Long Duration ECGs," Cardiovascular Reviews & Reports Vol.24, No.6, pp.313-320, 2003
- [3] Khawaja Afzal Ammar, Jan A. Kors, Barbara P. Yawn and Richard J. Rodeheffer, "Defining unrecognized myocardial infarction: A call for standardized electrocardiographic diagnostic criteria," Am Heart J 2004, 148, pp.277-284, 2004
- [4] Kuhanandha Mahalingam, Michael N. Huhns, "An Ontology Tool for Query Formulation in an Agent-Based Context," CoopIS , pp.170-178, 1997
- [5] Peter Spyns, Robert Meersman, Mustafa Jarrar, "Data Modelling versus Ontology Engineering," SIGMOD Record Vol.31, No.4, pp.12-17, 2002
- [6] Gruber T., "Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing," International Journal of Human-Computer studies, Vol.43, No.5, pp.907-928, 1995
- [7] OWL Web Ontology Language Overview, <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-features-20040210/>
- [8] SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML <http://www.w3.org/Submission/2004/SUBM-SWRL-20040521/>