생체 신호 데이터의 의미 관계 표현

문경실* · 박수현**

Semantic Representation of Concept of Bio-signal Data

kyungsil Moon* · Suhyun Park**

이 논문은 2009년도 동서대학교 학술연구조성비 지원받았음

요 약

생체신호 데이터의 의미와 그들 간의 연관관계를 정의하여 새로운 정보를 획득할 수 있는 형태의 모델링방법으로 온톨로지가 제시되고 있다. 온톨로지를 이용하여 생체신호 데이터를 지속적으로 관리함으로써 생체 신호 데이터의 체계적이고 논리적으로 표현이 가능하고, 이는 나아가 의료정보, 건강서비스 등 다양한 분야에서 질적으로 향상된 서비스를 제공하게 해주는 지식 자원으로 활용된다. 하지만 현재로는 생체 신호간의 연관 관계 중요성에 비해서 관련 연구가 활발하게 이루어지지 않고 있다. 따라서 생체 신호간의 연관관계를 찾아서 정의하고, 생체정보간의 의미표현이 필요하다. 그러기 위해서는 다양한 생체정보간의 연관 관계를 통해 체계적이고 구조화 된 정보를 만드는 것이 필요하다.

본 논문에서는 생체정보를 체계적이고 구조화 된 도메인 지식으로 활용하기 위한 모델로써 온톨로지를 이용하여 생체정보 온톨로지를 구축하고, 시나리오를 통해서 생체정보 온톨로지의 유용성을 검증하였다.

ABSTRACT

In order to acquire new information and biological meaning of the signal data by defining the relationships between them, new modeling technique, ontology, has been proposed. The data of bio-signal can be represented as a systematic and logical to manage continuously bio-signal data using ontology .Furthermore, knowledge of which resources are utilized to provide improved service quality in medical information, health services in various fields. However, relevant studies have not been performed actively to compare importance of relationships between bio-signals. Therefore semantic representation of biometric information should be by defining the relationship between bio-signals.

In this paper, we have developed bio-signal ontology to use as a model for using domain knowledge. We verified the usefulness of the ontology by using scenarios.

키워드

온톨로지, 생체신호, 자가진단시스템, 지식베이스

Key word

ontology, Bio-signal, Self-diagnostic system, Knowledge base

* 정회원 : 동서대학교 (제1저자, siri1210@hanmail.net)
** 종신회원 : 동서대학교 (교신저자)

접수일자 : 2010. 11. 27
심사완료일자 : 2011. 01. 26

Ⅰ. 서 론

최근 인구 고령화와 건강에 대한 관심이 높아지면서 질병의 관리뿐만 일상생활에서의 지속적인 건강관리가 중요시되고 있다. 그리고 질병 발생 이후의 치료뿐만 아니라 질병 예방에 관심이 높아지면서 일상에서의 건강관리의 중요성이 더욱 강조되고 있다. 하지만, 바쁜 현대인의 일상 속에서 시간, 비용, 방법 등 여러 가지 면에서 개인에게 맞는 체계적인 건강 관리가 쉽지 않다. 시간이나 장소 등의 제약 없이 일상에서 꾸준히 개인의 질병 및 건강 상태를 관리할 수 있는 건강관리 지원 서비스가 요구되고 있다.

생체신호는 생체 기관의 특징적인 상태를 신호로 측정하는 것으로, 개인의 건강 상태를 파악하는데 이용된다. 심전도(ECG), 근전도, 뇌전도 등의 신호를 기본으로 맥박, 혈압 등의 다양한 생체 신호의 측정이 가능하다. 생체신호를 측정한 생체 정보는 개인의 질병 또는 건강 상태를 파악할 수 있는 기초적인 정보 요소로, 전문적인 질병의 치료·관리가 이루어지는 의료 기관에서뿐만 아니라 최근에는 개인적으로 건강·질병 관리를 위한 정보로 활용되고 있다. 이는 전문적인 지식 없이도 쉽게 생체신호의 측정이 가능한 여러 가지 휴대 장치가 소개됨에 따라 생체 신호를 활용한 건강 및 질병의 관리가 더욱 쉬워졌기 때문이다.

생체 신호를 측정한 결과는 지속적인 질병 및 건강관리를 위해 데이터베이스화하여 체계적인 관리가 요구되고 있다. 생체 신호를 측정한 상황과 시간, 장소 등 여러 가지 환경적인 요소의 변화에 따라 측정된 생체 신호 데이터를 지속적으로 관찰하는 것이 필요하기도 하다. 최근에는 생체신호를 이용하여 생체신호 데이터의 의미와 그들 간의 연관관계를 정의하여 새로운 정보를 획득할 수 있는 형태로 모델링하기 위한 방법으로 온톨로지(ontology)가 많이 이용되고 있다[1,2]. 온톨로지를 이용하여 생체신호 데이터를 지속적으로 관리함으로써 생체 신호 데이터의 체계적이고 논리적으로 표현이 가능하고, 이는 나아가 의료정보, 건강서비스 등 다양한 분야에서 질적으로 향상된 서비스를 제공하게 해주는 지식 자원으로 활용된다.

온톨로지를 이용하여 생체신호 데이터를 정의하기 위해서는 생체 신호간의 연관관계를 찾아서 정의하고 생체신호의 의미 표현이 중요하다.

본 논문에서는 생체정보를 체계적이고 구조화 된 도메인 지식으로 활용하기 위한 모델로써 온톨로지를 이용하여 생체정보 온톨로지를 구축하고, 시나리오를 통해서 생체정보 온톨로지의 유용성을 검증하였다. 구축한 온톨로지는 생체정보간의 연관 관계를 찾아내 정의하고 생체신호를 의미적으로 표현하고자 하였다. 이는 나아가 이벤트와 상황적 정보를 포함하여 지속적인 관리가 되는 건강 정보 서비스를 위한 온톨로지로 완성함으로써 개인의 생체신호를 기반으로 건강관련 상황을 인식하는 유비쿼터스 헬스 서비스를 제공하기 위한 지식베이스가 된다.

Ⅱ. 관련연구

2.1 온톨로지

온톨로지에 대해서 다양한 정의가 내려지고 있지만 Gruber는 다음과 같이 정의하였다. ‘An ontology is a specification of a conceptualisatio -n’, 이는 “특정 분야에서 용어들과 그들 간의 관계를 명시적이고 정형화한 명세”라는 뜻으로[3] 온톨로지가 공유하고자 하는 개념을 형식적이며 명시적으로 표현함으로써 기계가 이해할 수 있도록 해주는 것을 의미한다. 온톨로지는 시맨틱 웹을 실현하기 위한 핵심 요소로 시맨틱 웹에서 온톨로지는 특정 도메인에 관련된 단어 또는 특정 영역에 관련된 단어들이 계층적으로 표현되어 있어 이들 특정 영역의 지식들과 관련된 개념들은 개념과 개념간의 연관을 지어 질의, 정보검색이 가능하며, 나아가서는 새로운 개념을 추출해내는 추론이 가능하다[4,5].

이러한 온톨로지를 일컬어 지식베이스라고도 한다. 지식베이스는 단순한 데이터베이스와는 달리 경험적 지식과 형식화하기 힘든 지식을 사실과 규칙 등을 이용해서 표현한다[6]. 지식베이스는 시소러스(Thesaurus), 온톨로지(Ontology), 의미망(Semantic Network) 등이 있다. 이들을 이용해서 주로 인간의 지식을 컴퓨터로 처리하기 위한 인공지능 분야에서 많이 사용되고 있으며 자연어처리, 의료, 영상 등 다양한 분야에서 연구가 진행되고 있다[7].

2.2 생체신호 온톨로지

다양한 분야에서 온톨로지 연구가 수행되고 있는데. 본 논문에서 다루고자 하는 생체신호와 관련하여 수행된 연구에 대해서 살펴본다. 생체신호 온톨로지에 대한 연구는 다양한 방면에서 이루어지고 있으나, 심전도 온톨로지에 대한 연구가 많은 부분을 차지하고 있다.

생체신호 외에 기타 의학 분야에서도 온톨로지는 의료정보의 지식표현이 가능한 지식 데이터베이스로 질병, 증상 등의 의학 정보를 체계적이고 논리적으로 표현함으로써 의료정보에 정확성을 부여하고, 질적으로 향상된 의료 서비스를 제공하게 해주는 지식 자원이다. 이렇게 체계화 된 의학 온톨로지는 의학 지식 데이터베이스로써 진단보조시스템의 기반이 된다[8].

Veruska Zamborlin 등의 Codification and Application of a Well-Founded Heart-ECG Ont -ology 연구[9]와 김기현의 심장계 질환 발견을 위한 임상 의사결정 지원 시스템 연구에서 심전도와 심장 관련 질환에 대한 지식을 이용하여 온톨로지로 구축하고, 이를 이용해 심장병의 유무를 예측해낼 수 있는 시스템을 제시하였다. 이들 연구에서는 심전도의 다양한 파형을 온톨로지로 모델링하는데 초점을 두고 있으며, 다양한 시스템에서 좀 더 정확한 질병 예측을 위해서는 도메인에 대한 지식 구축이 필요함을 강조하고 있다[10].

Bernardo Goncalves 등은 An Electrocardiogr -am Domain Ontology 연구에서 심전도 도메인 온톨로지를 제안하였다[11]. 심전도가 헬스케어 분야에서 새로운 정보를 창출해내는 핵심임을 강조하면서 헬스케어 서비스에서 심전도가 미치는 영향에 대해서 분석하였다. 또한, 생체 데이터들이 다양한 시스템에서 결합되어 사용될 때 시맨틱 정보들간의 의미적 호환성이 부족하여 의료 환경을 저해시키므로 온톨로지 기반의 다양한 생체 데이터 간의 의미적 호환성에 대한 필요성을 강조하였다[11].

이들 관련연구는 심전도에 대한 온톨로지를 구축한 연구로 기타 생체 정보간의 연관성에 대해서는 제시하지 않았다. 따라서 본 논문에서는 심전도 외에 다양한 생체 정보들 간의 연관 관계를 정의하고, 의미를 표현함으로써 건강관리를 위해 필요한 지식베이스를 구축하고자 한다.

Ⅲ. 생체신호의 의미표현 개념 모델

3.1 생체신호 데이터

생체신호는 인체에서 발생하여 측정될 수 있는 신호로 개인의 건강에 대한 상태를 손쉽게 알려주는 유용한 정보를 추출할 수 있다. 그 종류로는 심전도, 근전도(EMG), 뇌전도(EEG), 안구전도(EOG) 등의 신호와 맥박, 혈압 등의 다양한 생체신호 측정이 가능하다. 일반적으로 생체신호는 센서를 몸에 부착하여 일상생활이나 운동 중 또는 진단을 목적으로 측정하거나 최근에는 옷에 칩을 장착하여 실시간으로 건강 상태를 점검하는 등 다양한 방법이 있다.

이러한 생체신호들은 운동처방과 진단 등을 할 때 기초정보로 이용되고 있지만, 대부분 개별적으로 측정되고 활용되고 지속적으로 관리되는 데이터로 활용되는 경우가 드물다. 그러나 측정되는 생체신호 데이터들은 서로 유기적인 관계를 통해 새로운 정보를 추론하거나 어떠한 진단을 내리는데 중요한 역할을 할 수 있다. 그러기 위해서는 요소간의 관계를 구조화 시키고 정확한 의미 표현, 그리고 추론을 통한 새로운 정보 추출을 위한 구조로 모델링 할 필요가 있다. 이는 일회성의 생체신호 데이터가 아니라 시간적 요소의 표현으로 생체정보를 지속적으로 관리함으로써 의미표현을 통한 새로운 정보 추출의 다양성과 지식베이스로서의 완성도를 높일 수 있다.

3.2 온톨로지 모델링

본 논문에서는 생체신호 데이터를 지속적으로 관리하고 연관정보를 추출하여 활용하기 위해 생체신호 데이터의 의미 표현에 초점을 맞추었다. 이를 위해 생체신호, 사람, 시간을 주요 개념 요소로 모델링하였다.

첫 번째 요소인 생체신호는 생체에서 발생하는 다양한 신호를 측정해서 얻은 정보로 진단에 유용한 정보를 도출할 수 있다. 그 중에서 심전도는 건강 상태를 확인할 수 있는 가장 기본적인 신호로 이용된다. 특히, 다양한 생체신호간의 연관 관계를 통해 의미를 정의하고 표현할 경우 의료 분야 및 헬스 분야의 중요한 지식베이스가 될 수 있다. 두 번째 요소는 생체 신호를 측정할 대상으로 사람을 의미 개념으로 표현하였다. 사람은 이름, 나이, 성별, 키, 몸무게, 병력, 가족력과 같은 개인 이력 정보를 가지고 있어 이들 정보를 이용하여 모델링하였다.

세 번째 요소는 측정한 시간 요소의 표현이다. 생체신호가 언제 측정되었는지 표현하기 위해 시간 요소의 의미 표현을 포함한다. 각각의 생체신호 데이터는 시간에 따른 영향을 받기 때문에. 시간이 생체신호를 정의할 때 중요한 요소가 된다. 본 논문에서 시간과 날짜 요소의 표현은 OWL의 Time 온톨로지를 참고한다[12].

본 논문에서는 생체신호 온톨로지를 구축하기 위해 그림1과 같이 건강과 질병에 관련이 있는 심전도, 맥박, 혈압, 체온, 혈당의 생체신호를 요소로 사용하였다. 또한, 이러한 생체정보와 함께 이름, 나이, 성별,키. 몸무게, 병력, 가족력의 개인 이력 정보를 포함시켜 온톨로지를 구축하였다.

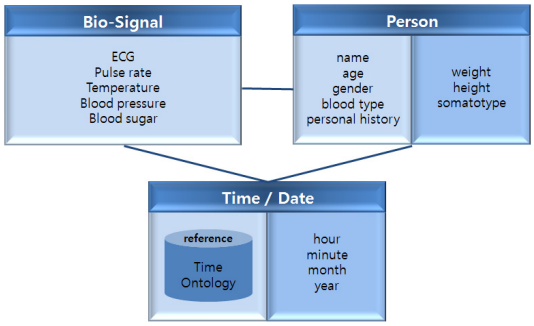

그림 1. 생체신호의 개념 모델
Fig. 1 Bio-signal Concept Model

Ⅳ. 생체신호 온톨로지

본 장에서는 개인 건강 및 질병 관리의 주요 척도인 혈압, 혈당, 심전도 등의 생체신호 데이터를 의미에 기반을 두고 표현하기 위한 개념 클래스와 개념 클래스 간의 관계를 설명한다. 생체신호를 중심으로 질병, 개인의 건강 이력, 건강 상태 등과의 의미 관계를 OWL로 표현하였다.

4.1 개념 클래스와 속성

생체신호 데이터의 의미 표현은 생체호의 의미 개념뿐만 아니라 생체신호가 데이터로서 개인의 질병과 건강 상태, 긴급 상황 등 다양한 응용 분야에서 이용될 수 있도록 연관된 개념 클래스를 명시적으로 표현하는데 초점을 맞추었다. 이를 위해 생체신호에 대한 개념 클래스를 정의하였다. [표 1]은 생체신호 개념 클래스의 몇몇 예를 나타낸 것으로, 생체신호를 통칭하는 개념 클래스와 심전도, 혈압, 혈당 등의 개별 생체신호를 나타내는 개념 클래스를 포함한다.

표 1. 생체신호 개념 클래스 예
Table. 1 Example of bio-signal concept class

개념 클래스	설명	연관 클래스
cSignal	생체신호를 통칭하는 개념 클래스 cECG(심전도), cBloodPressure(혈압), cBloodSugar(혈당), cPulseRate(맥박) 등 개별 생체신호를 나타내는 클래스의 상위 클래스	
cECG	심전도를 나타내는 개념 클래스 생체신호의 한 종류 (cSignal 개념클래스와 kindsOf 관계)	cWave, cSegment, cInterval
cBlood Pressure	혈압을 나타내는 개념 클래스 생체신호의 종류 중 하나 (kindsOf cBioSignal)	
cBloodSugar	혈당을 나타내는 개념 클래스 생체신호의 종류 중 하나 (kindsOf cBioSignal)	
cPulseRate	맥박을 나타내는 개념 클래스 생체신호의 한 종류 (kindsOf cBioSignal)	

생체신호에는 심전도, 맥박, 혈압, 혈당, 체온 등이 있다. 이들을 생체신호의 종류를 나타내는 개별 클래스로 정의하였다. 그리고 각 생체신호가 나타내는 특성을 표현하고자 속성 정의를 위한 연관 클래스를 정의하였다. 예를 들어, 심전도는 크게 파형(wave), 분절(segment), 간격(interval)으로 심장의 신호를 측정한다. 심전도의 파형에는 심방의 탈분극을 나타내는 P파, 심실의 탈분극을 나타내는 QRS파, 심실의 재분극에 의한 T파와 U파가 있다. 이들 파형과 파형 사이를 나타내는 간격과 분절을 바탕으로 심전도의 정상/비정상을 판별할 수 있다[13]. 이와 같은 심전도의 특성을 심전도 클래스(cECG)와 속성 표현을 위한 연관 클래스(cWave, cSegment, cInterval)를 정의하고, 심전도 클래스의 속성을 표현하였다.[표 2]

는 생체신호 중 심전도의 속성(attribute)을 표현하기 위한 프로퍼티(property)들을 나타낸다.

표 2. 심전도 속성 프로퍼티
Table. 2 Property (ECG)

Property	설명	
	Domain	Range
hasWave	심전도의 파형(Wave) 속성을 표현하기 위한 property	
	cECG	cWave
hasSegment	심전도의 분절(Segment) 속성을 표현하기 위한 property	
	cECG	cSegment
hasInterval	심전도의 간격(Interval) 속성을 표현하기 위한 property	
	cECG	cInterval
hasWave Type	심전도의 파형(Wave) 종류를 표현하기 위한 property	
	cWave	P, QTS, T, U (Enumeration Value)
hasWave From	심전도의 분절(Segment)이나 간격(Interval)의 시작점에 해당하는 파형을 표현하는 property	
	cSegment, cInterval	P, QTS, T, U(Enumeration Value)
hasWaveTo	심전도의 분절(Segment)이나 간격(Interval)의 끝 범위의 파형을 나타내는 property	
	cSegment, cInterval	P, QTS, T, U(Enumeration Value)
hasTemporal Point	심전도에서 분절이나 간격의 특이점을 표현하기 위한 심전도 파형의 시점을 나타내는 property	
	cSegment, cInterval	value

심전도 이외에도, 맥박, 혈압, 혈당, 체온 등 생체신호를 표현하는 의미 클래스와 그 속성을 각각의 생체신호의 특성을 바탕으로 개별적으로 정의하였다.

예를 들어, 혈압의 속성으로 혈압 측정값을 나타내는 hasMeasurementValue라는 프로퍼티를 정의하고, 혈압의 이완기 수치와 수축기 수치를 구분하기 위해 BloodPressureType을 정의하였다. [표 3]은 맥박, 혈압, 혈당 등의 생체신호가 가지는 속성을 정의하기 위한 프로퍼티의 예를 나타낸다.

표 3. 생체신호 속성 프로퍼티
Table. 3 Property (Bio-signal)

Property	설명	
	Domain	Range
hasMeasurement Value	생체신호의 측정값을 표현하기 위한 property	
	cBioSignalRecord	cMeasurementValue
hasValue	측정 수치를 나타내는 property	
	cMeasurementValue	float
hasUnit	생체신호 측정값의 단위를 나타내는 property	
	cBloodPressure	Diastole, Systole (Enumeration Value)
hasBlood PressureType	혈압의 측정 시기별 유형(이완기, 수축기)을 나타내기 위한 property	
	cBloodPressure	Diastole, Systole

4.2 의미 관계 및 제약 조건

생체신호 데이터는 생체신호를 측정하여 얻은 값과 측정값의 단위가 기본 구성요소이며, 생체신호의 측정 시각과 측정 방법, 부위 등을 표현할 수 있도록 생체신호마다 제약조건을 설정할 수 있도록 하였다. 혈압, 혈당, 심전도, 체온 등 생체신호는 각기 특징적인 신호를 측정한 것이므로 각기의 특성이 다르다. 한편, 생체신호 데이터는 생체신호를 측정한 값이라는 측면에서 측정값과 측정값의 단위라는 공통된 특성을 가진다. 본 논문에서는 생체신호의 개별적인 특성과 생체신호 데이터의 공통된 특성으로 각 생체신호를 명시적으로 표현하는 제약 조건을 정의하였다.

앞서 정의한 프로퍼티들을 바탕으로 생체신호의 개념 클래스를 명확한 의미 개념으로 나타내기 위해, 개념 클래스 간의 의미 관계 및 속성을 제약 조건으로 표현하였다. 생체신호의 각 개념 클래스는 생체 신호의 특성을 바탕으로 생체신호가 표현해야 하는 중요 요소를 제약사항으로 설정하였다. 예를 들어, 생체신호 중 혈압은 이완기와 수축기의 혈압으로 구분되는데, 혈압의 표현은 측정된 값과 측정값이 압력임을 나타내도록 하였으며, 이완기와 수축기의 혈압을 나타내도록 명시하였다. [그림 2]는 혈압의 속성을 나타낸 것이다. 혈압의 제약 사항은 [표 4]와 같이 표현하였다.

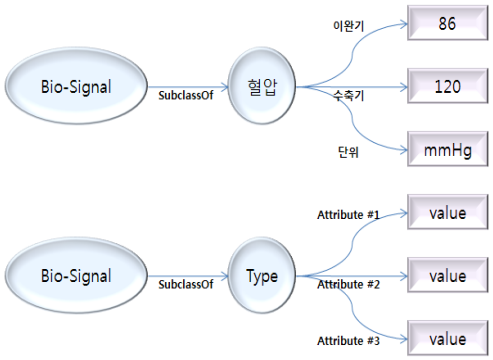

그림 2. 속성 관계 예시
Fig. 2 Example of property relation

표 4. 혈압 클래스 제약 사항
Table. 4 Constraint of cBlood_Pressure

개념 클래스명	제약 조건
cBlood_Pressure	hasMeasurementValue allValuesFrom cMeasurementValue hasMeasurementValue mincardinality 2 hasMeasurementUnit allValuesFrom cmmHG hasMeasurementUnit cardinality 1

4.3 규칙의 정의

생체신호는 개인의 건강과 질병의 관리에 이용되는 만큼 건강 및 질병의 상태를 파악할 수 있는 정상적인 범위에 대한 일반적인 정의가 있다. 이는 개인의 특성을 반영한 것은 아니지만, 일반적인 상황에서 생체신호 데이터로 기초적인 건강 상태를 파악할 수는 있다. 본 장에서는 앞서 정의한 개념 클래스와 클래스 간 관계, 그리고 개념 클래스의 제약 사항을 바탕으로 측정된 생체신호가 일반적인 정상 범위에 해당하는지를 판단할 수 있도록 규칙을 정의하여 응용 영역에서 활용할 수 있도록 하였다.

생체신호의 측정값이 일반적으로 정상으로 여겨지는지에 대한 판단을 할 수 있도록 한 규칙은 생체신호 별로 정의하였다. 예를 들어, 혈당의 경우, 공복시 혈당은 120mg/dl 이하, 식후 혈당은 160mg/dl 이하이면 정상적이라 판단할 수 있고, 혈압은 140/80 mmHg이하 일 때 정상 수치라 판단한다. 그리고 맥박은 성인의 맥박수는 분당 60~80회이고 신생아는 분당 120~140회이다. 이러한 생체신호의 일반적인 기준을 바탕으로 생체신호의 측정값이 정상 범위인지를 판단할 수 있도록 규칙으로 정의하였다. [표 5]는 생체신호의 정상적인 범위를 판단하는 규칙의 예이다.

표 5 정상 범위 판단규칙 예
Table. 5 Example of normal bio-signal

생체신호	규칙
혈압	cBloodPressure(?x) ^ hasMeasurementValue(?x, ?y1) ^ hasMeasurementType(?y1, "이완기") ^ hasValue(?x, ?z1) ^ swrlb:greaterThanOrEqual(?z1, 80) ^ hasMeasurementValue(?x, ?y2) ^ hasValue(?x,?z2) ^ swrlb:lessThanOrEqual(?z2, 140) -> isValidBloodPressure(?x)
혈당	cBloodSugar(?x) ^ hasMeasurementValue(?x, ?y) ^ hasValue(?y, ?z) ^ hasMeasurementTime(?x, "공복") ^ swrlb:lessThanOrEqual(?z, 120) -> isValidBloodSugar(?x) cBloodSugar(?x) ^ hasMeasurementValue(?x, ?y) ^ hasValue(?y, ?z) ^ hasMeasurementTime(?x, "식후") ^ swrlb:lessThanOrEqual(?z, 160) -> isValidBloodSugar(?x)

V. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 생체신호를 새로운 정보를 획득할 수 있는 형태로 모델링하기 위한 방법으로 온톨로지를 이용하였다. 생체신호 온톨로지 구축에 있어서 가장 중요한 요소인 생체신호 데이터의 의미와 그들 간의 연관관계를 정의하였다. 온톨로지를 이용하여 생체신호 데이터를 지속적으로 관리함으로써 생체신호 데이터의 체계적이고 논리적으로 표현이 가능하도록 하였다. 또한 지시베이스로 활용하기 위해 필요한 추론 규칙을 정의하여 생체신호 온톨로지의 유용성을 검증하였다.

본 논문에서 개발한 온톨로지는 의료정보, 건강서비스 등 다양한 분야에서 질적으로 향상된 서비스를 제공하게 해주는 지식 자원으로 활용할 수 있다. 그러므로 향후에는 이를 위해 이벤트와 상황적 정보를 포함하도록 온톨로지를 확장하여 완성함으로써 개인의 생체신호를 기반으로 건강관련 상황을 인식하는 유비쿼터스 헬스 서비스를 제공하기 위한 지식베이스로 완성시키고자 한다.

참고문헌

[1] Brooks, D., Extensible biosignal metadata a model for physiological time-series data, Engineering in Medicine and Biology Society, 2009, EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE, pp. 3881-3884

[2] Kokkinaki A. Chouvarda I. Maglaveras N., An Ontology-based approach facilitating unified querying biosignals and patient records. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2008. pp 2861-2864

[3] Gruber.T.R., A Translation Approach to Portable Ontology Specifications, Knowledge Acquisition, 5(2), pp. 199-220.1993

[4] Gruber, T., Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing, International Journal Human-Computer Studies, Vol. 43, Issues 5-6, November 1995

[5] Natalya Fridman Noy, Carole D. Hafner, The State of the Art in Ontology Design: A Survey and Comparative Review, AI Magazine, Vol. 18. No. 3., 1997

[6] 지식베이스, http://www.aistudy.com/expert/knowledge_base.htm

[7] Rim Djedidi, Marie-Aude Aufaure, Ontology Evolution: State of the Art and Future Directions, Ontology Theory, Management and Design: Advanced Tools and Models, IGI Global

[8] 문경실, 박수현, “Bossam 추론 엔진을 이용한 한의학 온톨로지 개발”, 제31회 한국정보처리학회 춘계학술발표대회논문집(상), 43-46쪽, 2009년 4월

[9] Veruska Zamborlini, Bernardo Goncalves, Giancarlo Guizzardi, ″Codification and Application of a Well-Founded Heart-ECG Ontology″

[10] 김기현, 최호진, ″심장계 질환 발견을 위한 임상 의사결정 지원 시스템″, 제27회 한국정보처리학회 춘계학술발표대회 논문집 제14권 제1호, 2007년 5월

[11] GONÇALVES, B.; GUIZZARDI, G.; PEREIRA FILHO, J. G. An electrocardiogram (ECG) domain ontology. In: Workshop on Ontologies and Metamodels for Software and Data Engineering,2nd, João Pessoa, Brazil, 2007, Proceedings. 2007, p.68-81.

[12] Time Ontology in OWL http://www.w3.org/TR/owl-time/

[13] 조정관, ″심전도 홀로서기″, 고려의학, p320, 2006. 2

문경실(Kyung-Sil Moon)

2004: 동서대학교 공학사
2009: 동서대학교 공학석사
현재: 동서대학교 일반대학원 박사과정 재학

※관심분야:온톨로지, 지능형시스템, 헬스케어S/W

박수현(Su-Hyun Park)

1986: 부산대학교 이학사
1988: 부산대학교 이학석사
1999: 부산대학교 이학박사
현재: 동서대학교 컴퓨터정보공학부 교수

※관심분야 : 온톨로지, 정보검색, 인공지능, 헬스케어 소프트웨어