

효율적 웰니스 관리를 위한 통합 온톨로지 상황모델의 구현¹⁾

정장섭*, 기병욱**, 홍승택**, 방대욱***
계명대학교 컴퓨터공학과

e-mail:hdca64@hanafos.com*, {kiquddnr, nawoori7829}@gmail.com**,
dubang@kmu.ac.kr***

An Implementation of Unified Ontology Context Model for Efficient Wellness Management

Jang-Seop Jeong*, Byung-Wook Ki**, Seung-Taek Hong**, Dae-Wook
Bang***

Dept of Computer Engineering, Keimyung University

요 약

최근 사회생활의 다변화로 인한 개인의 질환을 예방하고 건강을 증진시키기 위한 개인 웰니스 관리는 현대 사회의 성인에게는 필수적인 자기 관리에 해당된다. 본 논문은 이러한 웰니스 관리에 적절한 상황 모델로써 상황 데이터를 추론할 수 있는 SWRL 상황규칙과 불확실성을 표현한 베이지안 네트워크를 포함한 통합 온톨로지 기반 상황모델을 제시하였다. 제안한 상황모델에 포함된 추론 규칙은 웰니스 관리에 필요한 상황 서비스를 수행하는 액션들을 정의한다. 즉 상황 온톨로지에 SWRL 규칙을 포함함으로써 주로 웹 시멘틱에 사용되고 있는 OWL 언어를 상황인식 분야의 지식 베이스 구축에도 적합하도록 하였다. 그리고 웰니스 관리를 위해 상황 온톨로지로 표현되는 원시 상황 데이터는 센서 부정확성, 또는 개인 판단기준 차이로 인해 불확실성을 포함하므로, 어떤 논리적 상황 데이터는 불확실성을 고려하여 추론되어야 하기 때문에 본 논문은 상황 온톨로지 및 SWRL 규칙과 함께 베이지안 네트워크를 함께 표현할 수 있게 하여 OWL 상황 온톨로지 기반 규칙 추론뿐만 아니라 확률 추론을 용이하게 하였다.

1. 서론

u-Health는 ubiquitous health의 약자이며 헬스케어(healthcare)와 웰니스(wellness)를 포함하는 개념이다[1].



(그림 1) u-Health의 개념

유비쿼터스 헬스케어는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 유무선 정보기술 인프라와 디바이스를 사용하여 사용자들의 건강상태를 검사하고 진단하고 의료 처치를 하는 활동, 상품 그리고 서비스를 포함한다[2]. 이러한 유비쿼터스 헬스케어는 헬스케어(healthcare)와 웰니스(wellness)라는 두 가지 사용자 관점으로 분류된다[3]. 헬스케어는 환자들의 질병을 퇴치하거나 치료하는 것을 목표로 하고, 웰니스는 정상적인 질환을 예방하거나 건강을 증진시키는 것을 목표로 한다.

본 논문은 이러한 웰니스 관리에 적절한 상황 모델로

써 상황 데이터를 추론할 수 있는 SWRL 상황규칙과 불확실성을 표현한 베이지안 네트워크를 포함한 통합 온톨로지 기반 상황모델을 제안한다. 특히 본 논문은 상황 온톨로지 및 SWRL 규칙과 함께 베이지안 네트워크를 함께 표현할 수 있게 하여 OWL 상황 온톨로지 기반 규칙 추론뿐만 아니라 확률 추론을 용이하게 하고자 한다.

본 논문은 2장에서 상황모델과 상황모델 요구사항을 살펴본 후, 3장에서 통합 온톨로지 상황모델에 대해 논하고, 4장에서는 상황 온톨로지 구성과 SWRL 규칙 표현 및 베이지안 네트워크 표현을 기술하고, 마지막으로 5장에서 결론 및 향후연구에 대해 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 상황모델

상황(Context)은 “실세계에 존재하는 실체(entity)의 상태를 특징화하여 정의한 정보”라고 정의할 수 있으며, 여기서 실체란 인간, 장소, 또는 사람과 서비스간의 상호 작용을 의미한다고 할 수 있다[4]. 이러한 정의는 개발 시 주어진 응용 서비스 시나리오를 위한 상황 전개 작업을 용이하게 할 수 있다. 만약, 이러한 정보가 상호 작용하여 참여자의 상황을 특성화 할 수 있으면, 그 정보가 상황이

1) 본 논문은 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 광역경제권 선도산업 인재양성사업의 연구결과입니다.

된다고 볼 수 있다.

상황인식 컴퓨팅(Context-Aware Computing)은 1994년 Schilit와 Theimer에 의하여 “사용 장소, 주변 사람과 물체의 집합에 따라 적응적이며, 동시에 시간이 경과하면서 이러한 대상의 변화까지 수용할 수 있는 소프트웨어”로 정의되었고, 최근에는 “사용자의 작업과 관련 있는 적절한 정보 또는 서비스를 사용자에게 제공하는 과정에서 ‘상황’을 사용하는 상황인식 시스템”으로 정의하고 있다[5]. 상황인식 시스템은 상황을 시스템 내에 적절하게 표현할 상황모델을 필요로 한다. 현재까지 상황을 모델링하는 방법으로 키-값 모델, 객체기반 모델, 논리기반 모델, 온톨로지 모델 등이 사용되었다.

2.2 상황모델 요구사항

Perttunen, Riekkilä, Lassila는 어떠한 상황모델을 사용하더라도 상황모델에 요구되는 요구사항들을 아래와 같이 정리하였다[5]. 상황모델은 다양한 상황들을 유일하게 지칭할 수 있도록 하는 고유 식별자를 부여할 수 있어야 하며, 데이터 또는 지식이 주어진 스키마를 준수하는지를 검증할 수 있어야 한다.

또한 추론의 안정성, 완전성, 효율성 등과 모순될 수도 있으나 복잡한 실체와 관계들을 충분히 표현할 수 있어야 하고, 데이터의 불확실성을 인코딩할 수 있어야 하며, 상황모델은 도메인 지식을 인코딩하는데 필요한 표현력만 지원해야 한다.

마지막으로 상황모델은 모든 종류의 상황정보를 지원할 수 있는 능력이라 할 수 있는 범용성을 가져야 한다.

3. 온톨로지 상황모델의 확장

3.1 OWL 온톨로지 기반 상황모델

상황 정보의 OWL 온톨로지 기반 모델은 다음과 같은 목적을 위해 논리 표현과 추론 능력을 크게 세 가지로 이용한다. 첫 번째로 온톨로지 언어의 표현력으로 다른 모델에서 표현할 수 없었던 복합 상황 데이터를 표현한다.

두 번째로 상황 데이터에 체계적인 의미 규격을 제공하여 다양한 소스에서 주어진 상황을 공유하거나 통합할 수 있다. 마지막으로 추론 도구로 상황 시나리오를 서술한 관계 집합의 일관성을 점검할 수 있고, 기본 상황 데이터의 인스턴스 집합과 관계로 보다 더 추상적인 상황 묘사를 나타낼 수 있다.

이와 같이 OWL 온톨로지 모델은 상황 데이터 표현에 많은 장점들을 가지고 있으나, 다음과 같은 한계 또는 단점도 지적되고 있다.

(1) 프로퍼티를 위한 합성 연산자들이 부족하다[6]. 예를 들면 변수가 물음표가 붙은 식별자로 표기된 규칙 형

식으로 표현된 다음과 같은 연산은 표현할 수 없다.

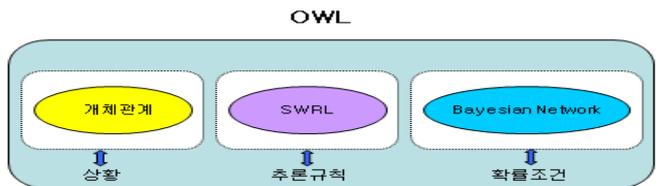
```
isLocatedWithin(?space1,?space2)^isConnectedTo(?space3,?space1)->isConnectedTo(?space3,?space2)
```

이와 같이 OWL-DL에서 제공되는 연산자들이 복합 상황 서술에 한계가 있을 수 있다. 이러한 문제는 OWL-DL의 구성자들이 결정할 수 있는 추론 절차를 보장하기 위해 선택되었기 때문이다. 이러한 이유로 OWL-DL은 사용자 활동 도메인과 같은 복잡한 도메인을 모델링하는 데 필요한 연산자, 즉 표현력이 풍부한 연산자를 포함하지 않고 있다[7].

(2) 불확실성을 표현하는 구문이 부족하다. 상황인식 컴퓨팅에서 상황정보는 주로 센서로부터 감지되기 때문에 상황정보의 불확실성은 피할 수 없다. 그러므로 상황인식 시스템에서는 순수한 OWL 모델 보다는 한계를 보완하는 통합된 모델이 요구된다. 즉 상황 모델은 물리적인 상황 정보를 표현할 뿐만 아니라 추론으로 논리적 상황정보도 도출할 수 있는 추론 규칙들을 포함해야 하며, 특히 불확실한 상황 정보로도 추론할 수 있는 확률 표현도 포함해야 한다.

3.2 통합 온톨로지 상황모델

OWL 온톨로지 기반 모델은 객체 관계만 포함하는 모델인 반면에 통합 온톨로지 상황모델은 (그림 2)와 같이 개체 관계, 추론 규칙, 불확실성 확률조건을 포함한다. 추론 규칙은 개체관계 구문을 사용하는 SWRL 구문으로 표현되고, 불확실성 확률조건은 개체관계 구문을 사용한 베이저안 네트워크(Bayesian Network)의 OWL 표현으로 구성하여 확률에 근거한 추론을 제공한다.



(그림 2) 통합 온톨로지 상황 모델

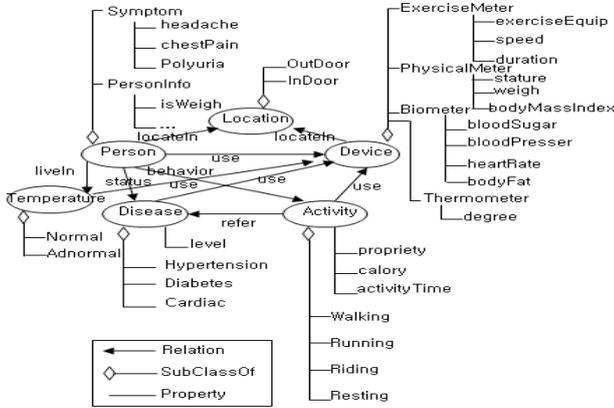
통합 온톨로지 상황 모델은 본 논문이 목표로 하는 웰니스 관리를 위한 상황 온톨로지, 추론 규칙, 확률조건을 모두 포함하므로 규칙추론과 확률추론이 불가피한 웰니스 관리용 상황인식시스템에 아주 적합하다.

4. 웰니스 관리 상황모델

4.1 웰니스 관리 온톨로지 표현

제안하는 상황 모델은 (그림 3)과 같이 웰니스 관리를 모델화한 개체관계 온톨로지를 기반으로 하고 있다. 즉 위

치(Location), 장치(Device), 질병(Disease), 활동(Activity), 사람(Person), 기온(Temperature)을 최상위 개체 클래스로 하며, 이들 클래스는 각기 여러 개의 하위 개체 클래스들을 가진다. 그리고 각 개체 클래스는 웰니스 관리에 필요한 데이터를 속성(Property)으로 표현하고 있다. 하위 클래스는 상위 클래스의 속성들을 공통으로 가진다[8].



(그림 3) 웰니스 관리를 위한 개체 관계 모델

제안한 온톨로지 상황모델을 OWL 언어로 표현하면 (그림 4)과 같다. OWL 구문은 클래스(Class), 관계 프로퍼티(Object Property), 특성 프로퍼티(Data Property) 등의 요소로 상황모델의 온톨로지를 정의하고, 인스턴스(Instance)로 상황 데이터를 표현한다.

클래스	서브클래스
<pre><owl:Class rdf:ID="Person"/> <owl:Class rdf:ID="Device"/> <owl:Class rdf:ID="Disease"/> <owl:Class rdf:ID="Activity"/> <owl:Class rdf:ID="Location"/> <owl:Class rdf:ID="Temperature"/></pre>	<pre><owl:Class rdf:ID="BioMeter"> <rdfs:subClassOf> <owl:Class rdf:ID="Device"/> </rdfs:subClassOf> </owl:Class></pre>
관계 프로퍼티	특성 프로퍼티
<pre><owl:ObjectProperty rdf:ID="behavior"> <rdfs:range rdf:resource="#Person"/> </owl:ObjectProperty></pre>	<pre><owl:DatatypeProperty rdf:ID="BloodSugar"> <rdfs:domain rdf:resource="#BioMeter"/> <rdfs:range rdf:resource="#integer"/> </owl:DatatypeProperty></pre>
인스턴스	
<pre><Biometer rdf:ID="B01"> <bloodSugar>boundary</bloodSugar> <bloodPresser>high</bloodPresser> <heartRate>normal</heartRate> <bodyFat>obesity</bodyFat> </Biometer></pre>	

(그림 4) 웰니스 관리 온톨로지의 OWL 표현

4.2 SWRL 규칙 표현

SWRL은 W3C에 의해 제안된 규격으로 OWL과 RuleML 기반 추론 규칙 언어를 결합하고자 하는 목적을 가지고 있다. SWRL은 전방체인 규칙, 즉 상황추론 규칙을 표현할 수 있는 구문으로 3장에서 지적한 OWL의 첫 번째 한계를 해결한다. 그래서 현재까지 다양한 연구에서 OWL과 SWRL을 함께 표현하여 웹 시멘틱 또는 상황 모델을 표현하는 시도가 있었다[9].

웰니스 관리의 핵심인 사람의 활동 상황을 파악하려면

각 장치로 측정된 측정치로 증상, 기온, 위치 등을 지정하고, 운동측정기(ExerciseMeter)의 측정치와 지정된 결과들을 근거로 한 추론을 통해 활동 상황을 도출한다. (그림 5)는 활동 클래스의 하위 클래스인 걷기(walking)와 달리기(running) 활동의 칼로리(calory)와 운동시간(activity time)을 추론하는 추론규칙을 정의하고 있다. 이러한 추론 규칙들을 SWRL로 표현하면 OWL 구문의 웰니스 관리 온톨로지와 통합된다.

```
(walking 1) PersonInfo(?x) ^ OutDoor(?y) ^ ExerciseMeter(?z) ^
exerciseEquip(?z, "Bike") ^ locateIn(?x, ?y) ^ use(?x, ?z) ^ isWeigh(?x,
?w) ^ duration(?z, ?t) → Riding(?x) ^ activityTime(?x, ?t)

(walking 2) PersonInfo(?x) ^ InDoor(?y) ^ ExerciseMeter(?z) ^
exerciseEquip(?z, "ExerciseBike") ^ locateIn(?x, ?y) ^ use(?x, ?z) ^
isWeigh(?x, ?w) ^ duration(?z, ?t) → Riding(?x) ^ activity(?x, ?t)

(riding 1) PersonInfo(?x) ^ InDoor(?y) ^ ExerciseMeter(?z) ^
exerciseEquip(?z, "Treadmill") ^ speed(?z, ?s) ^ swrlb:lessThan(?x, ?y) ^
locateIn(?x, ?y) ^ isWeigh(?x, ?w) ^ duration(?z, ?t) → Walking(?x) ^
activityTime(?x, ?t)

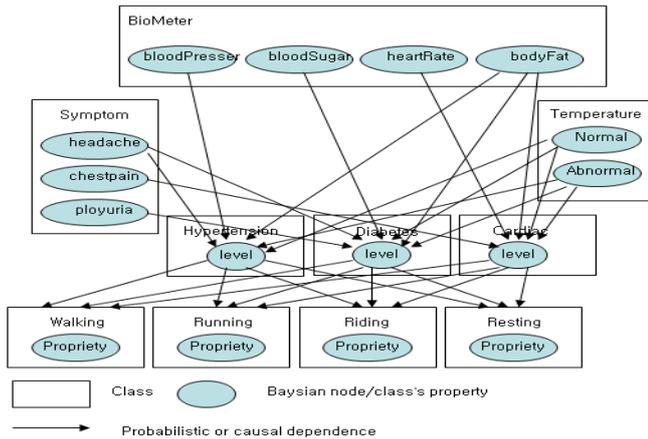
(riding 2) PersonInfo(?x) ^ OutDoor(?y) ^ ExerciseMeter(?z) ^
exerciseEquip(?z, "none") ^ speed(?z, ?s) ^ swrlb:lessThan(?s, 5) ^
locateIn(?x, ?y) ^ use(?x, ?z) ^ isWeigh(?x, ?w) ^ duration(?z, ?t) →
Walking(?x) ^ activityTime(?x, ?t)
```

(그림 5) 웰니스 관리를 위한 SWRL 추론규칙

4.3 베이저안 네트워크 표현

베이저안 네트워크는 Bayes 이론을 기반으로 한 확률 이론과 그래픽 이론의 결합으로 이루어진 그래픽 모델이다. 베이저안 네트워크는 변수를 표현하는 노드(node)와 변수들 간의 의존관계를 표현하는 호(arc)의 방향성 비순환 그래프 즉 DAG(Directed Acyclic Graph)이다. 노드 A에서 노드 B까지의 호가 있다면 A는 B의 부모라고 부르고, 노드가 값이 주어져 있다면 증거 노드(evidence node)라고 부른다. 노드는 측정값, 인수, 숨겨진 변수, 가설 등의 어떤 종류의 변수이며, 노드는 이러한 변수를 표현하는데 제약이 없다. 그리고 베이저안 네트워크는 그래프 상의 노드에 의해 표현되는 모든 변수에 대한 결합분포(joint distribution)를 표현한다. 이러한 베이저안 네트워크가 주어지면 베이저안 추론을 통해 베이저안 네트워크의 관심 노드의 확률을 추론할 수 있다.

웰니스 관리에서 활동(Activity)의 적절성 판단은 규칙으로 정의할 수 없게 하는 불확실성을 포함하므로 베이저안 네트워크를 사용한 확률추론이 필요하다. (그림 6)은 웰니스 관리를 위해 활동(Activity)의 하위 클래스인 걷기(Walking), 달리기(Running), 타기(Riding), 쉬기(Resting) 클래스의 적절성 속성(propriety)의 확률을 추론하는 베이저안 네트워크이다. 본 베이저안 네트워크는 장치(Device)의 하위 클래스인 생체측정(BioMeter), 사람(Person)의 하위 클래스인 증상클래스(Symptom), 온도(Temperature)클래스, 활동(Activity)의 하위 클래스인 걷기(Walking), 달리기(Running), 타기(Riding), 쉬기(Resting) 클래스의 개체들로 노드를 구성하고 있다.



(그림 6) 웰니스 관리 베이지안 네트워크

베이지안 네트워크는 보통 BIF(BayesNet Interchange Format)로 표현되며, BIF는 XML 규격을 준수하므로 OWL 구문과 쉽게 통합할 수 있다. (그림 7)은 웰니스 관리 베이지안 네트워크의 OWL 구문이다. 이 구문 역시 웰니스 관리 온톨로지와 통합되어 웰니스 관리를 위한 통합 온톨로지 상황모델이 정의된다.

```

<bayes:Variable rdf:ID="x1">
  <bayes:ofProperty>headache</bayes:ofProperty>
  <bayes:hasClass>Symptom</bayes:hasClass>
  <bayes:hasValue>high</bayes:hasValue>
  <bayes:hasValue>low</bayes:hasValue>
</bayes:Variable>
<bayes:Variable rdf:ID="x2">
  <bayes:ofProperty>bloodPresser</bayes:ofProperty>
  <bayes:hasClass>BioMeter</bayes:hasClass>
  <bayes:hasValue>high</bayes:hasValue>
  <bayes:hasValue>normal</bayes:hasValue>
</bayes:Variable>
<bayes:Variable rdf:ID="x3">
  <bayes:ofProperty>bodyFat</bayes:ofProperty>
  <bayes:hasClass>BioMeter</bayes:hasClass>
  <bayes:hasValue>obesity</bayes:hasValue>
  <bayes:hasValue>normal</bayes:hasValue>
</bayes:Variable>
<bayes:Variable rdf:ID="x4">
  <bayes:ofProperty>level</bayes:ofProperty>
  <bayes:hasClass>Hypertension</bayes:hasClass>
  <bayes:hasValue>true</bayes:hasValue>
  <bayes:hasValue>false</bayes:hasValue>
</bayes:Variable>
<bayes:Variable rdf:ID="x5">
  <bayes:ofProperty>level</bayes:ofProperty>
  <bayes:hasClass>Temperature</bayes:hasClass>
  <bayes:hasValue>Normal</bayes:hasValue>
  <bayes:hasValue>Abnormal</bayes:hasValue>
</bayes:Variable>
  
```

(a) 변수

```

<bayes:PriorProb rdf:ID="p(x1)">
  <bayes:hasVariable>x1</bayes:hasVariable>
  <bayes:hasTable>0.1 0.8 0.1</bayes:hasTable>
</bayes:PriorProb>
<bayes:ConProb rdf:ID="P(x5|x1, x2, x3, x4)">
  <bayes:hasVariable>x5</bayes:hasVariable>
  <bayes:hasVariable>x4</bayes:hasVariable>
  <bayes:hasCondition>x1</bayes:hasCondition>
  <bayes:hasCondition>x2</bayes:hasCondition>
  <bayes:hasCondition>x3</bayes:hasCondition>
  <bayes:hasTable>0.95 0.9 0.1 0.05 0.95 0.9 0.05
    0.01 0.05 0.1 0.9 0.95 0.05 0.1 0.95 0.99</bayes:hasTable>
</bayes:ConProb>
  
```

(b) 확률분포

(그림 7) 베이지안 네트워크의 OWL 표현

5. 결론 및 향후연구

본 논문은 개인 웰니스 관리에 적절한 상황 모델로써 상황 데이터를 추론할 수 있는 SWRL 상황규칙과 불확실성을 표현한 베이지안 네트워크를 포함한 통합 OWL 온톨로지 기반 상황 모델을 제안하였다.

제안한 모델은 상황 온톨로지 및 SWRL 규칙과 함께 베이지안 네트워크를 함께 표현할 수 있게 하여 OWL 상황 온톨로지 기반 규칙 추론뿐만 아니라 확률 추론을 용이하게 하였다.

제안한 상황모델을 실제 웰니스 관리 상황모델에 적용하고 성능을 분석하기 위해서는 상황인식 시스템을 개발하여야 하고, 다중 추론을 지원하기 위해 추론기를 적절히 선택하는 스케줄링 알고리즘의 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 박성훈 외(2009) 『u-Health 산업의 추진 전략』, 경기개발연구원.
- [2] Saranummi N., "IT application for pervasive, personal, and personalized health," *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol. 12, no. 1, pp.1-4, Jan. 2008.
- [3] Lim J-E, Choi O-H, Na H-S, and Baik D-K, "A Context-Aware Fitness guide System for Exercise Optimization in U-Health," *IEEE Trans. on Information Technology in Biomedicine*, vol, 13, No. 3, pp.370-379, May 2009.
- [4] Day A., "Understanding and Using Context," *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 5, 1, pp.4-7, 2001.
- [5] Perttunen M., Riekkilä J., and Lassila O., "Context Representation and Reasoning in Pervasive Computing: a Review," *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, vol.4, No.4, October 2009.
- [6] Horrocks I., Patel-schneider P. F., Bechhofer S., and Tsarkov D., "OWL rules: A proposal and prototype implementation," *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World wide Web*, vol. 3, 1, pp.23-40, 2005.
- [7] Chaari T., Ejigu D., Laforest F., and Scuturici V., "A comprehensive approach to model and use context for adapting applications in pervasive environments," *Journal of Systems and Software*, vol. 80, 12, pp.1973-1992, 2007.
- [8] Kokar M. M., "Ontology Based Situation Awareness and High Level Fusion: Methods and Tools," *Workshop on Information Fusion (Fusion06)*, Florence(Italy), 10-13 July 2006.
- [9] Wang X.H., Gu T., Zhang D.Q., Pung H.K., "Ontology Based Context Modeling and Reasoning using OWL," *Workshop on Context Modeling and Reasoning(CoMoRea2004)*, Orlando, florida USA, March 2004.