인공지능 활용을 위한 식품안전 관련 지식베이스 구축

Building a Knowledge Base on Food Safety for Artificial Intelligence

소현수[1], 강승식[1], 오세욱[2*]

Hyun-Su So[1], Seung-Shik Kang[1], Se-Wook Oh[2*]

[1]국민대학교 컴퓨터공학과, [2]국민대학교 식품영양학과

[1]School of Computer Science, Kookmin University
[2]Department of Food and Nutrition, Kookmin University

서론

식품안전 분야는 IoE(Inter of Everything) 환경에서 인공지능 기술을 응용하기 위한 연구가 본격적으로 시도되지 않은 분야로 분류될 수 있다. 그러나 최근 스마트팜(Smart Farm), 위해요소중점관리기준, 현재 식품안전인증기준(Hazard Analysis and Critical Control Points, HACCP), 스마트 유통(Smart Food Supply Chain and Logistics), 스마트 냉장고(Smart Refrigerators) 등의 기반 환경이 IoE를 이루는 바탕인 네트워크, 빅데이터, 인공지능 등의 기술과 접목되면서 IoF(Internet of Foods) 기술로 발전될 가능성이 매우 높아지고 있다. 2020년경이 되면, 식품안전은 모든 유통 단계에서 다양한 센서에 의해 식품 재료들에 영향을 미치는 모든 환경 요인이 수집되고 분석되는 IoF(Internet of Foods)에서 시작을 해서, 식품 서비스 업체 또는 음식점의 조리실 또는 개인의 부엌에서 최종으로 음식으로 완료되는 Connected Kitchen으로 완성될 것으로 전망된다. 따라서 IoF에 연계한 식품 안전 기술은 일상생활과 밀접한 관련이 있어서 일단 실용적인 기술이 개발되면 적용/확산 및 발전 가능성이 높다고 볼 수 있다.

본 원고에서는 식품안전에 관련된 온톨로지 구축 사례를 수집하여 분석하였으며 최종적으로 식품안전 온톨로지 구축 방법에 대하여 논하고자 하였다.

본론

1. 식품 안전 도메인 온톨로지 기반의 의미론적 검색 모델

Yuehua(2013)는 식품 안전 도메인에서 온톨로지를 구축하고 이를 의미론적 검색 모델에 적용하는 연구를 수행하였다. 사용자가 입력(Query input)으로 단어, 구, 절을 넣게 되면 어휘 분석을 통해서 식품에 관련된 어휘가 있는지를 검사한다. 검사 결과로 관련된 어휘가 있다면 그 식품의 정보를 알려주는 검색 모델이다. 이 시스템에서 온

* Correspondence to: Se-Wook Oh
Department of Food and Nutrition, Kookmin University,
77 Jeongneung-ro, Seongbuk-gu, Seoul, 136-702, Republic of Korea
Tel: 02-910-5778 E-mail: swoh@kookmin.ac.kr

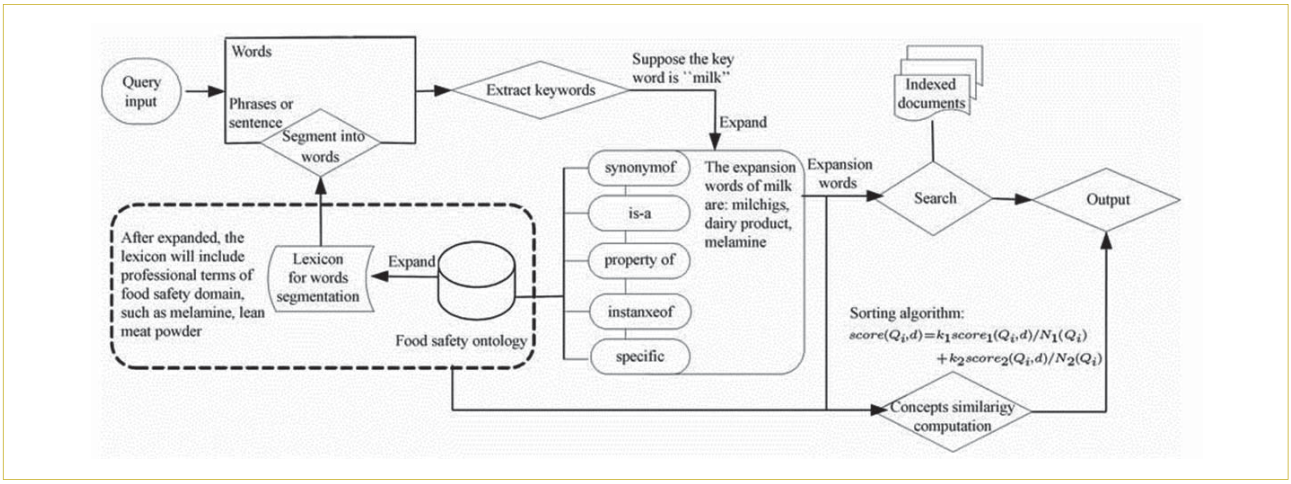


Fig. 1. 식품안전 도메인 온톨로지 기반의 의미론적 검색 모델 (Yuehua Y. et. al. 2013. Chinese Journal of Electronics)

톨로지는 분석된 어휘에 식품과 관련된 어휘가 있는지를 검색하고, 관련된 어휘가 존재하면 온톨로지에 정의된 5가지 관계(synonymof, is-a, property of, instanceof, specific)에 의해 정확한 의미로 검색할 수 있게 해준다.

2. 병원체 정보를 이용한 식품안전 조기경보 제공

Yan(2011)는 식중독균 정보를 이용한 식품안전 조기경보를 제공하는 연구를 수행하였는데, 이 온톨로지는 식품에 존재하는 식중독균의 정보를 그룹화하고 각각의 그룹들 간에 관계를 구축함으로써, 식품안전 조기경보 시스템에 활용되었다. 온톨로지는 식중독균을 특성, 식중독 사고의 2가지로 구분한다. 식중독사고로 조기경보 및 제품회수가 진행된다. 한편 식중독균의 세부적인 정보를 얻기 위해서 외부의 기관에 의한 Gemomics, PulseNet, RAPD 등의 지식베이스를 이용하여 식중독균을 파악하게 된다. 그리고 식중독균 검출, 감시 및 예방법에 대한 결과로 식중독발생을 확인하게 된다. 그리고 Pathogen Modelling Program(PMP)와 Simulation Prediction의 지식베이스를 이용하여 위해평가를 시행하고 이 결과를 조기경보와 제품회수에 반영된다.

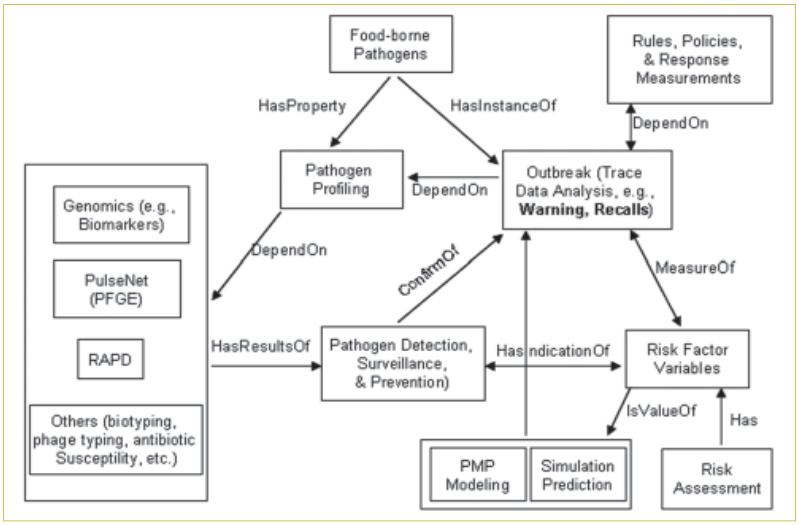


Fig. 2. 병원체 정보를 이용한 식품안전 조기경보 제공
(Yan X. et. al. 2011. Software Tools and Algorithms for Biological Systems. Springer)

3. 식품안전의 도메인 온톨로지에 대한 개념 모델

Lauser(2001)는 식품안전의 도메인 온톨로지에 대한 개념 모델을 생성하는 연구를 수행하였는데, KAON 툴 중에 하나인 OIModeler를 사용하여 식품안전의 도메인 RDFS(Resource Description Framework Schema, 자원기술프레임

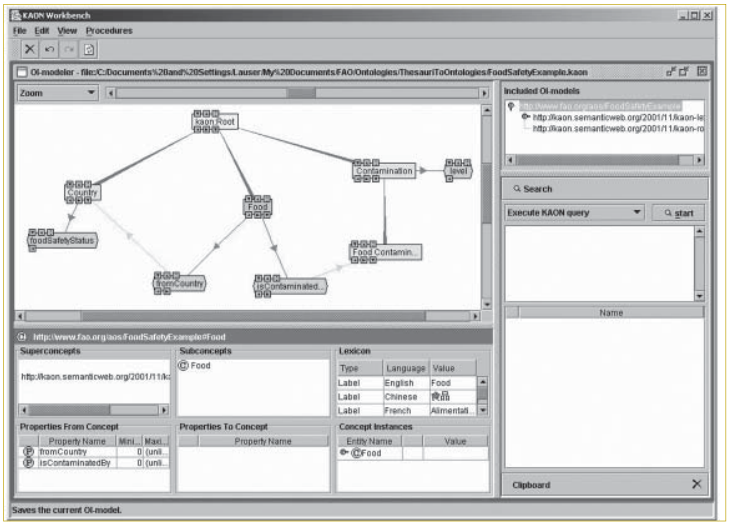


Fig. 3. 식품안전의 도메인 온톨로지에 대한 개념 모델
(Lauser B. 2004. Agricultural Information and Knowledge Management Papers)

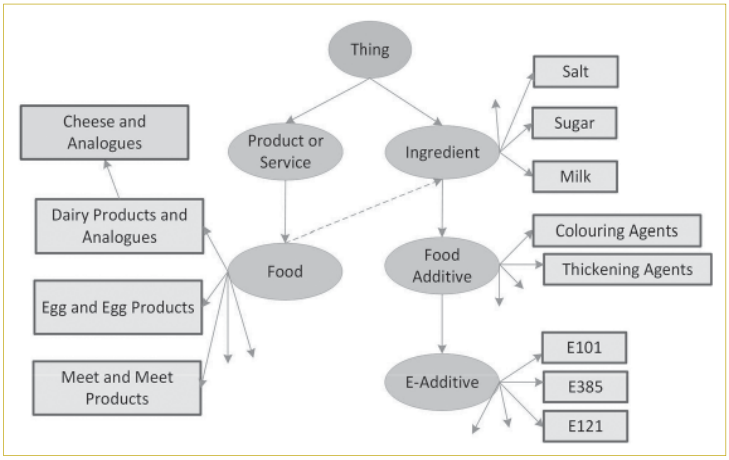


Fig. 4. 식품 온톨로지 클래스의 사례
(Boulos M. N. et. al. 2015. Future Internet)

4. 식품 온톨로지 클래스의 사례

Boulos(2015)는 식품 온톨로지 클래스의 사례에 관한 연구를 수행하였다. 식품 온톨로지 클래스는 식품을 Thing으로 지칭하고 그것을 기준으로 식품의 특징인 제품(Product or service), 식품성분(Ingredient), 식품(Food), 식품첨가물(Food Additive) 등으로 세분화해서 온톨로지를 구축하였다.

온톨로지의 클래스는 특이한 관계를 가진다는 것을 볼 수가 있다. 아래 그림에서 제품(Product)과 식품성분(Ingredient)은 이미 분리된 클래스이다. 그러나 제품의 하위 클래스인 식품(Food)이 다시 식품성분(Ingredient)과 연관을 가진다는 것을 볼 수 있다. 이를 통해, 상위의 클래스에서 분리되었어도 하위에서 분리된 클래스와 관계를 가진다는 것을 알 수가 있다.

5. 식품안전 도메인 온톨로지

온톨로지란 사람들이 세상에 대하여 보고 듣고 느끼고 생각하는 것에 대하여 서로 간의 토론을 통하여 합의를 이룬 바를 개념적이고 컴퓨터에서 다룰 수 있는 형태로 표현한 모델이다. 이 온톨로지는 인공지능, 정보검색, 유비쿼터스 컴퓨팅 등의 다양한 분야에서 활용되고 있다. 식품 안전 도메인 온톨로지를 구축하면 위와 같은 온톨로지의 활용 분야 중에서 식품의 유통 및 안전과 관련된 응용 분야에 적용하여 사용자들에게 식품안전 정보를 보다 정확하게 제공하는 것이 가능하다.

식품 안전 도메인 온톨로지를 구축하기 위해서는 크게 3가지 방법이 있다. 첫째, 기존에 존재하는 온톨로지를 활용하여 구축하는 방법이다.

Fig. 5는 식품의 위해 물질, 비상계획이나 대응을 위한 관계부처, 그리고 제품명, 제조사, 제조 날짜의 정보를 포

워크 스키마) 온톨로지를 구축한 사례이다.

처음 Root를 기준으로 하위 개념들을 정의하고 그 개념들을 기준으로 하위 개념을 정의한다. 이때, 개념에는 어떤 어휘가 들어와야 하는지, 어떤 개념과 연관이 있는지 정의하게 된다. 아래 그림의 예와 같이 식품개념에는, 영어, 중국어, 프랑스어 어휘가 가능하고 2가지의 개념과 관련이 있다고 정의가 되어 있다.

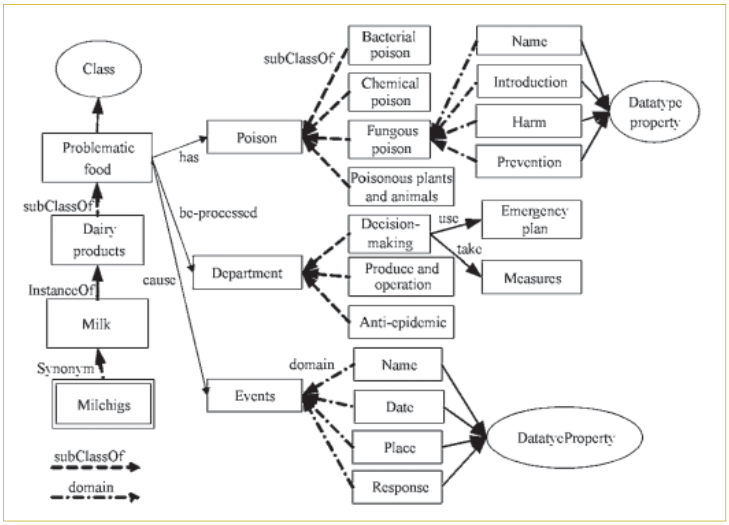


Fig. 5. 식품안전 온톨로지 예제 1
(Yuehua Y. et. al. 2013. Chinese Journal of Electronics)

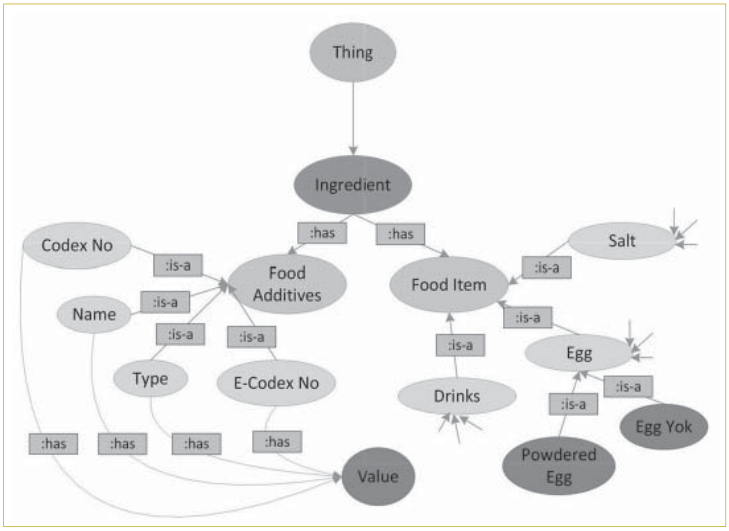


Fig. 6. 식품안전 온톨로지 예제 2
(Boulos M. N. et. al. 2015. Future Internet)

함하는 온톨로지의 사례이고, Fig. 6은 식품의 첨가물과 원부재료 및 제품 특성을 포함한 온톨로지의 사례이다. 이처럼 다양한 식품과 관련된 온톨로지를 찾을 수 있었지만, 한국어로 구축된 식품 및 식품안전에 관련된 온톨로지는 구축된 사례를 발견하지 못하였으며, 기존에 있는 온톨로지를 활용하기에는 무리가 있다.

둘째, 기계 학습 기법 등을 활용하여 자동 또는 반자동으로 온톨로지를 구축하는 방법이다. 이 방법을 활용하기 위해서는 기계 학습과 관련된 기술 중에서 텍스트 마이닝 기법을 활용해서 구축할 수 있다. 온톨로지를 구축할 때, 기계 학습을 통해 간단하고 빠르게 온톨로지를 구축할 수 있지만 기계 학습에 활용되는 학습 정보의 양이 부족해서 온톨로지의 질이 높지 않아 오차가 존재하게 된다는 문제가 있다.

셋째, Scratch로부터 온톨로지를 구축하는 방법이다. Scratch란, 온톨로지를 구축하는 개발자가 온톨로지의 해당하는 도메인 전문가인 경우를 뜻한다. 그러므로, Scratch가 온톨로지를 구축한다면 정확한 온톨로지를 구축할 수 있다. 그러나 가장 큰 단점은 Scratch를 만들기 위해서는 높은 비용과 많은 시간이 필요하다는 점이다.

온톨로지를 구축하기 위해서는 위의 3가지 방법의 장점과 단점을 비교 분석하여 가장 효율적인 방법으로 식품 안전 도메인 온톨로지를 구축하거나 또는 그 이외의 다른 방법을 연구해서 구축할 수 있을 것이다.

6. 식품안전 온톨로지의 활용 사례

식품 안전과 관련된 온톨로지를 구축하고 이것을 활용해서 사용자들에게 정보를 제공하는 대표적인 활용 사례로 3가지 예를 소개한다.

첫째, 식품 관련 물품을 구매할 때, 온톨로지를 활용해서 어떤 식품이 구매자의 건강 상태와 적합한지, 그렇지 않은지를 알려 주는 기능을 스마트폰의 앱으로 구현한 것이다. 구매자가 물품을 구매할 때, 제품의 바코드를 스캔 하면 구매자의 정보(알러지, 당뇨병 등)와 식품 온톨로지에 있는 제품의 정보를 결합하여 구매자가 이 제품을 구매해도 괜찮은지, 아닌지를 판단해 준다. 식품섭취에 의한 알러지는 식품에 함유된 특정 성분을 섭취함으로서 발생하게 되는데, 일반적으로 밀가루에 존재

Fig. 7. 소비자의 건강 상태를 고려한 식품 선택
(Celik D. 2015. The Scientific World Journal)

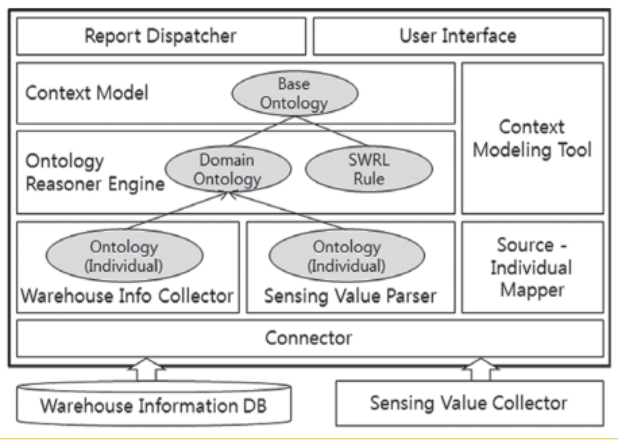
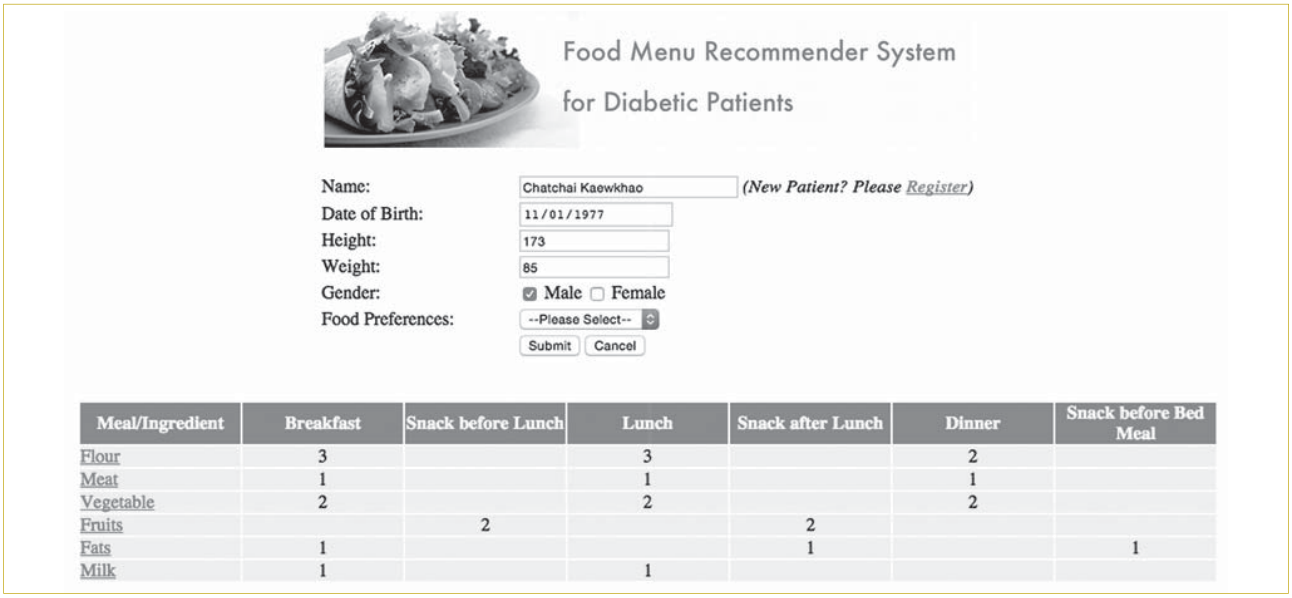


Fig. 8. 식품 저장 시스템 아키텍처
(김기환 et. al. 2011. 정보과학회논문지)

하는 글루텐 알러지, 우유에 존재하는 젖당(lactose) 알러지, 계란 알러지, 생선 알러지, 견과류 알러지 등 8가지 종류의 원인 식품이 있다. 증세로는 복통, 구토, 설사 등의 위장 증세가 많지만, 두드러기, 천식, 편두통, 비염이나 때로는 쇼크증세가 유발되기도 하며 심할 때는 사망에 이를 수도 있다. 식품을 섭취한 후 바로 증세가 나타나는 것이 많으며, 수 시간 후, 경우에 따라서는 다음날에 나타나기도 한다. 따라서 이러한 앱을 통해 구매자가 제품을 선택함에 있어서 손쉽게 안전한 제품을 선택할 수 있게 도움을 준다.

둘째, 식품을 저장할 때, 온톨로지를 활용하여 보다 신선하게 저장하는 시스템이다. 현재 음식을 저장하는 냉장고는 단순한 임계치를 설정하여 식품을 냉장한다. 그러나 이 시스템은 제품이 있는 곳에 온도를 감지하여 제품의 온톨로지 정보와 매칭을 통해 해당 물품이 있는 곳의 온도를 조절한다. 이를 통해, 제품에 맞게 온도를 조절할 수 있어서 임계치를 활용하는 기존 방법보다 신선하게 저장하는 것이 가능하며 그림 8은 그 과정을 개략적으로 보여주고 있다.



Meal/Ingredient	Breakfast	Snack before Lunch	Lunch	Snack after Lunch	Dinner	Snack before Bed Meal
Flour	3		3		2	
Meat	1		1		1	
Vegetable	2		2		2	
Fruits		2		2		
Fats	1			1		1
Milk	1		1			

Fig. 9. 환자 식단관리 프로그램 (Boulos M. N. et. al. 2015. Future Internet)

셋째, 환자의 질병 및 신체 정보를 활용하여 골고루 영양소를 섭취할 수 있도록 사용자의 식단을 추천해주는 시스템이다. 이 시스템은 당뇨병환자의 이름을 입력하여 나이, 키, 몸무게, 좋아하는 음식 등의 간단한 정보를 활용하여 환자의 식단을 관리하게 된다.

식품 온톨로지를 활용하여 음식을 섭취하는데 있어 신중함을 기해야 하는 사람들이 보다 간편하게 안전하게 식품을 섭취할 수 있게 도와줄 뿐만 아니라, 식품의 신선도를 유지시켜주는 분야에 활용되고 있다.

결론

인공지능 기술을 적용하기 위한 방안으로 자료의 의미를 명확하게 파악하기 위해서는 우선적으로 도메인 온톨로지를 구축하는 것이 필요하다. 식품 안전 관련하여 도메인 온톨로지의 구축 및 활용 분야를 살펴보았는데 식품안전 온톨로지를 의미론적 검색 모델에 적용하는 연구, 식중독균 정보를 이용한 식품안전 조기경보를 제공하는 연구, 온톨로지를 활용하여 어떤 식품이 구매자의 건강 상태와 적합한지를 알려 주는 스마트폰 앱, 식품을 저장할 때 온톨로지를 활용하여 보다 신선하게 저장하는 방법, 환자의 질병 및 신체 정보를 활용하여 골고루 영양소를 섭취할 수 있도록 사용자의 식단을 추천하는 다양한 연구가 수행되었다. 이처럼 영어에 대해서는 식품안전과 관련하여 다양한 온톨로지가 구축되어 활용되고 있지만 한국어 온톨로지 구축에 대한 연구는 확인할 수 없었다. 따라서 기계 학습 기법 등을 활용하여 자동 또는 반자동으로 온톨로지를 구축하거나 Scratch로부터 온톨로지를 구축하는 방법 등을 통해서 한국어로된 식품안전 관련 온톨로지를 구축하여 이를 기반으로 식품안전 관련 분야의 연구를 발전시키는 것이 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2015년 정부(미래창조과학부)의 재원으로 국가과학기술연구회 융합연구단 사업(No. CRC-15-05-ETRI)의 지원을 받아 수행한 연구임

참고 문헌

1. A.J.M. Beulens, Y. Li, M.R. Kramer and J.G.A.J. Vorst, 2006, "Possibilities for applying data mining for early Warning in Food Supply Networks", Workshop on Methodologies and Tools for Complex system Modeling and Integrated Policy Assessment.

2. S. Blanchemanche and A. Rona-Tas, 2013, "An Ontology of Scientific Uncertainty: Methodological Lessons from Analyzing Expressions of Uncertainty in Food Risk Assessment", ISA/ESA Amsterdam conference.

3. M.N.K.Boulos, A. Yassine, S. Shirmohammadi, C.S. Namahoot and M. Bruckner, 2015, "Towards an 'Internet of Food': Food Ontologies for the Internet of Things", Future Internet, Vol.7, pp.372-392;

4. D. Celik, 2015, "FoodWiki: Ontology-Driven Mobile Safe Food Consumption system", The Scientific World Journal.

5. B. Lauser, 2001, "From thesauri to Ontologies: A short case study in the food safety area in how ontologies are more powerful than thesauri", Proceedings of the ECDL 2001.

6. Z. Liu, L. Meng, W. Zhao and F. Yu, 2010, "Application of ANN in Food Safety Early Warning", 2nd IEEE International Conference on Future Computer and Communication, Vol.3.

7. K. Lu and M. Junxia, 2015, "The Model of Early Warning of Food Safety Information Based on the Network", Advance Journal of Food Science and Technology, Vol.8, No.5, pp.371-374.

8. Y. Maeda, N. Kurita and S. Ikeda, 2005, "An early warning support system for food safety risks", New

Frontiers in Artificial Intelligence, LNCS Vol.4012, pp.446-457.

9. H.J.P. Marvin, G.A. Kleter, L.J. Frewer, S. Cope, M.T.A. Wentholt, G. Rowe, 2009, "A working procedure for identifying emerging food safety issues at an early stage: Implications for European and international risk management practices", Food Control, Vol.20, pp.345-356.

10. N.M. Meenachi and M.S. Baba, 2012, "A Survey on usage of Ontology in Different Domains", International Journal of Applied Information systems (IJAIS), Vol.4, No.2.

11. J. Mu, and S. Zhang, 2013, "Study on a Multi-Agent-Based Early Warning system for Food Safety", Journal of Convergence Information Technology, Vol.8, No.5.

12. R. Pederson and G. Hernandez, 2014, "Food Safety: State-of-Play, Current and Future Challenges", 보고서 (주관기관: European Parliament's Committee on Environment, Public Health and Food Safety).

13. D. Suderman, 2014, "Food Safety Forensics: An Emerging Field", Rocky Mountain Food Safety Conference.

14. X. Yan, Y. Peng, J. Meng, J. Ruzante, P.M. Fratamico, L. Huang, V. Juneja, D.S. Needleman, 2011, "From Ontology Selection and Semantic Web to an Integrated Information system for Food-borne Diseases and Food Safety", Software Tools and Algorithms for Biological systems, pp.741-750.

15. Y. Yang, J. Du, and J. Hu. 2011, "Study on food safety ontology reasoning application based on Jena", IET International Conference on Communication Technology and Application (ICCTA 2011).

16. Y. Yuehua, D. Junping and H. Bowei, 2013, "A Novel Ontology-Based Semantic Retrieval Model for Food Safety Domain", Chinese Journal of Electronics, Vol.22, No.2.

17. 식품의 유통 및 안전에 대한 지식베이스 구축. 전자통신연구원 보고서. 2016