

IoE 환경에서 공장에너지 관리를 위한 빅시맨틱 시스템 설계

권순현¹, 이좌형¹, 김선혁¹, 이상금¹, 신영미¹, 도윤미¹, 허태욱¹

¹한국전자통신연구원 지능화용합연구소 환경ICT연구실

kwonshzzang@etri.re.kr, jinnie4u@etri.re.kr, seonh@etri.re.kr, sangkeum@etri.re.kr,

ymshin@etri.re.kr, ydoh@etri.re.kr, htw398@etri.re.kr

Design of Big Semantic System for Factory Energy Management in IoE environments

Soon-Hyun Kwon¹, Joa-Hyoung Lee¹, Seon-Hyeog Kim¹, Sang-Keum Lee¹,

Young-Mee Shin¹, Yoon-Mee Doh¹, Tae-Wook Heo¹

¹Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

기존 IoE 환경에서 수집데이터는 특정 서비스를 위한 도메인 지식과 연계되어 서비스를 제공한다. 하지만 수집되는 데이터의 유형이 다양하고, 정적인 지식베이스가 상황에 따라 동적으로 변화하는 IoE 환경에서는 기존의 지식베이스 시스템을 통하여 원활한 서비스를 제공할 수 없었다. 따라서, 본 논문에서는 IoE 환경에서 발생하는 대용량/실시간성 데이터를 시맨틱으로 처리하여 공통 도메인 지식베이스와 연계하고 기존의 지식베이스 추론 방법과 기계학습 기반 지식 임베딩 기법을 통하여 지식 증강을 유기적으로 진행하는 빅시맨틱 시스템을 제시한다. 제시한 시스템은 IoE 환경의 멀티모달(정형, 비정형) 데이터를 수집하고 반자동적으로 시맨틱 변환을 수행하여 도메인 지식베이스에 저장하고, 시맨틱 추론을 통해 지식베이스를 증강 시키며 증강된 지식베이스를 포함한 전체 지식베이스를 정형 및 반정형 사용자 쿼리를 통해 지식정보를 사용자에게 제공한다. 또한, 기계학습 기반 지식 임베딩 기법을 통해 학습·예측을 함으로써, 기존의 지식베이스를 증강하는 기능을 수행한다. 본 논문에서 제시한 시스템은 공장내의 에너지 정보를 수집하여 공정 및 설비 상태 및 운영정보를 바탕으로 실시간 제어를 통한 에너지 절감 시스템인 공장 에너지 관리 시스템의 기반 기술로 구현될 예정이다.

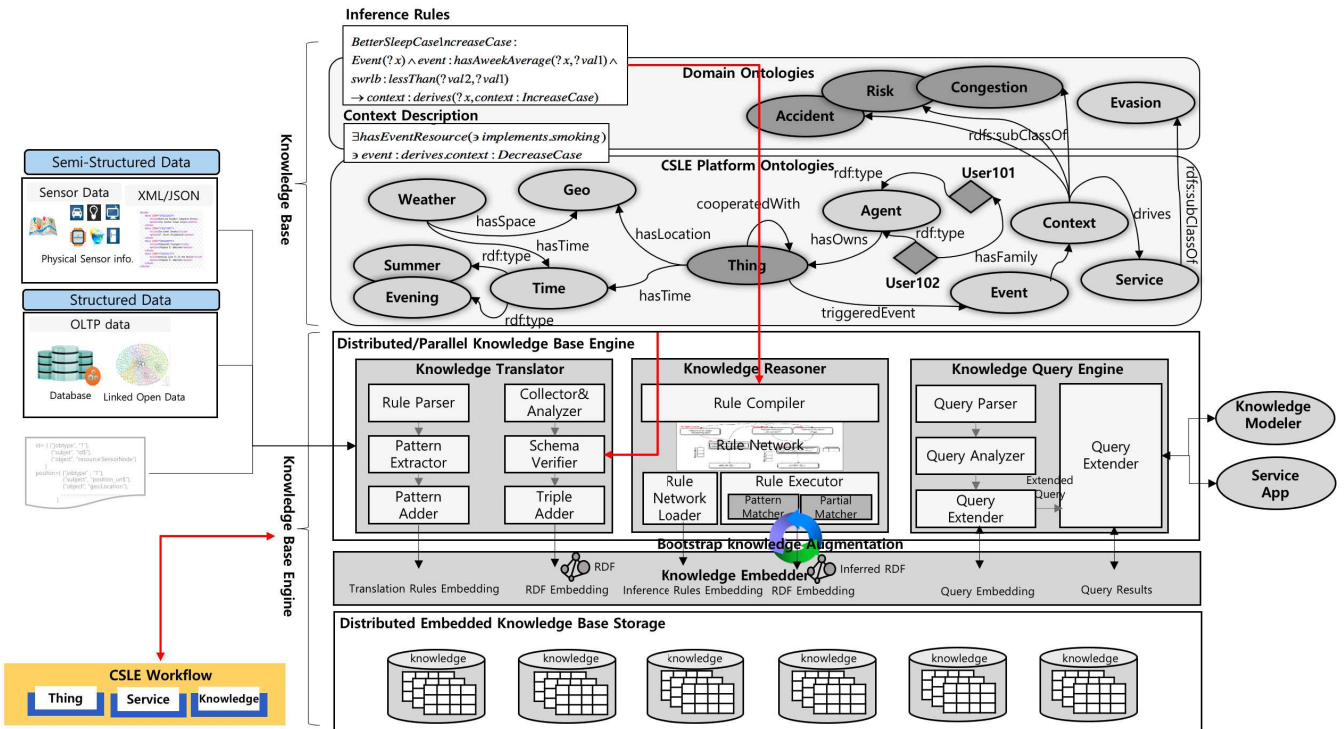
1. 서론

기존의 전문가 시스템(Expert System)은 인공지능 기술의 응용 분야로서, 즉 인간이 특정 분야에 대하여 가지고 있는 전문적인 지식을 정리하고 표현하여 컴퓨터에 기억시킴으로써, 일반인도 전문지식을 이용할 수 있도록 해주는 시스템이다[1].

전문가 시스템은 사용자 인터페이스, 추론엔진, 그리고 지식베이스로 구성된다[2]. 사용자 인터페이스는 전문가 시스템과 사용자와의 접촉면으로서, 사용자가 문제를 진술하고 시스템과 상호 작용할 수 있는 수단을 제공한다. 추론엔진은 지식베이스를 검색해서 문제를 해결하는데, 이용되는 추론 방법을 담고 있는 소프트웨어로서, 기존 지식베이스를 이용하여 문제를 해결하기 위한 추가 지식베이스를 도출하여 문제 해결의 솔루션을 제공한다. 마지막으로, 지식베이스는 특정 도메인과 관련된 사실이나 데이터를 담고 있다.

지식베이스에서 지식을 표현하는 방법으로는 생성규칙(Production Rule), 의미론적 네트워크, 프레임, 블랙보드, 사례중심 추론, 퍼지논리, 신경망등이 있다[3]. 이러한 전문가 시스템은 전문가의 지식을 기반으로 구축함으로써, 지식의 유형이 정적이고 변화가 많지 않은 분야인 의료, 학술 분야에서 초기 시스템을 구축함으로써, 지속적인 서비스를 제공할 수 있었다.

하지만, 수집데이터의 유형이 다양하고, 지식베이스가 상황에 따라 동적으로 변화하는 만물인터넷(Internet of Every thing, IoE) 환경에서는 기존의 전문가에 의존하는 정적인 지식베이스 구축 방법을 통해 원활한 서비스를 제공할 수 없으며, 지식베이스의 주기적인 변화, 즉 지식베이스의 스키마 구조의 수정이 불가피한 상황을 처리할 수 없다. 특히, IoE 환경은 지식베이스 기반 데이터 분석 방법뿐만 아니라, 데이터 기반 분석 방법인 통계적 분석 방법과 기계학습 및 딥러닝을 통한 모델 기반 예측 방법



(그림 1) 빅시맨틱 시스템 구조도

을 제공해야 함으로써, 도메인의 동적인 상황 변화에 대처하기 위해 지식을 점진적으로 증강하여 새로운 지식을 자동으로 도출할 수 있는 지식 선순환 구조가 절대적으로 필요하다.

따라서, 본 논문에서는 IoE 환경에서 발생하는 대용량/실시간성 데이터를 시맨틱(semantic)으로 처리하여 공통 도메인 지식베이스와 연계하기 위한 목적과 기계학습을 이용한 비결정적 시맨틱 데이터 처리 기능을 갖는 빅시맨틱 시스템을 제시한다. 제시한 시스템에서는 IoE 환경의 멀티모달(정형, 비정형) 데이터를 수집하고 반자동적으로 시맨틱 변환을 수행하여 도메인 지식베이스에 저장하고, 시맨틱 추론을 통해 지식베이스를 증강 시키며, 증강된 지식베이스를 포함한 전체 지식베이스를 정형 및 반정형 사용자 쿼리를 통해 지식정보를 사용자에게 제공한다. 또한, 기계학습 기반 지식임베딩(knowledge embedding) 기법을 통해 학습·예측을 함으로써, 기존의 지식베이스의 의미적 증강을 위한 기능을 수행한다. 본 논문에서 제시한 시스템은 공장내의 에너지 정보를 수집하여 공정 및 설비 상태 및 운영정보를 바탕으로 실시간 제어를 통한 에너지 절감 시스템인 공장 에너지 관리 시스템(Factory Energy Management System, FEMS)의 기반 기술로 구현될 예정이다.

2. 빅시맨틱 시스템 구조

지식베이스 엔진(Knowledge Base Engine)은 지식베이스를 변환·저장·조회·추론할 수 있는 엔진이다. 외부에서 사용자가 정의한 온톨로지 형태의 지식베이스 및 데이터로부터 지식베이스 데이터(Resource Description Framework, RDF)로의 변환을 통해 지식베이스 데이터를 저장하고, 저장된 지식베이스를 추론을 통해 확장하고, 확장된 지식베이스를 조회하기 위해 W3C(World Wide Web Consortium)의 지식베이스 표준 질의언어인 SPARQL(SPARQL Protocol and RDF Query Language)을 수행할 수 있는 기능을 제공한다. 또한, 지식베이스 엔진은 전통적인 지식베이스 기능뿐만 아니라, 기계학습 기반 지식임베딩 기능을 적용함으로써, 지식추론을 위한 세부적인 추론규칙이 없어도 기계학습의 모델 기반 예측기능을 통해 새로운 지식을 추론하여, 지식을 확장하는 기능을 제공한다.

이를 위한 지식베이스 엔진은 레거시 데이터를 지식베이스 데이터로 변환하는 지식 변환기(Knowledge Translator), 외부로부터 입력된 온톨로지 형태의 도메인 지식과 지식 추론규칙으로부터 지식을 확장하는 추론기능을 제공하는 지식 추론기(Knowledge Reasoner), 서비스나 사용자로부터 지식을 조회할 수 있는 지식 쿼리엔진(Knowledge

Query Engine), 입력된 지식베이스 데이터를 임베딩(embedding)하고, 기계학습의 학습 및 예측을 수행하여, 확장된 지식을 전달하는 지식 임베더(Knowledge Embedder), 그리고 마지막으로 대용량 지식데이터를 저장할 수 있는 분산 임베디드 지식베이스 스토리지(Distributed Embedded Knowledge Base Storage)로 구성될 수 있다.

외부에서 입력되는 레거시 데이터, 즉 데이터베이스와 링크드 오픈 데이터(Linked Open Data)와 같은 정형데이터(Structured Data)와 IoE 센서 데이터, XML/JSON과 같은 반정형 데이터(Semi-Structured Data), 또한 시스템 구동을 위한 설정 정보등을 지식베이스 변환기는 수집하여 도메인 및 사용자가 서비스의 목적에 맞게 정의된 온톨로지 형식의 지식베이스 스키마를 참조하여 지식 데이터를 생성한다. 생성된 지식 데이터를 지식임베더는 분산 지식베이스 스토리지에 분산 매트릭스 형태로 저장한다. 지식 임베더는 입력된 지식 데이터를 기반으로 학습 및 예측을 수행하여, 지식 모델을 갱신한다.

분산 지식베이스 스토리지에 저장된 정보를 지식베이스 추론기는 외부에서 정의된 규칙과 온톨로지 스키마를 기반 추론을 진행한다. 각 추론 과정에서 임베딩된 모델을 기반으로 지식베이스 연산(벡터 기반 연산)을 수행하여, 기존 규칙 기반의 연산에서의 Exact Matching 결과와 병합하여 추론을 진행한다. 추론된 새로운 지식베이스는 다시 지식 임베더를 통해 기계학습 지식 모델을 갱신하고 분산 지식베이스 스토리지에 저장한다.

지식베이스 데이터를 저장-지식임베딩 기반 학습-추론을 통한 지식증강 과정은 백그라운드 작업으로 수행되는 부트스트랩 방식의 지식 증강(Bootstrap Knowledge Augmentation) 방식으로 진행된다.

3. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 IoE 환경에서 수집되는 데이터를 서비스의 지식베이스와 원활히 연계하고 지식베이스 추론기법과 기계학습 기반 지식임베딩 방법을 통하여 지식 증강을 하기 위한 빅시맨틱 시스템의 구조를 제시하였다. 제시된 시스템은 공장에너지 관리 시스템의 기반 기술로 활용될 예정이며 이를 위해 공장 도메인 지식인 공장설비, 공정, 생산품, 사용 에너지 종류등의 지식베이스를 구축할 예정이며, 공

장 설비 상태, 실시간 에너지 사용량, 실시간 생산현황등을 센싱할 수 있는 센서 데이터를 수집할 예정이다. 또한, 에너지 사용량에 대한 비용을 계산하기 위해 외부 오픈 데이터를 연계할 예정이다.

본 논문은 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 연구되었습니다. (과제번호. 20202020800290)

참고문헌

- [1] Leo Kumar, S. P. "Knowledge-based expert system in manufacturing planning: state-of-the-art review." *International Journal of Production Research* 57.15-16 (2019): 4766-4790
- [2] Maylawati, D. S., Wahyudin Darmalaksana, and Muhammad Ali Ramdhani. "Systematic design of expert system using unified modelling language." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 288. No. 1. IOP Publishing, 2018.
- [3] Pineda, Luis A., et al. "Practical non-monotonic knowledge-base system for un-regimented domains: A Case-study in digital humanities." *Information Processing & Management* 57.3 (2020): 102214.