

IoT 기반 네트워크 환경에서의 시맨틱 분석 시스템

문승일[○], 홍충선^{*}
 경희대학교 컴퓨터공학과
 moons85@khu.ac.kr, cshong@khu.ac.kr

Semantic Analysis System in IoT-based Network Environments

Seung Il Moon[○], Choong Seon Hong^{*}
 Department. of Computer Science and Engineering, Kyung Hee University

요 약

ICT의 급속한 발전을 통해 사물이 인터넷을 통해 연결되어 서로 소통하는 초연결사회로 도래하고 있다. 사물인터넷 (IoT: Internet of Things)은 이러한 초연결사회를 구축하는 주요 기술이며, 현재 IoT 기반 네트워크 환경에서의 자율관리 기술이 다양한 방향으로 진행되고 있다. 특히 네트워크 특성상 관리해야 하는 노드들의 수가 많은 IoT 네트워크의 경우 자율관리 기술에 대한 중요성이 크게 대두되고 있다. 기존의 모니터링 되는 정보를 이용하여 정책에 의해 장애상황을 인지하고 관리하는 기술은 네트워크 상황을 인지하는데 그 한계가 있다. 본 논문에서는 이러한 한계를 극복하고 IoT 네트워크의 관계속성을 기반으로 정보를 확장하고 다양한 관점에서 네트워크의 장애상황을 인지하기 위한 IoT 기반 네트워크 환경에서의 시맨틱 분석 시스템에 대하여 제안한다.

1. 서 론

최근 ICT의 급속한 발전으로 인한 사물과 인터넷의 결합이 급속도로 진행됨에 따라 사물인터넷(IoT)도 급속도로 발전하고 있다. 이와 더불어 사물이 인터넷을 통해 연결되어 서로 연결되어 소통하는 초연결사회로 발전함에 따라, 인터넷을 통해 연결되는 사물의 수가 2020년까지 약 250억 개로 증가할 것으로 예측하고 있다.[1] 이렇듯 IoT 네트워크의 발전과 그에 따라 증가하는 사물의 수로 인하여 IoT 네트워크에 대한 자율관리 기술이 요구되고 있다. 본 논문에서는 기존의 수집된 정보를 단편적으로 이용하여 네트워크의 상태를 모니터링 하는 관리기술과는 달리 IoT 기반 네트워크의 논리적인 관계속성을 이용하여 보다 다양한 관점에서 네트워크의 장애상황을 인지하기 위한 시맨틱 분석 시스템을 제안한다. 2장에서 시맨틱 분석기술에 대하여 설명하고 3장에서는 시맨틱 분석을 위한 온톨로지 모델에 대하여 설명한다. 그리고 4장에서는 IoT 기기, 서비스, 장애상황에 대한 관계속성 및 RDF 스키마 정보를 관리하는 Semantic Analyzer에 대하여 설명하고, 5장에서는 시맨틱 분석을 통한 서비스 시나리오에 대하여 설명하고 끝으로 6장에서 결론 및 향후 연구방향에 대하여 논한다.

2. 시맨틱 분석기술

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (B0190-16-2017, IoT 기기의 물리적 속성, 관계, 역할 기반 Resilient/Fault-Tolerant 자율 네트워킹기술 연구) *Dr. CS Hong is the corresponding author

시맨틱(Semantic)의 사전적 의미는 ‘의미의’, ‘의미론적인’ 이란 뜻으로 시맨틱 분석기술은 비정형 데이터와 정형 데이터를 의미적으로 연결하고 분석하기 위한 기술이다.[2] 이러한 시맨틱 분석을 위해 본 논문에서는 IoT 기기, 서비스, 장애상황에 대한 정보를 의미 기반의 데이터로 저장하기 위하여 RDF(Resource Description Framework)[3]를 이용하여 트리플(시맨틱 데이터의 가장 작은 부분으로 각각은 주어, 서술어, 목적어로 구성되어 있다.) 형태로 저장한다. 그 후 온톨로지[4] 모델을 기반으로 RDFS(RDF Schema)[5]를 생성하여 각 정보의 의미를 확장한다.

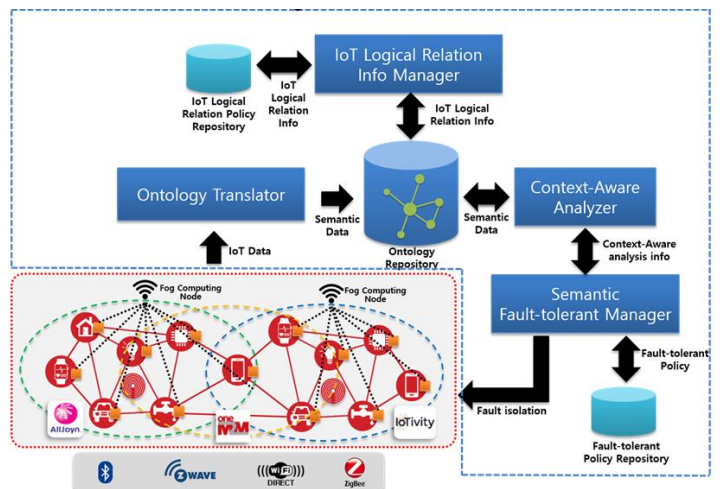


그림 1. IoT 네트워크 기반 시맨틱 분석 기술

그림 1은 본 논문에서 제안하는 IoT 네트워크 환경에서의 시맨틱 분석 과정이다. 그림에서와 같이 IoT 네트워크에서 수집된 정보들을 Ontology Translator를 통해 시맨틱 데이터로 변환하여 Ontology Repository에 저장한다. 그리고 시맨틱 분석을 위한 IoT 관계 설정 정보와 장애상황 인지를 위한 정보를 기반으로 Semantic Fault-tolerant Manager가 IoT 기기의 논리 속성, 제공 가능한 서비스 정보, 인지하기 위한 장애상황 등에 대한 정보를 이용하여 현재 네트워크에 대한 장애여부를 판단한다.

3. 온톨로지 모델

본 장에서는 IoT 기반 네트워크 환경에서 장애상황 인지를 위한 시맨틱 분석을 위해 정의한 IoT 기기, 서비스, 장애상황에 대한 온톨로지 모델에 대하여 설명한다. 그림 2는 각각 IoT 기기의 고유정보, 제공 가능한 서비스 정보, 인지하기 위한 장애상황에 대한 정보를 나타낸 온톨로지 모델이다.

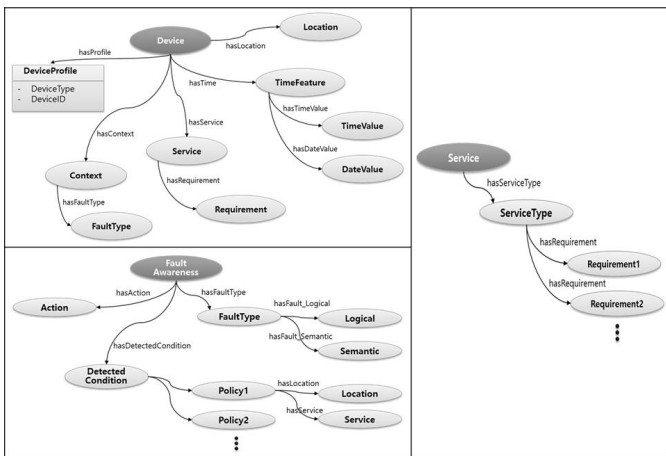


그림 2. IoT 기기, 서비, 장애상황에 대한 온톨로지 모델

그림에서와 같이 시맨틱 분석 및 관계속성 기반의 의미 확장을 위해 필요한 IoT 기기, 서비스, 장애상황에 대해 정의한 온톨로지 모델을 기반으로 생성된 RDF를 Semantic Analyzer를 통해 RDFS로 변환하여 그 의미를 확장한다. 먼저 IoT 기기에 대한 온톨로지 모델은 IoT 기기가 가질 수 있는 고유정보를 기반으로 활용될 수 있는 서비스, 모니터링하기 위한 장애상황에 대한정보를 포함할 수 있게 하였다. 다음으로 서비스에 대한 온톨로지 모델은 IoT 네트워크 환경에서 제공 가능한 서비스들을 정의할 수 있게 하였다. 해당 서비스 제공에 필요한 요구사항 정보를 포함함으로써 추 후 같은 공간 내에 설치되어있는 노드의 정보를 기반으로 제공 가능한 서비스에 대한 자율 인지가 가능하게 된다. 마지막으로 장애상황에 대한 온톨로지 모델은 IoT 네트워크 환경에서 논리 및 관계속성 정보를 기반으로 인지할 수 있는 장애상황에 대하여 정의할 수 있게 하였다. 장애유형과 해당 장애상황을 인지하기 위한 조건 및 인지 후 대처방안에 대한 정보를 포함하고 있다.

4. Semantic Analyzer

본 장에서는 IoT 기반 네트워크 환경에서 수집된 IoT 데이터를 이용하여 RDF를 트리플로 변환하여 저장하고 이와 온톨로지 모델을 기반으로 RDFS를 생성하여 시맨틱 분석에 활용하는 Semantic Analyzer에 대하여 설명한다.

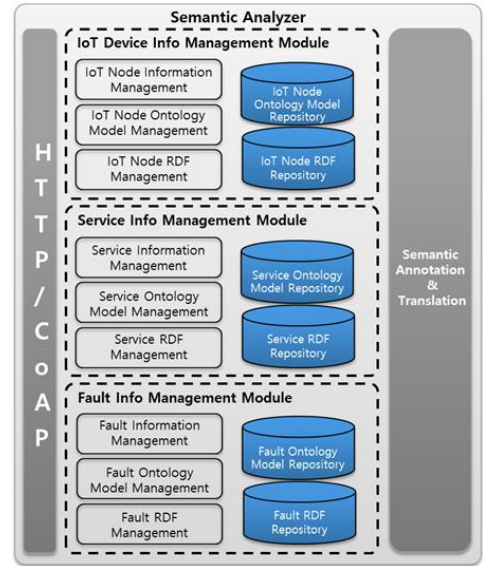


그림 3. Semantic Analyzer 구조도

그림 3은 Semantic Analyzer의 구조도 이다. 그림에서와 같이 IoT Device Info Management Module, Service Info Management Module, Fault Info Management Module로 구성되어 있다. 각각의 모듈을 IoT 기기, 서비스, 장애상황에 대한 온톨로지 모델과 이를 기반으로 생성된 RDF 정보를 가지고 있다. Semantic Annotation & Translation은 온톨로지 모델과 의미 추론 정책을 기반으로 RDFS를 생성하게 된다.

```
<?xml version="1.0">
<RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:node="http://192.168.0.10/semanticAnalysis/khu/eni_building/room_352/">
<Description rdf:about="http://192.168.0.10/semanticAnalysis/khu/eni_building/room_352/IoT_Node_001">
<node:id>in001</node:id>
<node:type_of_board>raspberry pi 2</node:type_of_board>
<node:platform_of_iot>Alljoyn</node:platform_of_iot>
<node:sensing_period>5000</node:sensing_period>
<node:location>khu/eni_building/room_352</location>
<node:num_of_sensors>2</node:num_of_sensors>
<node:sensor_type_1>Temperature</node:sensor_type_1>
<node:sensor_type_2>Humidity</node:sensor_type_2>
<node:num_of_interfaces>3</node:num_of_interfaces>
<node:interface_type_1>WiFi</node:interface_type_1>
<node:interface_type_2>Bluetooth</node:interface_type_2>
<node:interface_type_3>Zigbee</node:interface_type_3>
</Description>
<Description rdf:about="http://192.168.0.10/semanticAnalysis/khu/eni_building/room_352/IoT_Node_002">
<node:id>in002</node:id>
...
</Description>
</RDF>
```

그림 4. IoT 기기를 위한 RDFS 정의

그림 4는 Semantic Analyzer에서 IoT 기기 고유정보, 온톨로지 모델 및 의미 추론 정책을 기반으로 생성한 RDFS

이다. 그림에서와 같이 정의한 IoT 기기의 고유 정보를 기반으로 온톨로지 모델을 생성하고 이를 의미 추론 정책을 이용하여 IoT 기기를 위한 RDFS 정의하였다. 해당 RDFS에는 IoT 기기를 나타내는 아이디, 보드 종류, 사용하는 플랫폼 종류, 센싱 주기, 센서의 수와 종류, 인터페이스의 수와 종류 등으로 구성되어 있다. 그리고 해당 노드가 설치된 장소의 정보는 URI(Uniform Resource Identifier)형태로 저장하게 된다.

```
<xml version="1.0">
<RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:service="http://192.168.0.10/semanticAnalysis/services/">
<Description rdf:about="http://192.168.0.10/semanticAnalysis/
services/fire_detection">
<service:id>st001</service:id>
<service:name>Fire Detection</service:name>
<service:num_of_requirements>2</service:num_of_requirements>
<service:requirement_type_1>Temperature Sensor</service:requirement_type_1>
<service:requirement_type_2>Humidity Sensor</service:requirement_type_2>
</Description>
...
</RDF>
```

그림 5. 서비스를 위한 RDFS 정의

그림 5는 Semantic Analyzer에서 서비스 고유정보, 온톨로지 모델 및 의미 추론 정책을 기반으로 생성한 RDFS이다. 서비스를 정의하기 위한 고유 정보와 서비스 제공을 위한 요구사항의 수 및 종류로 구성되어 있다.

```
<xml version="1.0">
<RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:fault="http://192.168.0.10/semanticAnalysis/faults/">
<Description rdf:about="http://192.168.0.10/semanticAnalysis/
faults/abnormal_value_detection">
<fault:id>ft001</fault:id>
<fault:name>Abnormal Value Detection</fault:name>
<fault:num_of_policies>3</fault:num_of_policies>
<fault:policy_type_1>faults#policy_1</fault:policy_type_1>
<fault:policy_type_2>faults#policy_2</fault:policy_type_2>
<fault:policy_type_3>faults#policy_3</fault:policy_type_3>
</Description>
...
</RDF>
```

그림 6. 장애상황을 위한 RDFS 정의

그림 6은 Semantic Analyzer에서 장애상황 고유정보, 온톨로지 모델 및 의미 추론 정책을 기반으로 생성한 RDFS이다. 장애상황을 정의하기 위한 고유 정보와 장애상황 인지를 위한 정책의 수 및 종류로 구성되어 있다

Semantic Analyzer는 IoT 네트워크 환경에서 수집된 정보를 통해 IoT 기기, 서비스, 장애상황에 대한 온톨로지 모델을 정의하고 이를 이용하여 RDFS를 생성한다. 이렇게 확보된 시맨틱 데이터를 기반으로 장애상황 인지를 위한 시맨틱 분석을 수행한다.

5. 시맨틱 분석 시나리오

본 장에서는 제안한 IoT 기반 네트워크 환경에서의 시맨틱 분석 시스템에서 시맨틱 분석을 통해 특정 노드가 문제가 생겼을 때 대체할 수 있는 노드를 검색하는 시나리오에

대하여 설명한다. 그림 7은 IoT 기반 네트워크 환경에서 시맨틱 분석을 활용한 예로 장애상황 발생 시 대체 가능한 노드를 검색하는 과정에 대한 시나리오이다. 그림에서와 같이 서비스 자율인지를 통해 화재감지 서비스를 제공하던 중 IoT_node_1의 이상이 감지되고 이에대한 대체노드를 검색하기 위해 화재감지 서비스의 요구사항을 만족하고 IoT_node_1과 같은 공간 내에 존재하는 센서를 찾아 대체 노드를 확보한다. 이렇듯 시맨틱 분석을 통해 같은 공간 내 같은 센싱 능력을 갖고 있는 대체 노드에 대한 검색이 가능하게 되는 것이다.

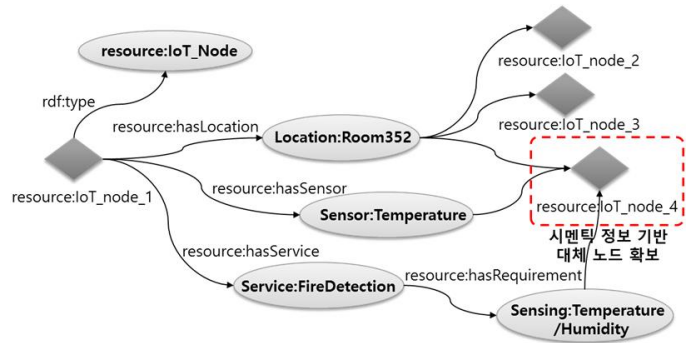


그림 7. 시맨틱 분석을 통한 대체노드 검색 시나리오

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 IoT 기반 네트워크 환경에서 다양한 관점에서 네트워크 상태를 모니터링 하고 자율관리하기 위해 필요한 시맨틱 기반의 분석 시스템에 대하여 제안하였다. 제안하는 IoT 기반 네트워크 환경에서의 시맨틱 분석 시스템에서 IoT 기기, 서비스, 장애상황에 대한 관계속성 정보를 기반으로 의미를 확장하기 위한 온톨로지 모델 및 RDFS를 정의하였고, 시나리오 분석을 통하여 시맨틱 분석을 이용한 대체 노드 검색과정에 대하여 설명하였다.

향후 연구로는 분산처리 환경에서의 시맨틱 분석을 위한 연구로 각 도메인별 수집되는 IoT 데이터를 효율적으로 RDF 트리플로 변환 및 RDFS를 통한 어노테이션 기법에 대한 방안에 대하여 연구할 것이다.

7. 참고 문헌

- [1] "Smart Cities Will Include 10 Billion Things by 2020", Gartner Group, 2015.03.11
- [2] Semantic Web, <https://www.w3.org/standards/semanticweb/>
- [3] Graham Klyne, Jeremy J. Carroll, and Bran McBride. Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstraction. W3C Recommendation, 2004.
- [4] Bechhofer, Sean. "OWL: Web ontology language." Encyclopedia of Database Systems. Springer US, 2009. 2008-2009.
- [5] Dan Brickley, R.V. Guha, and Brian McBride. RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema. W3C Recommendation, 2004