

SWoT Service Discovery for CoAP-Based Sensor Networks

Myung-han Yu[†] · Sangkyung Kim^{**}

ABSTRACT

On the IoT-based sensor networks, users or sensor nodes must perform a Service Discovery (SD) procedure before access to the wanted service. Current approach uses a center-concentrated Resource Directory (RD) servers or P2P technique, but these can cause a point-of-failure or flooding of SD messages. In this paper, we propose an improved SWoT SD approach for CoAP-based sensor networks, which integrates Social Web of Things (SWoT) concept to current CoAP-based SD approach that makes up for weak points of existing systems. This new approach can perform a function like a keyword or location-based search originated from SNS, which can enhance the usability. Finally, we implemented a real system to evaluate.

Keywords : CoAP, USN, Monitoring, Service Discovery, SWoT

CoAP 기반 센서네트워크를 위한 SWoT 서비스 탐색

유 명 한[†] · 김 상 경^{**}

요 약

IoT 기반 센서네트워크에서 사용자 또는 센서노드가 원하는 서비스에 접근하기 위해서는 기본적으로 서비스 탐색이 요구된다. 기존의 서비스 탐색 관련 연구는 중앙집중적인 Resource Directory(RD) 서버나 P2P 방식을 이용한다. 그러나 이러한 방식들은 point-of-failure나 서비스 탐색 메시지 플러딩(flooding)을 초래한다. 따라서 본 논문에서는 기존의 CoAP 기반 서비스 탐색 방식에 Social Web of Things(SWoT) 개념을 접목함으로써 기존 방식의 단점을 극복하고 소셜 네트워크 서비스(SNS)를 바탕으로 키워드 기반 탐색과 위치 기반 탐색 등의 기능을 새롭게 추가하여 편의성을 제고하였다. 제안하는 SWoT 서비스 탐색 기술의 검증은 위해 테스트베드를 구축하여 시험하고 평가하였다.

키워드 : CoAP, USN, 모니터링, 서비스 탐색, SWoT

1. 서 론

IoT 개념의 대두와 함께 USN 모니터링 분야에서도 IoT 개념과 기반기술을 접목하려는 시도가 이루어지고 있다[1-2]. 이러한 IoT 기반 센서노드들의 응용프로토콜 부분에는 Constrained Application Protocol(CoAP)의 활용이 이루어지고 있다[3].

CoAP는 저전력 및 소형 노드들이 불안정한 네트워크에서 사용될 수 있도록 특화된 웹 전송 프로토콜로 종단점(endpoint) 간의 요청/회신 상호작용 모델을 특징으로 한다[3-4].

IoT에서는 원활한 서비스 제공을 위해 서비스 탐색(Service Discovery, SD) 절차를 요구한다. 서비스 탐색이란 개별 사용자 또는 단말장치가 자신이 필요로 하는 데이터를 가지고 있

는 타 단말의 연결주소 또는 연결방법에 대해 제공받아 데이터를 교환할 수 있도록 지원하는 과정을 뜻한다[5-6].

CoAP 표준에는 기초적인 수준의 서비스 탐색 방법이 정의되어있으며, 이들 구성요소 중 네트워크상의 자원과 다른 서버들에 대한 정보를 저장하고 있는 네트워크 항목을 Resource Directory(RD)라고 부른다[7]. 하지만 RD를 게이트웨이 장치 또는 센서노드에 별도로 구축할 경우 서비스 탐색 요청이 네트워크상의 한 노드로 집중되는 단점이 있으며, 이러한 특성은 서비스 거부 공격(DDoS) 등 해킹에 대한 취약점을 야기할 수 있다.

또한 서비스 탐색 요청을 수행하기 전 반드시 RD의 고유 주소를 먼저 알아야 하는데, 이를 모를 경우 네트워크상의 다른 노드를 대상으로 하는 브로드캐스트 등의 방법을 사용해야 하므로 많은 자원을 소비하게 된다. RD를 여러 노드에 분산하는 P2P 방식의 접근방법이 이에 대한 해결책이 될 수 있으나[8], 마찬가지로 최초의 통신대상을 탐색하기 위해서는 상당량의 자원 소모가 뒤따른다.

본 연구에서는 이러한 단점을 보완하기 위해 서비스 탐색

[†] 준 회원 : 강릉원주대학교 컴퓨터공학과 박사수료

^{**} 종신회원 : 강릉원주대학교 컴퓨터공학과 교수

Manuscript Received : July 17, 2015

First Revision : August 27, 2015

Accepted : August 27, 2015

* Corresponding Author : Sangkyung Kim(skkin98@gwnu.ac.kr)

과정에 Social Web of Things(SWoT) 개념을 접목한 SWoT 서비스 탐색 기법을 제안한다. 센서노드가 제공하는 센서 및 액추에이터의 서비스 정보는 별도의 RD가 아닌 소셜 네트워크(SNS)를 통해 전파되고, 이 정보를 다른 사용자 또는 IoT 노드 및 게이트웨이 장치가 검색함으로써 RD의 고유주소에 대한 사전 파악 없이도 서비스 탐색 과정을 수행하는 것이 가능하다.

또한, 이 방법을 활용하면 상용 SNS의 보안성과 대규모 데이터에 대한 동시처리능력, 이기종 네트워크로부터의 접근성 및 확장성을 그대로 활용할 수 있으며, 구축 및 유지 비용 면에서도 효율적인 시스템을 구성할 수 있게 된다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서 관련 연구를 살펴보고, 3절에서 제안하는 기법에 대한 설명을 하며, 4절에서 구현 내용을 기술하고, 5절에서 구현된 내용을 바탕으로 시험한다. 마지막으로 6절에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 CoAP에서의 서비스 탐색과 CoRE RD

표준 CoAP는 RFC 7252와 RFC 6690에 의해 정의되며[4, 9], 여기에는 기초적인 수준의 서비스 탐색 방법이 정의되어 있다. 이에 의하면 CoAP 서버는 “/.well-known/core” URI를 클라이언트가 언제나 쿼리 할 수 있도록 확보해두어야 하며, 서비스 탐색을 위한 특별한 포트번호 5683을 확보하여 개방해두어야 한다.

CoAP에서 추가적으로 활용 가능한 CoRE RD는 현재 Draft 단계로[7], 클라이언트는 서비스 탐색 시 사용되는 URI와 유사한 형태의 고유 주소로 RD에 접속하여 자신의 정보를 등록 및 삭제하거나 타 노드 및 서비스에 대한 정보를 검색할 수 있도록 규정한다.

하지만 이렇게 별도의 리소스 목록 관리용 서버를 듣다는 개념의 RD는 확장성 면에서 제약이 있으며, 네트워크 공격 등 해킹의 목표물이 될 수 있다[6, 8]. 또한 RD의 유지에 실패하면 전체 IoT 서비스에 영향을 주는 단점이 존재한다.

2.2 P2P 기반 서비스 탐색

P2P를 통한 서비스 탐색 기법은 전통적인 피어-투-피어 방식의 데이터 상호교환 방법을 통해 서비스 탐색을 구현한다는 개념으로[8], 이러한 분산기법은 DDoS 공격 및 과부하에 대비할 수 있는 하나의 방법이 될 수 있다.

하지만 P2P 네트워크를 유지하기 위해서는 데이터의 동기화 과정과 이를 유지하기 위한 추가적인 시스템 자원이 필요하며[9] 이는 저전력 및 저성능이 특징인 CoAP 기반 센서네트워크 환경에는 맞지 않을 수 있다. 또한 광범위하거나 지연율이 높은 네트워크에서의 처리속도가 느리다.

P2P 기반 서비스 탐색 기법의 간략한 구성도를 Fig. 1에 나타내었다. 모든 센서노드들은 P2P를 바탕으로 동작하며, 각자 자신이 알고 있는 타 노드의 서비스 정보에 대한 테이블을 가지고 있다. 만약 사용자 또는 다른 장치에서 서비스

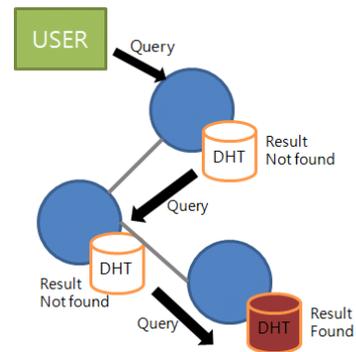


Fig. 1. P2P Service Discovery Approach Over Multiple Hosts

정보를 요청하면 테이블의 정보를 바탕으로 결과값을 되돌려주며, 조회 결과 가진 정보가 충분치 않을 경우에는 다른 인접노드에 정보를 요청하고, 이후 결과값을 전달해주는 과정에서 자신이 가진 테이블의 정보도 함께 갱신한다.

2.3 Social Web of Things(SWoT)

SWoT란 트위터, 페이스북과 같은 소셜 네트워크 서비스(SNS)를 기반으로 사람이 아닌 IoT 장치들을 서로 연결하고 데이터를 공유하는 개념을 뜻한다[10]. SNS의 특성상 대부분의 경우 서비스와 API를 무료로 제공받을 수 있다는 장점과 함께, 중단 없는 서비스 제공이 가능한 결함 감내(fault tolerance) 특성 및 보안, 클라우드 기반 검색 등 상용 SNS가 가진 다양한 이점을 그대로 활용할 수 있다.

SWoT를 활용한 선행 연구가 진행 중인 상황이나[11-12] 현재까지 SWoT 개념을 IoT 상의 서비스 탐색에 접목하는 경우에 대해서는 특별한 연구가 없으며, 본 연구에서 이를 최초로 제안하도록 한다.

3. SWoT 서비스 탐색

3.1 시스템 구성 및 동작 개요

본 연구에서는 SNS에서 제공하는 데이터 포스팅과 저장, 검색 기능을 바탕으로 CoAP 기반 센서네트워크를 위한 SWoT 서비스 탐색 기법을 제안한다.

서비스를 제공하는 센서노드들은 자신이 가진 서비스 정보를 RD가 아닌 SNS로 전송하며, 서비스를 제공받을 단말은 별도의 RD 검색 및 서비스 탐색 요청 대신 REST API 등의 방법을 통해 SNS에 접속 및 키워드 및 위치 기반 검색을 수행, 원하는 서비스 탐색 결과값을 얻어낸다.

이러한 SWoT 서비스 탐색의 시스템 구성을 Fig. 2에 나타내었다. 센서노드와 사용자 단말, 기타 IoT 장치들은 IP를 통해 인터넷상의 SNS와 통신하며, SNS 서비스를 바탕으로 서비스 탐색 절차를 위한 단말정보 등록과 서비스 검색작업을 수행한다.

추가적으로 IoT 장치들이 자신의 서비스 정보를 SNS로 전송할 만큼 충분한 자원을 가지지 못하거나 기존의 CoAP

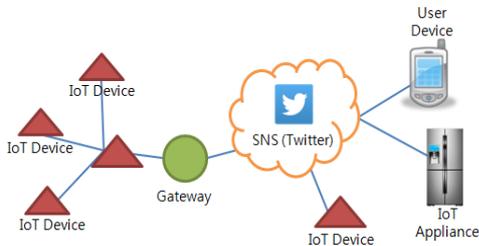


Fig. 2. SWoT Service Discovery

프로토콜과의 하위 호환이 필요한 경우를 위해, 게이트웨이가 중간에서 번역자(translator) 역할을 수행할 수 있다. 이 경우 게이트웨이 장치는 자신에게 속한 IoT 장치들에게 전통적인 CoRE RD의 역할도 함께 수행하며, RD의 데이터는 SNS로부터 수신하여 가져온다.

3.2 키워드 기반 탐색 절차

SNS에서 제공하는 키워드 검색방법을 통해 자신의 주변 또는 원격지에 위치한 IoT 장치의 서비스 정보를 가져올 수 있다. 해당 IoT 장치가 미리 SNS를 통해 포스팅 해둔 센서 및 액추에이터의 명칭, 종류, URI 정보를 바탕으로 검색을 수행할 수 있으며, 이러한 키워드는 서로 조합될 수 있다. 키워드 기반 서비스 탐색 절차를 Fig. 3에 나타내었다.

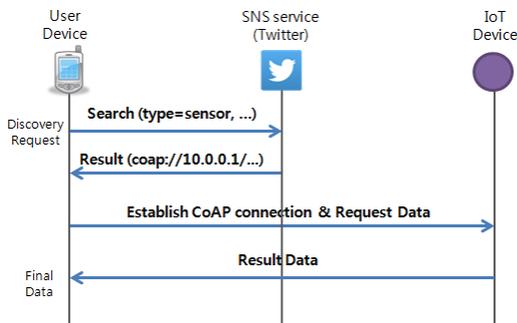


Fig. 3. Service Discovery Procedure by SWoT Approach

사용자 또는 단말은 서비스 탐색 요청을 위해 SNS로 키워드 검색 요청을 보내며, SNS에서는 미리 올린 서비스 정보 포스팅 중에서 여기에 맞는 적절한 결과값만을 검색하여 전송한다. 정보를 수신받은 사용자 또는 단말은 이에 포함된 URI 정보를 바탕으로 해당 서비스를 제공하는 센서노드로 연결하며, 이후 필요한 센서 데이터 및 정보를 전달받거나 액추에이터 동작 등의 작업을 수행할 수 있다.

3.3 위치 기반 탐색 절차

SNS가 제공하는 위치 검색 서비스를 이용하면 원거리 또는 근거리에 위치한 IoT 장치에 대해 위치에 기인한 서비스 탐색을 수행할 수 있다. 키워드 기반 서비스 탐색에 추가적인 값을 포함하여 GPS 좌표 또는 주소, 지명을 바탕으로 SNS에 검색을 요청하거나, 지정된 중심좌표를 바탕으로

일정 범위(radius) 안에 위치한 IoT 장치를 검색할 수 있다 [13]. 이에 대한 JSON 형식의 HTTP 포스팅 데이터 예시를 Fig. 4에 나타내었다.

```

Search by GPS latitude & longitude
URL: https://api.twitter.com/1.1/search/tweets.json
DATA:
query {
  params {
    q = "type=sensor, sz=512",
    geocode = "37.1, 128.4",
  }
}
    
```

Fig. 4(A)

```

Search by location name
URL: https://api.twitter.com/1.1/geo/search.json
DATA:
query {
  params {
    "accuracy": 0,
    "granularity": "neighborhood",
    "query": "Seoul"
  }
}
    
```

Fig. 4(B)

```

Search by range (near 1 kilometer)
URL: https://api.twitter.com/1.1/search/tweets.json
DATA:
query {
  params {
    q = "type=sensor, sz=512",
    geocode = "37.1, 128.4, 1km",
  }
}
    
```

Fig. 4(C)

Fig. 4. Location-based Search Query Example (Twitter SNS) (A) by GPS Position (B) by Location Name (C) by Range

Fig. 4(A)는 검색범위 기준을 지정하는 GPS 좌표, Fig. 4(B)는 지명을 바탕으로 한 정보, Fig. 4(C)는 GPS 좌표와 함께 검색대상 반경 범위를 제한함을 의미한다.

GPS 위치 및 반경 범위를 검색할 경우에는 결과에 대한 특별한 가공이 필요치 않으나, Fig. 4(B)와 같이 지명을 바탕으로 검색할 경우에는 우선 검색결과로 해당 지명에 대한 다중 GPS 좌표 (Polygon 형태의 다중 좌표값)을 얻은 후, 이를 재가공하여 Fig. 4(A) 또는 Fig. 4(C)와 같이 GPS 위치 또는 반경에 대한 검색을 다시 수행해야 한다.

4. 구현

제안하는 기법을 검증하기 위해 실험 시스템을 구현하였다. 먼저 센서노드에서 서비스 탐색 정보를 SNS로 포스팅하는 전송 프로그램을 제작하였으며, 이에 대한 SNS 포스팅 데이터의 정의(resource definition)와 실제 포스팅 문자열 예시는 Fig. 5와 같다.

```

Request
[
  "header" : "CoAP-WSN-RD",
  "body" : {
    "type" : "sensor",
    "sz" : 512,
    "title" : "Temperature",
    "ct" : 40,
    "uri" : "core://10.0.0.105/s/temp1"
  }
]
    
```

Fig. 5(A)

```

[CoAP-WSN-RD] type=sensor, sz=512,
title=Temperature, ct=40, uri=core://10.0.0.105/s/temp1
    
```

Fig. 5(B)

Fig. 5. SNS Posting Data used by Service Discovery
 (A) Resource Definition of SNS Posting Data (JSON)
 (B) SNS Posting Data Example (Twitter)

타 CoAP 기반 IoT 장치들이 SNS에 포스팅 된 정보를 바탕으로 간단한 변환과정만 거치고도 사용할 수 있도록, 데이터는 CoRE RD 규격의 /.well-known/core 응답(response) 항목들을 모두 포함한다[4]. 이는 Fig. 5(A)에 나타난다.

또한 Fig. 5(B)에서 보이는 CoRE RD의 필드 정의상에 없는 데이터 시작부 표시 문자열 “[CoAP-WSN-RD]”는 타 SNS 포스팅에서 중복되기 힘든 조합을 사용, 검색 시의 결과값 매칭 정확도와 편의성을 높이기 위해 임의로 설정하였다. 이후 type, sz, title, ct, uri 필드는 사람이 읽을 수 있는 형식을 사용하며, 각 구문은 콤마(,)로 구분된다.

서비스 탐색을 수행하는 사용자 클라이언트 시스템은 SNS에 접속하여 검색명령을 통해 원하는 서비스를 탐색하고, 결과값을 화면에 표시하도록 구성하였다. 사용자 클라이언트 시스템의 소프트웨어적 구성은 Fig. 6과 같다.

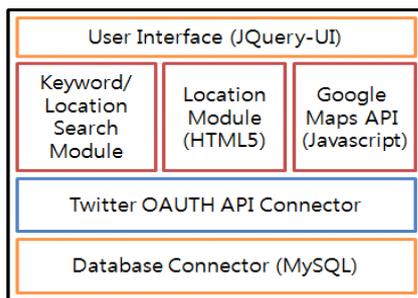


Fig. 6. Software Architecture of Client System

최상위의 사용자 인터페이스는 스마트폰의 웹브라우저에서 실행 가능한 웹 앱(Web App)으로 구성하였으며, 트위터 를 위한 키워드 및 위치 기반 검색 모듈, 위치정보 탐색 모듈, 지도 표시를 위한 자바스크립트 모듈이 하부에 위치하여 정보를 주고받는다.

트위터 API의 경우 검색관련 기능에 위치와 관련된 부분이 다수 존재하며[13], 키워드 및 위치 기반 검색 모듈은 이를 통해 지명 및 특정 GPS 좌표, 또는 해당 좌표로부터 변경 수 km 범위 내에서 서비스 탐색을 수행할 수 있도록 구성된

다. 이는 트위터 서비스에서 제공하는 OAUTH API를 바탕으로 하며, 이를 위한 공용 연결 라이브러리를 구성하였다.

모든 시스템 설정은 MySQL 데이터베이스에 저장되며, 이에 대한 입/출력 작업은 전용 라이브러리를 구성하여 처리하였다.

구성된 사용자 클라이언트 프로그램의 실제 인터페이스는 Fig. 7과 같다.

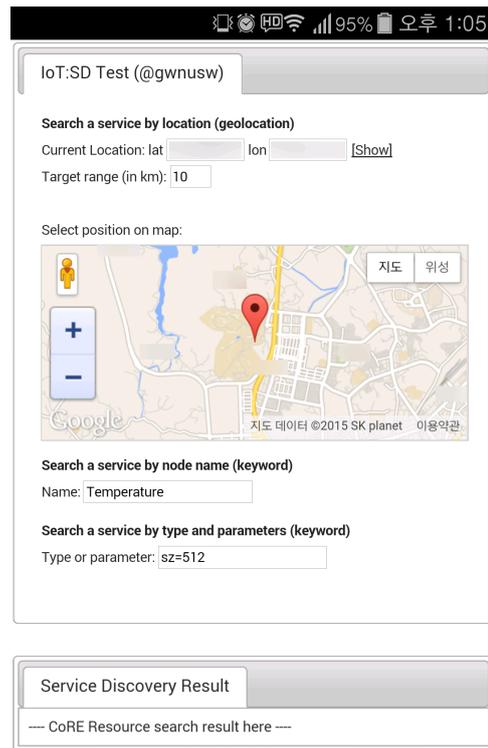


Fig. 7. SNS Posting Data Used by Service Discovery

위치 기반 검색을 시험하기 위해 화면 상단부에는 현재 사용자 클라이언트가 가진 GPS 정보를 나타내며, 혼동을 방지하기 위해 지도상에 현재 위치를 점으로 표시하였다.

키워드 기반 검색을 시험하기 위해 화면 중단부에는 SNS 포스팅의 title 필드에 해당하는 이름(“Name”) 검색창과 type, parameter 필드에 해당하는 검색창이 있으며, 키워드를 입력하고 검색 버튼 또는 엔터키를 누르면 검색요청을 SNS로 접속 및 검색요청을 전달토록 하였다.

이후 수신된 결과값은 화면 하단부의 서비스 탐색 결과(“Service Discovery Result”)란에 표시되도록 하였다. 여기에는 검색을 통해 나타난 IoT 장치의 제공 서비스 종류, 명칭, 접속 URI 정보가 포함된다.

5. 시험 및 평가

제안하는 기법을 검증하기 위해 테스트베드를 구현하였다. 실제 SNS와 센서노드, 게이트웨이를 바탕으로 실험을 수행하였으며, 사용된 하드웨어의 제원은 Table 1과 같다.

Table 1. Hardware Specifications of Testbed

항목	하드웨어 제원	수량
센서노드	AVR Atmega128L+ CC2420 802.15.4 전압, 온도, 조도 센서	3개
게이트웨이	Raspberry Pi 2 Model B v1.1 1GB RAM 주기억장치 16GB MicroSD 보조기억장치 100MBps 유선 이더넷 FTDI USB-RS232 시리얼 컨버터	1개
사용자 클라이언트	팬택 IM-A910K 스마트폰 (안드로이드 버전 4.4.2)	1개

실제 구현된 시스템을 바탕으로 트위터 SNS에서 검색에 걸리는 지연시간을 측정하였다. 기존 시스템(Current)은 구현된 시스템과 동일한 네트워크 및 하드웨어에서 IoT 장치들이 사전에 RD의 고유 주소를 미리 알고 있다는 가정하에 /.well-known/core 위치에 대한 접속 및 데이터 수신에 걸린 총 소요시간을 측정하였으며, 제안한 시스템(Proposed)은 트위터 서비스를 통해 서비스 탐색을 수행하고 결과값 데이터의 수신에 걸린 총 소요시간을 측정하였다.

측정된 결과값을 Fig. 8에 그래프로 나타내었다.

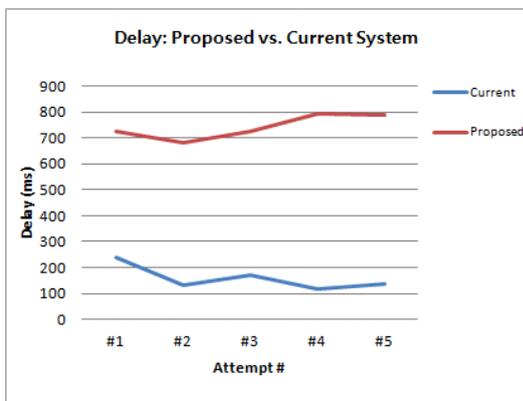


Fig. 8. Delay of Proposed vs. Current System

측정 결과, 동일한 데이터를 가져오는 과정에서 제안한 시스템의 경우 평균 580ms가 더 소요되는 것으로 나타났다. 이는 제안한 시스템의 경우 필요한 데이터를 트위터 서비스로부터 주고받아야 하며, 이 과정에서 1차적으로 근거리에 위치한 RD에 연결하는 것보다 시간이 걸리고, 트위터 서버 내의 검색요청 처리를 기다리는 과정에서도 추가적인 대기 시간이 발생하기 때문으로 판단된다.

다음으로 제안한 시스템의 위치 기반 서비스 탐색 효율이 기존 시스템보다 향상되었는지를 살펴보기 위해, 일련의 시나리오를 설정하고 시험하였다. 시나리오는 직선으로 약 98km 떨어진 원거리에서 SNS에 대한 서비스 탐색 요청을 실행하고 결과값을 수신하는 방식으로 이루어졌다. 실제 실험을 수행한 위치와 거리를 Fig. 10에 나타내었다.

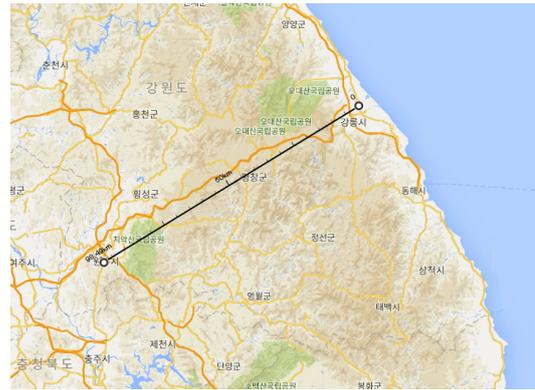


Fig. 9. Location Map of Testbed

실험 결과, 추가적인 지연시간 없이도 원거리에서의 서비스 탐색이 잘 동작함을 알 수 있었다. 이에 반해, 기존 시스템의 경우는 Broadcast 방법을 통해 원격지의 RD 접속정보를 가져와야 하므로 사실상 이러한 동작이 불가능하였다.

마지막으로 일련의 대상 항목들을 선정하여, 제안한 시스템과 기존 CoRE RD 기반 시스템에 대한 정성적 평가를 수행하였다. 결과는 Table 2와 같다.

기존의 서비스 탐색 방식을 이용하려면 연결 전 각 단말들이 반드시 RD의 주소를 알고 있어야 하며, 이를 모를 경우 Broadcast 등의 방법을 통해 RD의 주소를 찾아내야만 한다. 하지만 SWoT 서비스 탐색 기법을 사용하면 DNS에 등록된 SNS 서버 접속 주소를 그대로 활용할 수 있으므로 이러한 절차가 필요치 않다.

키워드 기반 탐색 및 위치 기반 탐색 기능은 기존 기법으로는 지원하기 힘들다, 제안한 기법에서는 SNS에서 제공하는 API를 바탕으로 구현하는 것이 가능하다.

기존의 서비스 탐색 방식의 경우 검색작업을 수행할 때마다 이미 구해둔 RD의 주소로 접속 및 데이터 수신을 반복하여 추가적인 지연이 발생하지 않으나, 제안한 기법에서는 원거리에 위치한 SNS 서버에 접속하여 데이터를 수신하여야 하므로 추가적인 지연이 발생할 수 있으며, 이는 단점으로 지적된다. 하지만 이 부분은 단말들이 사전에 RD의 고유 주소를 모를 경우로 가정한다면 결과에서 차이가 없거나 제안한 시스템이 더 빠를 것으로 예상되는 바이다.

Table 2. Qualitative Assessment of Previous CoAP-based Service Discovery and Proposed Approach

항목	기존 CoAP 서비스 탐색	SWoT 서비스 탐색
연결 전 RD 검색절차 필요	O	X
키워드 기반 탐색 지원	X	O
위치(Geolocation) 기반 탐색 지원	X	O
SD과정에서 추가적인 통신 연결 지연 발생	X	O

6. 결 론

본 연구에서는 SWoT 서비스 탐색 기법을 제안하였다. 이는 기존의 복잡하고 자원소모가 심했던 서비스 탐색 절차를 SNS를 통해 간단히 처리할 수 있으므로 경제적이며, 과부하 및 공격에 대한 방어능력과 확장성 면에서도 효율적인 모습을 보인다.

제안한 시스템은 일부 시나리오에서의 서비스 탐색 소요 시간이 기존 시스템보다 더 걸리는 것으로 나타났으나, 원거리에서의 서비스 탐색 시에는 많은 이점을 보였다. 특히 GPS 위치를 기반으로 한 위치검색과 조합 가능한 키워드검색 등 SNS에서 제공하는 부가기능을 통해 기존 방법 대비 더 나은 처리능력을 보였다.

또한 제안 방법은 게이트웨이 등의 기존 CoAP RD 역할을 수행하던 장치가 SNS에 데이터를 포스팅 하고 검색한 후 그 결과값만 각 IoT 장치들이 수신받는 방식으로 동작하므로 서비스 탐색 기능과 동작 범위 대비 에너지 효율적일 것으로 기대되며 이에 대한 성능 평가를 추후 진행할 예정이다.

본 연구를 바탕으로 추후 IoT 분야에서의 서비스 탐색 능력 개선과 함께 SWoT 기반 서비스의 확산이 기대되는 바이다. 또한 SWoT 제안 기술에 특화된 SNS의 등장 및 IoT 환경에 맞는 적절한 서비스 제공을 바탕으로 해당 분야의 발전이 기대된다.

References

[1] Sean Dieter Tebje Kelly, et al., "Towards the implementation of IoT for environmental condition monitoring in homes," *Sensors Journal, IEEE*, Vol.13, Issue.10, pp.3846-3853, 2013.

[2] Mihai T. Lazarescu, "Design of a WSN platform for long-term environmental monitoring for IoT applications," *Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems, IEEE Journal on*, Vol.3, Issue.1 pp.45-54, 2013.

[3] Luca Mainetti, et al., "Evolution of wireless sensor networks towards the internet of things: A survey," *Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), 2011 19th International Conference on. IEEE*, 2011.

[4] The Constrained Application Protocol (CoAP), Internet Engineering Task Force(IETF) RFC 7252 [Internet], <https://tools.ietf.org/html/rfc7252>.

[5] Simone, et al., "A Scalable and Self-Configuring Architecture for Service Discovery in the Internet of Things," *IEEE Internet of Things Journal*, Vol.1, No.5, Oct., 2014.

[6] Jara, A. J., et al., "Mobile Digcovery: A Global Service Discovery for the Internet of Things," *Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA), 2013 27th International Conference on*.

[7] CoRE Resource Directory, Internet Engineering Task Force (IETF) draft-shelby-core-resource-directory-00 [Internet], <https://tools.ietf.org/html/draft-shelby-core-resource-direct-ory-00>.

[8] Federica Paganelli and David Parlanti, "A DHT-Based Discovery Service for the Internet of Things," *Journal of Computer Networks and Communications, 2012*, Article ID 107041, 2012.

[9] Constrained RESTful Environments(CoRE) Link Format, Internet Engineering Task Force(IETF) RFC 6690 [Internet], <https://tools.ietf.org/html/rfc6690>.

[10] Chung, et al., "Social Web of Things: A Survey," *International Conference of Parallel and Distributed Systems*, 2013.

[11] Tein-Yaw, et al., "MUL-SWoT: A Social Web of Things Platform for Internet of Things Application Development," *Internet of Things(iThings), 2014 IEEE International Conference on, and Green Computing and Communications (GreenCom), IEEE and Cyber, Physical and Social Computing(CPSCoM), IEEE*.

[12] Atif, Y. and Mathew, S., "A Social Web of Things Approach to a Smart Campus Model," *Green Computing and Communications (GreenCom), 2013 IEEE and Internet of Things (iThings/CPSCoM), IEEE International Conference on and IEEE Cyber, Physical and Social Computing*, pp.349-354, 20-23 Aug., 2013.

[13] Twitter API Documentation, Twitter inc. [Internet], <https://dev.twitter.com/overview/documentation>.



유 명 한

e-mail : mhyoo@gwnu.ac.kr

2009년 강릉원주대학교 컴퓨터공학과 (학사)

2011년 강원대학교 전자공학과(석사)

현 재 강릉원주대학교 컴퓨터공학과 박사수료

관심분야 : IoT, USN, Wireless Networking



김 상 경

e-mail : skkim98@gwnu.ac.kr

1985년 고려대학교 전자공학과(학사)

1987년 고려대학교 전자공학과(석사)

2002년 고려대학교 전자공학과(박사)

1987년~1989년 삼성전자 주임연구원

1989년~2004년 KT 선임연구원(부장)

2004년~현 재 강릉원주대학교 컴퓨터공학과 교수

관심분야 : Wireless Network Protocol, D2D Communications, IoT, Advanced Network Architecture