

# Extending Sensor Registry System Using Network Coverage Information

Hyunjun Jung<sup>†</sup> · Dongwon Jeong<sup>††</sup> · Sukhoon Lee<sup>†</sup> · Doo-Kwon Baik<sup>†††</sup>

## ABSTRACT

The Sensor Registry System(SRS) provides sensor metadata to a user for instant use and seamless interpretation of sensor data in a heterogeneous sensor network environment. The existing sensor registry system cannot provide sensor metadata in case that the network connection is not available or is unstable. To resolve the problem, this paper proposes an extension of sensor registry system using network coverage information. The extended system sends a set of sensor metadata to the user by using network coverage open data (mobile vendors, signal strength, communication type). The extended SRS proposed in this paper supports a safer sensor metadata provision than the existing SRS, and it thus improves the quality of application services.

**Keywords :** Sensor Network, Sensor Registry System, Network Coverage

# 네트워크 커버리지를 이용한 센서 레지스트리 시스템 확장

정 현 준<sup>†</sup> · 정 동 원<sup>††</sup> · 이 석 훈<sup>†</sup> · 백 두 권<sup>†††</sup>

## 요 약

센서 레지스트리 시스템(Sensor Registry System, SRS)은 이기종 센서 네트워크 환경에서 센서 데이터의 즉각적 활용 및 끊임 없는 해석을 위해 사용자에게 센서 메타데이터를 제공한다. 하지만 기존 SRS는 네트워크 연결이 지원되지 않거나 신호가 불안정한 경우에 센서 메타데이터를 안정적으로 제공할 수 없다. 이 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해, 네트워크 커버리지 정보를 이용한 센서 레지스트리 시스템 확장 방법을 제안한다. 제안 방법은 예측한 경로와 네트워크 커버리지에 대한 오픈 데이터(통신사, 신호 강도, 통신 타입)를 이용하여 사용자가 불안정한 네트워크 지역에 도착하기 전에 해당 지역의 센서 메타데이터를 추가로 송신한다. 이 논문에서 제안한 확장된 SRS는 사용자에게 보다 안정적으로 센서 메타데이터를 제공함으로써 응용서비스의 품질을 향상시킨다.

**키워드 :** 센서 네트워크, 센서 레지스트리, 네트워크 커버리지

## 1. 서 론

최근 사물인터넷(Internet of Things, IoT)을 이용한 응용 시스템 및 서비스 개발을 위한 다양한 센서 기술, 임베디드 디바이스 및 센서 데이터 처리 기술이 활발하게 연구되어 왔으며 다양한 분야에 널리 적용되고 있다[1]. 클라우드 컴퓨팅이란 대규모로 확장된 IT 관련 기능을 외부 고객에게 인터넷 기술을 사용하여 서비스 형태로 제공하는 컴퓨팅 스타일이다[2]. 클라우드 서비스를 제공하기 위하여 센싱 한 데이터를 처리하기 위하여 아키텍처 디자인[3], 센서 모델링 언어[4], 센서 서비스[5], 클라우드 환경의 IoT 애플리케이션 [6] 등의 연구가 진행되었다.

IoT 환경에 설치된 임베디드 디바이스의 측정 정보를 이용하여 지능적인 서비스를 제공할 수 있다. 예를 들어, 자동

차 운전자는 자신의 아파트 주차장의 여분 자리 정보를 사전에 알고 주차에 소모되는 시간을 줄일 수 있다. 이러한 지능적인 서비스는 물리적인 환경 정보를 이용하여 실현할 수 있다. 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network, WSN)는 IoT 환경을 위해 필요한 물리적 기반으로서, 여러 센서(온도, 조도, 습도, 소리, 압력, 진동 등)를 이용하여 주변 환경을 감지한다. 측정된 센서 데이터를 실시간으로 조합하여 사용하면 지능적인 서비스 제공이 가능하다. 하지만 WSN에 따라 같은 데이터라도 저장하고 배포하는 방식이 다르므로 각 시스템 사이에 상호운용성 문제를 가지고 있다.

센서 레지스트리 시스템(Sensor Registry System, SRS)은 IoT 환경에서 상호운용성 문제를 해결하기 위해 제안되었으며, 이동 기기에서 즉각적으로 센서 데이터를 수신하여 의미 해석 및 처리를 할 수 있는 프레임워크이다[7]. SRS는 이기종 센서 네트워크 환경에서 센서 데이터 및 관련된 다양한 정보의 끊임 없는 의미 처리를 위해 제안되었다. 그러나 SRS는 불필요한 센서 데이터 수신 및 처리, 센서 데이터의 끊임 없는 처리 보장, 이동 단말 및 서버의 최적화 문제를 지니고 있어, SRS의 확장 방향에 대하여 연구되었다[8].

경로 예측 기반 SRS 확장 연구[9]는 사용자의 경로를 예

※ 이 논문은 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2014R1A1A2058902).

† 준 회 원 : 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 박사과정

†† 종신회원 : 군산대학교 통계컴퓨터학과 교수

††† 종신회원 : 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 교수

Manuscript Received : August 4, 2015

Accepted : August 24, 2015

\* Co-corresponding author : Dongwon Jeong and Doo-Kwon Baik  
(djeong@kunsan.ac.kr / baikdk@korea.ac.kr)

측하여 미리 센서 메타데이터를 받아오지만, 연속된 경로의 네트워크 상황이 안 좋을 경우 여전히 센서 데이터를 이용할 수 없다는 문제점을 지닌다.

이 논문은 경로 예측 기반의 SRS의 문제점을 해결하기 위하여 문제점을 분석하고 네트워크 커버리지의 오픈 데이터를 기반을 둔 SRS시스템의 확장 방법을 제안한다.

## 2. 관련 연구

기존의 SRS는 불안정한 네트워크 상황에서 센서 데이터를 안정적으로 제공하지 못한다. 이를 해결하기 위하여 경로 예측에 기반을 둔 확장된 SRS가 개발되었다[9]. 경로 예측 기반 SRS는 사용자의 이동 경로를 예측하고 예측한 경로에 있는 센서 데이터를 모바일 디바이스에 미리 적재(Preloading)함으로써 불안정한 네트워크 상황에서 안정적인 의미 해석 및 처리하는 방법을 제안한다. 경로 예측에 기반을 둔 SRS에서 경로 예측에 시간 요소를 고려하여 예측의 성능을 높이는 연구가 진행되었다[10]. 이 연구에서는 시간 대별로 경로의 이동에 대한 가중치를 달리 적용하여 경로 예측의 성능을 상승시켰다.

하지만 불안정한 네트워크 상황에서 경로 예측 기반 SRS는 여전히 한계점을 지닌다. 서버는 사용자의 모바일 디바이스의 이동 경로를 예측하여 서비스에서 이용할 센서의 관련 정보를 사전에 미리 적재하지만 예측한 이동 경로가 네트워크 커버리지에 포함되지 않는다면 이동 단말기는 센서 메타데이터를 수신할 수 없다. 네트워크 커버리지에 포함되지 않는 지역으로 이동하여 이동 단말기와 센서 레지스트리 관리 시스템과의 연결이 끊기게 되면 수신한 센서 데이터를 처리하기 위해 요구되는 센서 메타데이터를 받지 못하게 된다. 즉, 이동 단말기가 수신한 센서 데이터를 활용하지 못하게 되며 관련된 응용 서비스의 질적 저하를 초래한다.

이 논문은 기존의 경로 예측에 기반을 둔 SRS가 지니는 문제점을 해결하기 위하여 네트워크 커버리지의 오픈 정보를 활용한 확장된 SRS를 제안한다.

## 3. 네트워크 커버리지를 이용한 SRS 확장

이 절은 기존의 경로 예측 기반 SRS에서 발생하는 문제점을 해결하기 위하여 네트워크 커버리지에 대한 오픈 데이터를 활용한 확장된 SRS를 제안한다.

이동 단말기를 이용하여 특정 구역 혹은 외진 지역을 지나갈 경우 네트워크 서비스를 이용하지 못하는 경우가 있다. 이 지역은 네트워크 커버리지를 벗어난 경우로서 통신 업체들이 책임지지 못하는 무선네트워크 미지원 지역이다. 최근 네트워크 지원 지역과 미지원 지역에 대한 네트워크 커버리지의 오픈 정보를 손쉽게 얻을 수 있다. 사용자의 경로를 예측할 때 네트워크 커버리지 정보를 이용하여 네트워크 미지원 구간의 센서 메타데이터를 받아온다면 불안정한 네트워크 상황을 대비할 수 있다.

Fig. 1은 OpenSignal[10]에서 제공하는 네트워크 커버리지 정보를 이용하여 지도상에 해당 지역의 신호 강도를 알

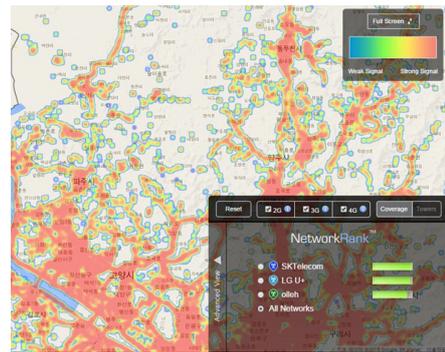


Fig. 1. Example Service of Network Coverage Data

려주는 애플리케이션이다. 이 애플리케이션은 GPS 정보(위도, 경도)를 기준으로 일정 범위의 해당 지역 내의 통신사들의 신호강도 데이터를 이용하여 지도에 보여준다. 네트워크 커버리지 정보는 해당 지역에서 제공하는 통신사 정보, 통신 대역폭, 신호 강도, 업로드/다운로드 속도 등이다. 이 논문은 경로 예측에 기반을 둔 SRS의 불안정한 네트워크 상황에서의 문제점을 해결하기 위하여 네트워크 커버리지 데이터를 이용하는 방법을 제안한다.

경로 예측에 기반을 둔 SRS는 사용자의 이동 경로를 예측하여 센서 메타데이터를 미리 받아온다. 네트워크 커버리지 데이터를 이용하여 사용자가 이동할 경로의 네트워크 상태가 약하거나 사용할 수 없다면 약한 구역의 센서 메타데이터를 미리 전송하여 안정적인 센서 메타데이터를 제공할 수 있다.

Fig. 2는 경로 예측 기반 시스템의 센서 메타데이터 수신 예제이다. 경로 예측 기반 시스템에서는 사용자가 이동할 경로를 미리 예측하여 해당 경로의 센서 메타데이터를 미리 적재한다. 예측이 성공할 경우 다음 경로의 통신 상태와 무관하게 주변 센서로부터 센서 데이터를 수신하여 해석할 수 있다. 즉, 처음 경로에서 SRS로부터 다음 경로의 센서 메타데이터(S4~S6) 수신하여 다음 경로에서 SRS로부터 해당 지역의 메타데이터를 수신하지 못하더라도 미리 수신해놓은 메타데이터를 이용하여 주변 센서로부터 수신한 센서 데이터를 해석할 수 있다. 경로 예측 기반 SRS는 다음 경로의 통신 상태와 무관하게 센서 데이터 해석을 가능하게 한다. 하지만 연속한 경로에서 커버리지 상태가 안 좋을 경우 센서 데이터를 해석할 수 없는 서비스 불능 지역(Disable Service Area)이 발생한다. 서비스 불능 지역에 포함된 센서(S7~S11)에서 수신한 센서 데이터는 해석되지 못하고 손실된다. 제안 방법은 이 문제를 해결하기 위하여 네트워크 커버리지 정보를 이용하여 연속한 서비스 불능 지역의 센서 메타데이터를 전송한다.

앞서 언급한 경로 예측 기반 SRS의 문제점을 해결하기 위해 이 논문에서 제안하는 접근 방법의 개념은 Fig. 3과 같다.

네트워크 커버리지 기반 SRS의 핵심 개념은 사용자가 이용할 센서를 미리 제공할 때 네트워크 커버리지 정보를 이용하여 사용자가 이용할 센서들을 사전에 식별하여 필요한 센서 메타데이터를 미리 사용자에게 제공한다는 것이다. 기존의 경로 예측 기반 방법은 사용자의 경로를 예측하여 다음 경로에 해당하는 정보를 미리 받아왔지만, 제안 방법은 다음 경로에 해당하는 지역의 네트워크 커버리지 정보를 비

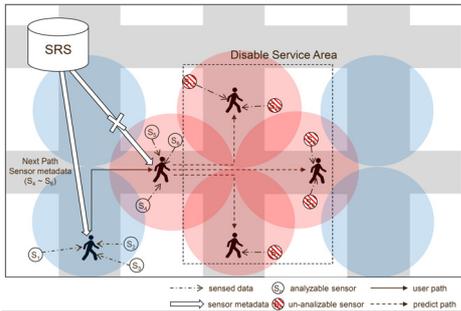


Fig. 2. Example of Sensor Metadata Receive Using Path Predict

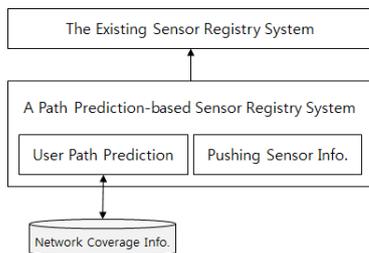


Fig. 3. Concept Diagram for Extending the Existing System

교하여 상황에 따라 더 풍부한 센서 메타데이터를 보낸다.

Fig. 4는 기존의 경로 예측 기반 시스템에 제안한 방법이 적용된 전체적인 센서 메타데이터 제공 절차를 보여준다. 전체적인 사용자에게 센서 데이터를 제공하는 절차는 사용자 위치 정보 획득, 현재 사용자가 위치한 경로 식별, 경로 예측 알고리즘 적용, 적용한 알고리즘 기반 사용자의 경로 예측 결정, 예측 경로의 네트워크 커버리지 정보 검사, 불확실한 네트워크 커버리지 지역의 센서 메타데이터 추가, 센서와 센서 메타데이터 송신으로 구성된다.

기존의 절차에서 추가된 절차는 예측 경로의 네트워크 커버리지 정보 검사와 불확실한 네트워크 커버리지 지역의 센서 메타데이터 추가이다. 예측 경로의 네트워크 커버리지 정보 검사 프로세스에서는 경로 예측 알고리즘을 적용하여 예상되는 경로의 결과를 이용하여 이동할 지역의 네트워크 커버리지 정보를 검사한다. 제안 방법에서 이용하는 네트워크 커버리지 정보는 (1) 통신사 정보(SKTelecom, Olleh, LGT) (2) 신호 강도(RSSI, RSRP) (3) 각 정보를 네트워크 타입에 따라 제공(2G, 3G, 4G)이다. 사용자의 이동 단말기의 기본적인 정보와 네트워크 커버리지 정보를 이용하면 이동할 경로의 통신상황에 대해서 미리 대비할 수 있다. 예를 들어, 이동 단말기의 정보의 네트워크 타입은 3G이고 예측 이동 경로의 3G 네트워크 신호 강도가 불안정한 신호(예, -80dBm 이하)에 해당하는 지역의 센서 메타데이터를 미리 전송한다. 이동 단말기는 신호 강도가 약하거나 불안정하여 센서 메타데이터 수신에 어려운 환경에도 미리 센서 메타데이터를 로딩 하여 끊임 없는 센서 데이터 분석이 가능하다.

제안 방법은 도로의 교차점을 기준으로 경로를 단편화하여 경로 단편(Path Segment)을 이용한다. Fig. 5는 경로 단편 구조에서 경로 예측을 이용할 때 네트워크 커버리지의 이용 예를 보여준다.  $p_i$ 는 사용자의 순차적인 위치를 의미한다.

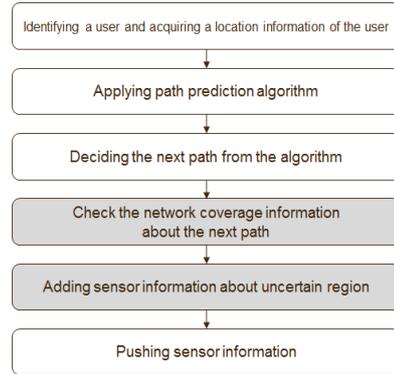


Fig. 4. Overall Procedure for Providing Sensor Information

다. 회색 음영은 실제 사용자가 걸어들 수 있는 도로이며,  $f_i$ 는 경로 단편을 나타낸다.  $nc_i$ 는 경로 단편에 해당하는 네트워크 커버리지를 나타낸다. 파란색 음영은 네트워크 상태가 양호한 상태, 빨간색 음영은 네트워크 상태가 불안정한 상태를 나타낸다. 사용자가  $p_1, p_2, p_3$ 와 같이  $f_0, f_2$ 를 순차적으로 이동하였고, 추후  $\{p_4 \rightarrow p_5, p_4 \rightarrow p_6, p_4 \rightarrow p_7\}$  중 한 장소로 이동할 것이다. 기존의 경로 예측 기반 SRS에서는 사용자가  $p_4$ 로 이동한 후  $\{p_5, p_6, p_7\}$  중 한 장소로 이동할지 예측하여 해당 경로의 센서 메타데이터를 보낸다. 하지만  $p_4$ 에서 네트워크 상태가 불안정하다면 서버로부터 센서 메타데이터를 수신하지 못하고 단말기는 수신한 센서 데이터를 해석하지 못하는 문제가 발생한다.

제안 방법은 서버에서 경로 단편의 네트워크 커버리지 상태를 미리 확인하여 사용자가 불안정한 경로 단편으로 이동이 예상된다면  $\{nc_3, nc_4, nc_5\}$ 에 해당하는 센서 메타데이터를 사용자가  $p_3$ 의 위치일 때 송신한다. 사용자는  $p_4$ 의 위치에서 이동하는 위치의 네트워크 상황에 무관하게 주변에서 수신하는 센서 데이터를 이용할 수 있다. 그 이후 사용자가 정상적인 네트워크 지역으로 이동하면 기존의 경로 예측 기반 SRS를 이용할 수 있다.

Fig. 6은 제안하는 커버리지 정보 기반 센서 메타데이터 수신 예제이다. 서비스 수신 불능 지역에서 발생하는 문제를 해결하기 위하여 경로 예측 기반 SRS를 확장한다. 커버리지 상태는 통신사, 네트워크 종류(3G, LTE)에 따라 달라진다. OpenSignal에서 제공하는 기능을 이용하여 원하는 지역에서 모바일 디바이스의 신호 강도를 얻을 수 있다. 이 논문은 경로 단편에 각 통신사의 네트워크 종류에 따른 신호 강도를 저장하고 이 정보를 이용하여 서비스 수신 불능 지역을 판단한다. SRS는 경로 예측을 하여 다음 경로를 예측했을 때, 다음 경로의 신호 강도가 약할 경우 연결된 경로를 확인하여 서비스 불능 지역의 모든 센서 메타데이터를 ( $S_4 \sim S_{11}$ ) 포함하여 송신한다. 사용자는 서비스 수신 불능 지역에서도 주변의 센서로부터 수신한 센서 데이터를 해석할 수 있다. 즉, 로우 데이터의 손실률을 줄일 수 있다.

Fig. 7은 앞서 서술한 서비스 불능 지역 측정 알고리즘의 주요 부분을 의사코드로 보여준다. 알고리즘을 이용하여 서비스 불능 지역에 대한 경로 단편 집합을 측정할 수 있다. 이 집합을 탐색 알고리즘(예, DFS(Depth First Search) 혹은

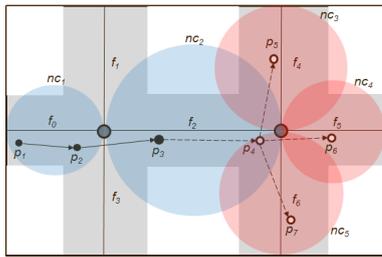


Fig. 5. Graphical Representation of Using Path Predict

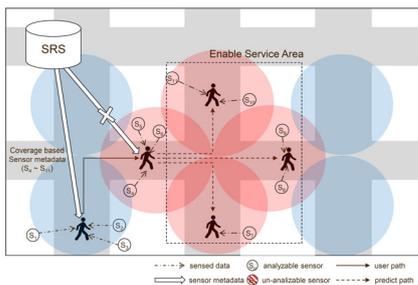


Fig. 6. Example of Sensor Metadata Receive Using Coverage Information

```

measuring_disable_coverage(networktype, vendor, standard_strength)
1: Segment [] ← get_all_segment()
2: for each Segment's do
3: cp ← get_center_point (s)
4: sd ← get_distance (s) / 2
5: ss ← get_signal_strength (cp, sd, networktype, vendor)
6: if ss < standard_strength then
7: DC[] ← s //when signal strength smaller then standard_strength
8: endif
9: endfor
10: return DC[]
    
```

Fig. 7. Service Disabled Area Measuring Algorithm

BFS(Breath First Search))을 이용하여 연결된 경로 단편을 그룹화한다. SRS는 사용자의 다음 경로가 서비스 불능 그룹에 속한다면 모든 경로 단편의 메타데이터를 송신한다.

### 4. 구현

제안한 네트워크 커버리지를 이용한 방법을 구현하기 위하여 서버와 모바일 디바이스에서 실행되는 몇 가지 애플리케이션을 구현하였다. 서버 측 애플리케이션은 단편 경로 관리, 사용자 위치 관리, 경로 예측, 경로 예측 결과 전송, 커버리지 정보관리를 개발하였다. 모바일 측 애플리케이션은 사용자 위치 추적 및 경로 예측 디스플레이를 개발하였다. Table 1은 개발환경을 보인다.

Fig. 8은 네트워크 커버리지 알고리즘을 위한 데이터 모델을 보인다. 테이블 User는 사용자를 식별하기 위하여 사용한다. 테이블 UserPoint는 사용자의 위치를 저장하고 추적하기 위하여 사용한다. 테이블 CrossroadPoint와 PathSegment는 도로를 표현하기 위하여 사용한다. 테이블 PathSegment Coverage는 네트워크 커버리지 정보를 저장하기 위하여 사

Table 1. Development Environment

Feature	Detail
OS	Windows 7 Professional K (x64)
Processor	Intel(R) Core(TM) i5-3570 3.80 GHz
RAM	12 GB
Development Language	Java
Mobile OS	Android OS
Android Emulator Version	4.1.2
Web Server	Apache Tomcat 8.0.8
Database	MySQL 5.5

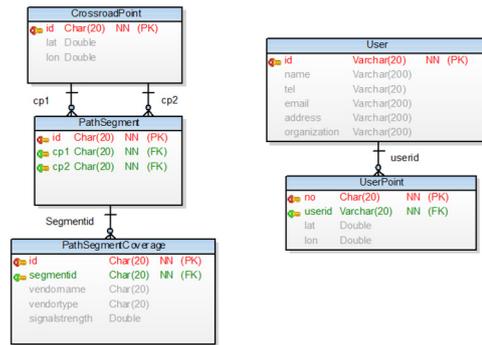


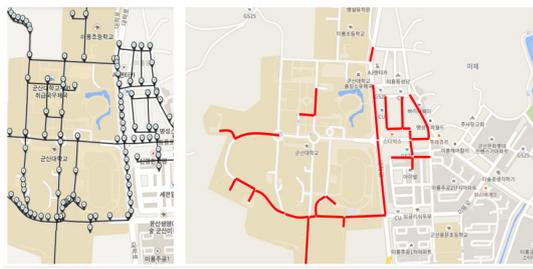
Fig. 8. Data Model for Network Coverage Based Path Prediction

id*	cp1	lat	lon	cp2	lat1	lon1	flagname	vendor	vendor_3TE	vendor_3TE	vendor_3TE	vendor_3TE	vendor_3TE	vendor_3TE
F1	p106	35.9441001	126.678912	p124	35.943618	126.6786024	경교 단편	97Telcom	-84.07228	deh	-75.55836	83.36246	LOT	-84.68742
F2	p202	35.9486651	126.682009	p208	35.948234	126.6820339	7기6사사건물	97Telcom	-83.37326	deh	-74.76635	85.21263	LOT	-82.85774
F3	p47	35.9473697	126.683751	p48	35.9473499	126.6831123	동구경찰청	97Telcom	-83.48851	deh	-74.70586	84.20352	LOT	-83.04943
F4	p209	35.948885	126.683579	p208	35.948233	126.683074	대학동	97Telcom	-83.38217	deh	-73.78631	83.53629	LOT	-83.88481
F5	p7	35.94646	126.684741	p7	35.942633	126.684712	대학동1	97Telcom	-83.38317	deh	-83.78631	83.53629	LOT	-83.84941
F6	p08	35.948203	126.683574	p204	35.947408	126.683382	대학동2	97Telcom	-83.53824	deh	-74.37847	84.65953	LOT	-82.80528
F7	p04	35.947408	126.683382	p7	35.94646	126.684712	대학동3	97Telcom	-83.474	deh	-74.17299	83.46324	LOT	-82.98308
F8	p04	35.947408	126.683382	p209	35.948233	126.683086	대학동4	97Telcom	-83.53322	deh	-74.37847	84.65953	LOT	-82.79374
F9	p22	35.94764	126.683596	p22	35.947055	126.68329	대학동5	97Telcom	-83.53322	deh	-74.50542	84.11287	LOT	-83.7796
F10	p27	35.947562	126.683729	p28	35.947057	126.68311	대학동6	97Telcom	-83.53322	deh	-74.50542	84.11287	LOT	-82.7796
F11	p25	35.947145	126.683759	p26	35.943097	126.6794823	대학동7	97Telcom	-84.38458	deh	-75.06838	83.82052	LOT	-84.40296
F12	p28	35.947057	126.68351	p26	35.94711	126.68362	대학동8	97Telcom	-83.49028	deh	-74.40079	84.11287	LOT	-82.7796
F13	p29	35.948986	126.68398	p20	35.94898	126.68397	대학동9	97Telcom	-83.11461	deh	-75.94628	83.57787	LOT	-83.3
F14	p29	35.94898	126.68397	p21	35.94893	126.68399	대학동10	97Telcom	-83.11461	deh	-72.36	83.17487	LOT	-83.3
F15	p11	35.948749	126.68324	p25	35.947055	126.683209	대학동11	97Telcom	-83.58746	deh	-74.65145	84.57476	LOT	-82.74018
F16	p27	35.94762	126.68372	p29	35.94896	126.683089	대학동12	97Telcom	-83.474	deh	-74.13171	83.52481	LOT	-82.98811
F17	p28	35.947057	126.68351	p28	35.94898	126.68329	대학동13	97Telcom	-83.46273	deh	-74.31371	83.52481	LOT	-82.98811
F18	p10	35.94676	126.68355	p25	35.947404	126.68306	대학동14	97Telcom	-83.58746	deh	-74.65145	84.57476	LOT	-82.74018
F19	p12	35.948749	126.68324	p24	35.947524	126.68315	대학동15	97Telcom	-83.58823	deh	-74.59176	84.57476	LOT	-82.74018
F20	p14	35.947524	126.68315	p26	35.94711	126.68362	대학동16	97Telcom	-83.50853	deh	-74.40079	84.09133	LOT	-82.70707
F21	p16	35.94711	126.68362	p20	35.94892	126.679797	대학동17	97Telcom	-83.94461	deh	-74.52282	83.46252	LOT	-82.70711
F22	p17	35.945406	126.67842	p18	35.944301	126.678612	교동1	97Telcom	-84.58139	deh	-75.1	83.78732	LOT	-84.42727
F23	p5	35.948029	126.682451	p5	35.948793	126.682239	관방동	97Telcom	-83.13759	deh	-74.09935	83.44481	LOT	-83.94029
F24	p1	35.946763	126.682239	p1	35.94646	126.68147	관방동2	97Telcom	-83.14641	deh	-74.02917	83.43209	LOT	-83.94613
F25	p3	35.948369	126.682546	p6	35.947053	126.682345	관방동3	97Telcom	-83.44466	deh	-75.43849	84.23495	LOT	-83.70227
F26	p6	35.947053	126.682345	p47	35.9473697	126.6823731	관방동4	97Telcom	-83.44466	deh	-75.43849	84.23495	LOT	-83.70227
F27	p47	35.9473697	126.6823731	p48	35.948369	126.682339	관방동5	97Telcom	-83.46252	deh	-75.23234	83.55613	LOT	-83.6218
F28	p48	35.948369	126.682339	p5	35.946575	126.682451	관방동6	97Telcom	85.01188	deh	-84.94514	83.57462	LOT	-83.74513
F29	p43	35.948369	126.682339	p43	35.948369	126.682339	서안동	97Telcom	-83.36274	deh	-85.82877	84.07493	LOT	-83.26296
F30	p14	35.946763	126.682239	p13	35.948633	126.682234	서안동2	97Telcom	-83.26274	deh	-85.47421	83.45236	LOT	-83.26296

Fig. 9. Snapshot of Implementation Using Network Coverage Information

용한다. 이 테이블에서는 PathSegment 테이블과 대응하여 모바일 디바이스의 통신사와 통신타입, 신호강도를 저장한다. Fig. 9는 경로단편과 네트워크 커버리지 대응 데이터를 보여 준다. 경로의 위치는 군산 대학교와 군산 대학교 근처로 저장하였다. 커버리지 정보는 Opensignal 정보를 이용하였다. 통신사 타입 LTE는 SKTelcom, Olleh, LGT로 구성되어있고, 통신사 타입 3G는 Olleh로 구성되어있다.

Fig. 10은 제안 방법의 구현 결과를 캡처한 화면이다. Fig 10(A)는 모바일 디바이스에서 경로 단편과 교차 지점을 보인다. 서버는 사용자의 모바일 디바이스의 위치정보를 수신하여 가까운 경로 단편을 식별한다. Fig 10(B)는 서버에서 커버리지 정보를 이용하여 서비스 불능 지역을 보인다. 서버는 모바일 디바이스 정보(통신사, 통신 타입)를 수신하여 서비스 불능 지역을 식별한다. 그리고 BFS 검색 알고리즘을 이용하여 연속된 서비스 불능 지역을 그룹화한다.



(A) Crossroad Points and Path Segments  
 (B) Example of Service Disabled Path Segment  
 Fig. 10. Snapshot of Implementation

Table 2. Evaluation Result

	Path predict based SRS	Proposed method
Network dependability	High	Low
Sensor data availability	Low	High
Communication overhead	Low	High

### 5. 평 가

이 절에서는 제안 방법과 기존의 경로 예측에 기반을 둔 SRS를 정성 평가하고 실제 구현한 시스템의 손실률을 평가한다.

Table 2는 정성적 비교평가의 결과를 보인다. 네트워크 영향 측면에서, 기존 경로 예측 SRS는 이동 경로의 네트워크의 상태에 따라 사용자에게 전송할 때 영향을 받는다. 반면, 제안 방법은 다음 경로의 네트워크 커버리지 정보를 이용하여 메타데이터를 미리 수신한다. 이동 단말기는 네트워크의 상태에 영향을 받지 않고 SRS의 메타데이터를 이용할 수 있다.

센서 데이터 가용성 측면에서, 기존 경로 예측 SRS는 이동 경로의 네트워크 상태에 따라서 센서 메타데이터를 수신하지 못한다면 수신한 센서 데이터를 이용할 수 없다. 반면 제안 방법은 네트워크 상태와 관계없이 센서 메타데이터를 가지고 있으므로 수신한 센서 데이터에 대한 가용성이 높다.

전송 오버헤드 측면에서, 기존 경로 예측 SRS는 사용자의 다음 경로를 예측하여 해당 경로의 센서 메타데이터를 전송한다. 제안 방법은 사용자의 이동 경로의 센서 메타데이터뿐만 아니라, 예측된 경로의 네트워크 커버리지 상태를 파악하여 불안정한 경로일 경우 추가적인 센서 메타데이터를 추가로 보낼 경우 전송 오버헤드가 증가한다.

이 논문에서는 구현한 네트워크 커버리지 알고리즘을 기반으로 센서 데이터의 손실률을 평가하였다. 평가 환경은 군산대학교 캠퍼스 및 군산 대학교 근처의 74개의 경로단편으로 저장하였다. 네트워크 커버리지 정보에 SKTelecom, Olleh, LGT의 신호 강도를 각 경로 단편별로 저장하였다. 네트워크 타입은 LTE, 3G이다. 이 논문에서는 서비스 불능 지역을 표현하기 위하여 각 통신사별로 신호 강도 임계 값(threshold)을 정의하였다. 신호강도 임계 값은 {SKTelecom, LTE, -85.2}, {Olleh, LTE, -83.6}, {LGT, LTE, -83.2}, {Olleh, 3G, -74.6}이다. 사용자의 경로 셋은 117개이며 총 경로 길이는 489개이다.

Fig. 11은 통신사별 커버리지 그룹 및 서비스 불능 지역을 나타낸다. SKTelecom의 LTE는 33개의 경로 단편이 서비스 불능 지역이며 3개의 그룹으로 나뉜다. Olleh의 LTE는 서비스 불능 지역이 34개이며 4개의 그룹으로 나뉜다. LG의 LTE는 서비스 불능 지역이 33개이며 2개의 그룹으로 나뉜다. Olleh의 3G는 서비스 불능 지역이 33개이며 2개의 그룹으로 나뉜다. 각 통신사의 네트워크 타입에 따라 서비스 불능 지역이 다르게 발생한다.

Fig. 12는 통신사별 센서 데이터의 손실률과 서비스 불능 지역의 경로의 합을 나타낸다. 서비스 불능 지역의 길이는 SKTelecom의 LTE는 209개 경로이며 손실률이 42.74%이다. Olleh의 LTE는 186개의 경로이며 손실률이 37.04%이다. LGT의 LTE는 223개의 경로이며 손실률이 45.6%이다. Olleh의 3G는 320개 경로이며 손실률이 65.44%이다. 각 통신 상태에 따라 센서 데이터 손실률이 발생한다. 즉, 모바일 디바이스가 경로의 센서 데이터를 수신하지만, 해석을 할 수 없다. 제안하는 방법을 사용하면 발생하는 손실률을 줄일 수 있다. 제안 방법을 이용하면 손실률을 줄일 수 있지만 추가로 센서 메타데이터를 수신해야 한다. 센서 메타데이터를 추가로 수신해야 하지만 센서 데이터의 손실률을 줄인다면 제공되는 서비스의 품질은 증가할 것이다.

### 6. 결 론

이 논문에서는 네트워크 커버리지가 약하거나 지원되지 않는 지역에서 센서 메타데이터를 안정적으로 제공할 수 있는 확장된 센서 레지스트리 시스템을 제안하였다. 센서 메타데이터는 센서로부터 수신된 센서 데이터를 해석하기 위하여 사용되기 때문에 끊임 없이 수신해야 한다. 즉, 사용자에게 센서 메타데이터의 안정적인 제공은 안정된 서비스를 제공하기 위하여 필수적인 기능이다. 이를 위해 이 논문에서는 사용자

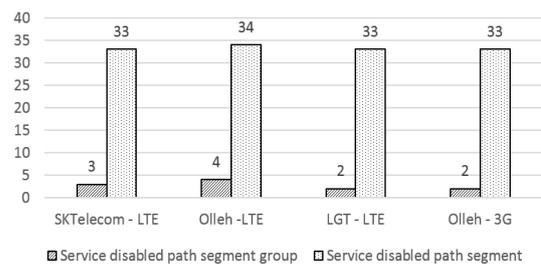


Fig. 11. Service Disabled Path Segment and Group Size Evaluation Result

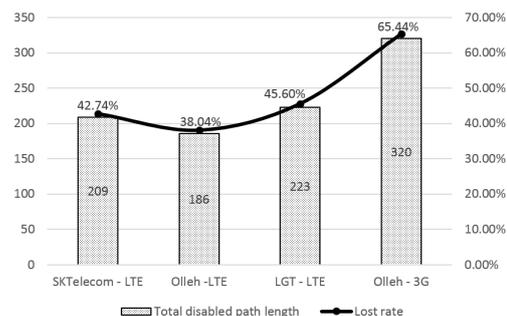


Fig. 12. Total Disabled Path Length and Lost Rate Evaluation Result

의 이동 경로를 예측하여 센서 메타데이터를 사용자에게 미리 제공할 때 네트워크 커버리지의 오픈 정보를 이용한 방법을 제시하였다. 사용자의 이동 단말기와 네트워크 커버리지의 오픈 정보(지역 통신사 정보, 신호 강도, 네트워크 타입)를 검사하여 센서 메타데이터를 미리 제공할 때 추가 제공한다. 제안 방법은 네트워크의 상태에 따라 추가적인 센서 메타데이터를 수신하여 기존의 경로 예측 방법보다 추가적인 오버헤드가 발생한다. 일정 지역의 센서 메타데이터를 포함한 추가 오버헤드가 발생하지만, 사용자는 네트워크 상태에 영향을 적게 받으며 지속적인 센서 데이터를 처리할 수 있다. 사용자의 모바일 디바이스는 안정적으로 센서 데이터를 처리할 수 있기 때문에 안정적인 품질로 서비스를 제공받을 수 있다.

향후 연구로서, 센서 메타데이터를 추가하여 발생하는 오버헤드와 이로 인해 성능에 미치는 영향에 대한 연구가 요구된다.

**References**

[1] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The Internet of Things: A survey," *Computer Networks*, Vol.54, pp.2787-2805, 2010.

[2] S. Patidar, D. Rane, and P. Jain, "A Survey Paper on Cloud Computing," *Advanced Computing & Communication Technologies (ACCT), 2012 Second International Conference on*, pp.394-398, 2012.

[3] Klaithem Al Nuaimi, Mariam Al Nuaimi, Nader Mohamed, Imad Jawhar, and Khaled Shuaib, "Web-based wireless sensor networks: a survey of architectures and applications," *ICUIMC '12 Proceedings of the 6th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication*, Vol.113, pp.1-9, 2012.

[4] Pankesh Patel, Animesh Pathak, Thiago Teixeira, and Val, "Towards application development for the internet of things," *MDS'11 Proceedings of the 8th Middleware Doctoral Symposium*, Vol.5, pp.1-6, 2011.

[5] S. Alam, M. M. R., and J. Noll, "SenaaS: An event-driven sensor virtualization approach for Internet of Things cloud," *Networked Embedded Systems for Enterprise Applications (NESEA), 2010 IEEE International Conference on*, pp.1-6, 2010.

[6] OpenIoT Consortium, Open Source Solution for the Internet of Things into the Cloud, <http://www.openiot.eu/>.

[7] D. Jeong and J. Ji, "A Registration and Management System for Consistently Interpreting Semantics of Sensor Information in Heterogeneous Sensor Network Environments," *Journal of KIISE: Databases*, Vol.38, No.5, pp.289-302, in Korean, 2011.

[8] D. Jeong, S. Lee, H. Jung, and D.-K. Baik, "Extending the Sensor Registry System for a Heterogeneous IoT Environment," *Proc. of 2015 Winter Joint Conference, The Korean Association of Computer Education and Korea Society of Computer Information*, Vol.19, No.1, pp.185-188, in Korean, Jun., 2015.

[9] D. Jeong and M. Doo, "A Path Prediction-Based Sensor Registry System for Stable Use of Sensor Information," *Journal of KIISE*, Vol.42, No.2, pp.255-263, in Korean, Feb., 2015.

[10] S. Lee, D. Jeong, D-K Baik, and D-K Kim, "Path Prediction Method for Effective Sensor Filtering in Sensor Registry System," *IJDSN*, Vol.2015, Article ID 613473, pp.14, 2015.

[11] [Internet], <http://opensignal.com/>.



**정 현 준**

e-mail : darkspen@korea.ac.kr  
 2008년 삼육대학교 컴퓨터학과(학사)  
 2010년 숭실대학교 컴퓨터학과(석사)  
 2011년~현 재 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 박사과정  
 관심분야: 데이터베이스, 빅데이터, 사물인터넷



**정 동 언**

e-mail : djeong@kunsan.ac.kr  
 1997년 군산대학교 컴퓨터학과(학사)  
 1999년 충북대학교 전산학과(석사)  
 2004년 고려대학교 컴퓨터학과(박사)  
 2005년~현 재 군산대학교 통계컴퓨터학과 교수  
 관심분야: 데이터베이스, 시맨틱 서비스, 빅데이터, 사물인터넷



**이 석 훈**

e-mail : leha82@korea.ac.kr  
 2009년 고려대학교 전자 및 정보공학부(학사)  
 2011년 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과(공학석사)  
 현 재 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 박사과정  
 관심분야: 자가 적응 시스템, 온톨로지, 데이터 마이닝, 메타데이터 레지스트리, 자율 컴퓨팅



**백 두 권**

e-mail : baikdk@korea.ac.kr  
 1974년 고려대학교 수학과(학사)  
 1977년 고려대학교 산업공학과(석사)  
 1983년 Wayne State Univ. 전산학과(석사)  
 1985년 Wayne State Univ. 전산학과(박사)  
 현 재 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과/융합소프트웨어전문대학원 교수  
 1989년~1991년 고려대학교 전산학과 학과장  
 1990년~1991년 미국 Arizona대학교 객원 교수  
 1991년~2013년 ISO/IEC JTC1/SC32 전문위원회 위원장  
 1993년~1999년 한국과학기술원 객원책임연구원  
 1993년~1999년 한국DB진흥센터 표준연구위원  
 1996년~1997년 고려대학교 컴퓨터과학기술연구소(초대소장)  
 1997년~1998년 고려대학교 정보전산원 원장  
 1998년~1999년 한국정보과학회 전산교육연구회 운영위원장  
 1999년~2001년 정보통신진흥협회 데이터기술위원회 의장  
 2002년~2004년 고려대학교 정보통신대학(초대학장)  
 2002년~2003년 한국시물레이션학회 회장  
 2003년~현 재 정보통신부 컴퓨터프로그램보호위원회 위원  
 2004년~2005년 한국정보처리학회 부회장  
 2005년~2008년 한국소프트웨어진흥원 이사  
 2009년~2010년 고려대학교 정보통신대학 학장  
 관심분야: 메타데이터, 소프트웨어공학, 데이터공학, 컴포넌트기반 시스템, 메타데이터 레지스트리, 프로젝트 매니지먼트 등