

네트워크 커버리지를 이용한 센서 레지스트리 시스템 확장

정현준*, 정동원**†, 이석훈*, 백두권*†

*고려대학교 컴퓨터전파통신공학과

**군산대학교 통계컴퓨터과학과

e-mail : darkspen@korea.ac.kr, djeong@kunsan.ac.kr, {leha82, baikdk}@korea.ac.kr

Extending Sensor Registry System Using Network Coverage Information

Hyunjun Jung *, Dongwon Jeong**†, Sukhoon Lee *, Doo-Kwon Baik*†

*Dept. of Computer and Radio Communications, Korea University

**Dept. of Statistics and Computer Science, Kunsan National University

요 약

센서 레지스트리 시스템(Sensor Registry System, SRS)은 이기종 센서 네트워크 환경에서 센서 데이터의 즉각적 활용 및 끊김 없는 해석을 위해 사용자에게 센서 정보를 제공한다. 불안정한 네트워크 상황에서 지속적인 서비스 제공을 위해서 이동 경로 예측기반 SRS 가 연구되었다. 하지만 네트워크가 지원되지 않거나 신호가 약한 지역에서는 여전히 센서 정보의 끊김 없는 제공이 어렵다. 이 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해, 네트워크 커버리지의 정보를 이용한 센서 레지스트리 시스템 확장 방법을 제안한다. 제안 방법은 예측한 경로와 네트워크 커버리지에 대한 오픈 데이터(지역 통신사 정보, 통신 대역폭, 신호 강도, 통신 타입)를 이용하여 사용자가 불안정한 네트워크 지역에도착하기 전에 해당 지역의 센서 정보를 추가로 송신한다. 기존의 경로 예측기반 SRS 의 센서 정보 송신보다 추가 오버헤드가 발생하지만, 사용자는 끊김 없는 센서 정보를 수신하여 이용 센서 응용 서비스의 품질을 높일 수 있다.

1. 서론

최근 사물인터넷(Internet of Things, IoT)를 이용한 응용 시스템 및 서비스 개발을 위한 다양한 센서 기술, 임베디드 디바이스 및 센서 데이터 처리 기술이 활발하게 연구되어 왔으며 많은 분야에 적용되고 있다[1]. IoT 환경에 설치된 임베디드 디바이스들의 측정 정보를 이용하여 지능적인 서비스를 제공할 수 있다. 예를 들어, 자동차 운전자는 자신의 아파트 주차장의 여분 자리 정보를 사전에 얻고 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 기반으로, 여러 센서(온도, 조도, 습도, 소리, 압력, 진동 등)를 이용하여 주변 환경을 감지한다. 측정된 센서 데이터를 실시간으로 조합

하여 사용한다면 지능적인 서비스 제공이 가능할 것이다. 하지만 WSN 에 따라 같은 데이터라도 저장하고 배포하는 방식이 다르므로 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[2]. SRS 는 이기종 센서 네트워크 환경에서 센서 데이터 및 관련된 다양한 정보의 끊김 없는 의미 처리를 위해 제안되었다. 그러나 SRS 는 불필요한 센서 데이터 수신 및 처리, 센서 정보의 끊김 없는 처리 보장, 이동단말 및 서버의 최적화 문제를 지니고 있어, SRS 의 확장 방안에 대하여 연구되었다[3].

경로 예측 기반 SRS 확장 연구[4]는 사용자의 경로를 예측하여 미리 센서 정보를 받아오지만, 이동 지역의 네트워크 상황에 따라 여전히 센서 정보를 이용할 수 없다는 문제점을 지닌다.

이 논문은 경로 예측 기반의 SRS 의 문제점을 해결하기 위하여 문제점을 분석하고 네트워크 커버리지의 오픈 데이터를 기반한 SRS 시스템의 확장 방법을 제안한다.

이 논문은 2015 년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2014R1A1A2058992). 또한, 이 논문은 2015 년 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단-차세대정보·컴퓨팅기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2012M3CA7033346).

† 공동교신저자 (co-corresponding authors)

2. 기존 경로 예측기반 SRS 문제점 분석

기존의 SRS 는 불안정한 네트워크 상황에서 센서 정보를 안정적으로 제공하지 못한다. 이를 해결하기 위하여 경로 예측에 기반을 둔 확장된 SRS 가 개발되었다[4]. 경로 예측 기반 SRS 는 사용자의 이동 경로를 예측하고 예측한 경로에 있는 센서 정보를 모바일 디바이스에 미리 적재 (Preloading)함으로써 불안정한 네트워크 상황에서 안정적인 의미 해석 및 처리하는 방법을 제안한다.

하지만 불안정한 네트워크 상황에서 이러한 경로 예측 기반 SRS 는 여전히 한계점을 지닌다. 서버는 사용자의 이동단말기의 이동 경로를 미리 예측하여 서비스에서 이용할 센서의 관련 정보를 사전에 미리 하지만 예측한 이동 경로가 네트워크 커버리지에 포함되지 않는다면 이동 단말기는 센서 정보를 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 정보를 받지 못하게 된다. 이러한 경우 이동 단말기가 수신한 센서 데이터를 활용하지 못하게 되며 관련된 응용 서비스의 질적 저하를 초래한다.

이 논문은 기존의 경로 예측에 기반을 둔 SRS 가 지니는 문제점을 해결하기 위하여 네트워크 커버리지의 오픈 정보를 활용한 확장된 SRS 를 제안한다.

3. 네트워크 커버리지 기반 SRS

이 장은 기존의 경로 예측 기반 SRS 에서 발생하는 문제점을 해결하기 위하여 네트워크 커버리지에 대한 오픈 데이터를 활용한 확장된 SRS 를 제안한다.

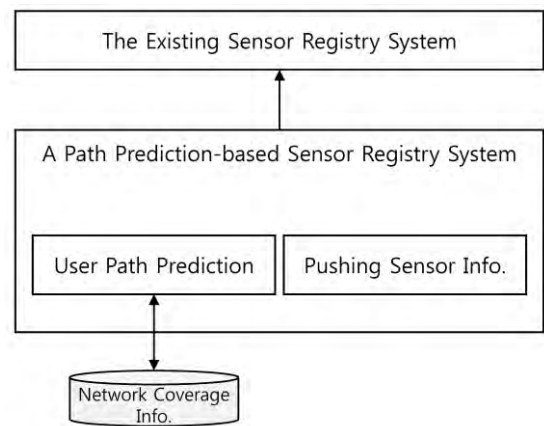
이동 단말기를 이용하여 특정 구역 혹은 외진 지역을 지나갈 경우 네트워크 서비스를 이용하지 못하는 경우가 있다. 이 지역에서는 네트워크 커버리지를 벗어난 경우로서 통신 업체들이 커버하지 못하는 무선 네트워크 미지원 지역이다. 최근 네트워크 지원지역과 미지원 지역에 대한 네트워크 커버리지의 오픈 정보를 손쉽게 얻을 수 있다. 사용자의 경로를 예측할 때 네트워크 커버리지 정보를 이용하여 네트워크 미지원 구간의 센서 정보를 받아온다면 불안정한 네트워크 상황을 대비할 수 있다.

(그림 1)은 OpenSignal[5]에서 제공하는 네트워크 커버리지를 이용하여 지도상에 해당 지역의 신호 강도를 색깔로 알려주는 애플리케이션이다. 이 어플리케이션은 GPS 정보(위도, 경도)를 기준으로 일정 범위의 해당 지역 내의 통신사들의 신호강도 데이터를 이용하여 지도에 보여주었다. 네트워크 커버리지 정보는 해당 지역에서 제공하는 통신사 정보, 통신 대역폭, 신호 강도 등이다. 이 논문은 경로 예측에 기반을 둔 SRS 의 불안정한 네트워크 상황에서의 문제점을 해결하기 위하여 네트워크 커버리지 데이터를 이용하는 방법을 제안한다.

경로 예측에 기반을 둔 SRS 는 사용자의 이동 경로를 예측하여 센서 정보를 미리 받아온다. 네트워크



(그림 1) 네트워크 커버리지의 오픈 데이터 활용 예



(그림 2) 경로예측 SRS 확장 개념도

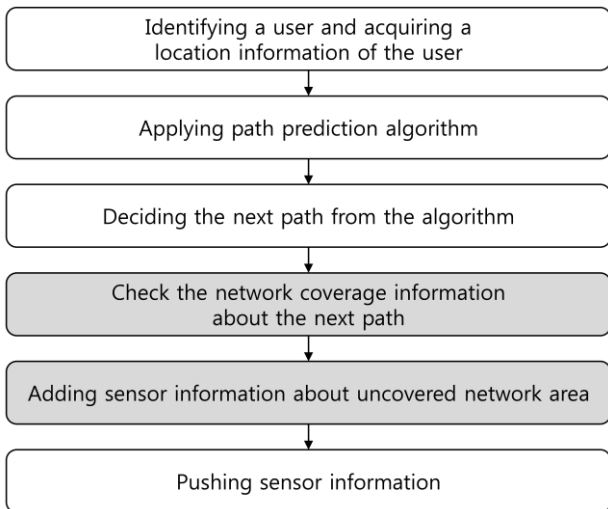
커버리지 데이터를 이용하여 사용자가 이동할 경로의 네트워크 상태가 약하거나 사용할 수 없다면 약한 구역의 센서 정보를 미리 전송하여 안정적인 센서 정보를 제공할 수 있다.

앞서 언급한 경로 예측 기반 SRS 의 문제점을 해결하기 위해 이 논문에서 제안하는 접근 방법의 개념은 (그림 2)와 같다. 네트워크 커버리지 기반 SRS 의 핵심 개념은 사용자가 이용할 센서를 미리 제공할 때 네트워크 커버리지 정보를 이용하여 사용자가 이용할 센서를 사전에 식별하여 필요한 센서 정보를 미리 사용자에게 제공한다는 점이다. 기존의 경로 예측 기반 방법은 사용자의 경로를 예측하여 다음 경로에 해당하는 정보를 미리 받아왔지만, 제안 방법은 다음 경로에 해당하는 지역의 네트워크 커버리지 정보를 비교하여 상황에 따라 더 풍부한 센서 정보를 보낸다.

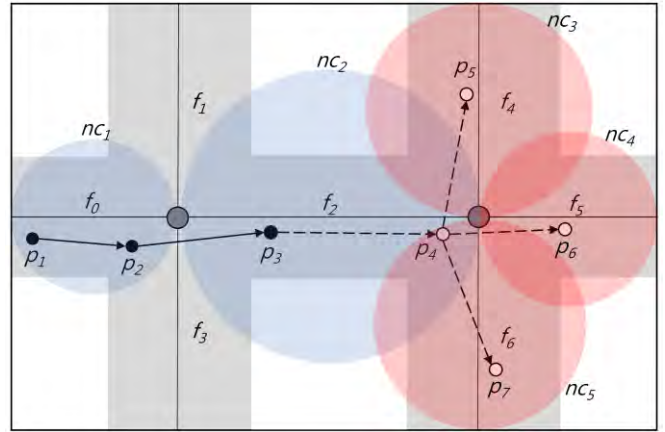
(그림 3)은 기존의 경로 예측 기반 시스템에 제안한 방법이 적용된 전체적인 센서 정보 제공 절차를 보여준다. 전체적인 사용자 센서 정보 제공 절차는 사용자 위치 정보 획득, 현재 사용자가 위치한 경로 식별, 경로 예측 알고리즘 적용, 적용한 알고리즘 기반 사용자의 경로 예측 결정, 예측 경로의 네트워크 커버리지 정보 검사, 불확실한 네트워크 커버리지 지역의 센서 정보 추가, 센서와 센서 정보 반환으로 구성된다.

(그림 3)의 전체 절차 중에서, 기존의 절차에서 추가된 절차는 예측 경로의 네트워크 커버리지 정보 검사와 불확실한 네트워크 커버리지 지역의 센서 정보 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) 지역의 통신사 정보, (2) 통신 대역폭(업로드, 다운로드), (3) 신호 강도(RSSI) (4) 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 3G 이고 예측 이동 경로의 3G 네트워크 신호 강도가 불안정한 신호(-80dBm 이하)에 해당하는 지역의 센서 정보를 미리 전송한다. 이동 단말기는 신호 강도가 약하거나 불안정하여 센서 정보 수신에 어려운 환경에도 미리 센서 정보를 로딩하여 끊임 없는 센서 데이터 분석이 가능하다.

제안 방법은 도로의 교차점을 기준으로 경로를 단편화하여 경로 단편(Path Fragment)을 이용한다. (그림 4)는 경로 단편 구조에서 경로 예측을 이용할 때 네트워크 커버리지의 이용 예를 보여준다. p_i 는 사용자의 순차적인 위치를 의미한다. 회색 음영은 실제 사용자가 걸어 다닐 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 정보를 보낸다. 하지만 p_4 에서 네트워크 상태가 불안



(그림 3) 전체적인 센서 정보 제공 절차



(그림 4) 네트워크 커버리지 정보 이용 예제

정하다면 서버로부터 센서 정보를 수신하지 못하고 단말기는 수신한 센서 데이터를 해석하지 못하는 문제가 발생한다.

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

4. 비교평가

이 장에서는 제안 방법과 기존의 경로 예측에 기반을 둔 SRS를 비교 평가한다. 평가는 네트워크 영향, 센서 데이터 가용성, 전송 오버헤드 측면에서 이루어진다. <표 1>은 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 메타 데이터를 미리 수신한다. 이동 단말기는 네트워크의 상태에 영향을 받지 않고 SRS의 메타 데이터를 이용할 수 있다.

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

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

<표 1> 정성적 비교 평가 결과

평가대상 \ 평가항목	경로 예측 기 반 SRS	제안 방법
네트워크 의존도	높음	낮음
센서 데이터 가용성	낮음	높음
전송 오버헤드	낮음	높음

5. 결론

이 논문에서는 네트워크 커버리지가 안되거나 약한 경우에도 센서 정보를 안정적으로 제공할 수 있는 확장된 센서 레지스트리 시스템을 제안하였다. 센서 정보는 센서로부터 수신된 센서 데이터를 해석하기 위하여 사용되기 때문에 끊임 없는 센서 정보를 수신해야 한다. 따라서 사용자에게 센서 정보의 안정적인 제공은 필수적인 기능이다. 이를 위해 이 논문에서는 사용자의 이동 경로를 예측하여 센서 정보를 사용자에게 미리 제공 때 네트워크 커버리지의 오픈 정보를 이용한 방법을 제시하였다. 사용자의 이동 단말기와 네트워크 커버리지의 오픈 정보(지역 통신사 정보, 통신 대역폭, 신호 강도, 네트워크 타입)를 검사하여 센서 정보를 미리 제공할 때 추가하여 제공한다. 네트워크의 상태에 따라 추가적인 센서 정보를 수신하여 기존의 경로 예측 방법보다 추가적인 오버헤드가 발생한다. 일정 지역의 센서 정보를 포함한 센서 메타데이터의 오버헤드가 발생하지만, 사용자는 네트워크 상태에 영향을 적게 받으며 지속적인 센서 정보를 처리할 수 있다.

향후 연구로서, 추가 센서 정보를 추가하여 발생하는 오버헤드가 성능에 미치는 영향에 대한 연구 요구된다.

참고문헌

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

[2] 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, 2011. (in Korean)

[3] 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, Jun, 2015. (in Korean)

[4] 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, Feb. 2015. (in Korean)

[5] <http://opensignal.com/>