

사물인터넷(IoT)환경에서 센서 노드들의 이동성 관리 방안에 관한 제안

박승균*
신한대학교 IT융합공학부

Proposal of a mobility management scheme for sensor nodes in IoT(Internet of Things)

Seung-Kyun Park*

Division of IT Convergence Engineering, Shinhan University

요약 IETF에서 표준화한 6LoWPAN(IPv6 over Low Power Wireless Sensor Network)는 무선 센서 노드들의 이동성을 지원 하지 못한다. 무선 센서 노드가 CPU, 메모리, 배터리 사용에 있어 많은 제약을 받기 때문에 Mobile IPv6와 같은 기존의 프로토콜들을 적용하기 쉽지 않다. 본 논문에서는 이러한 센서 노드들의 이동성을 지원하기 위해 핸드오버 절차 수행을 호스트가 하지 않는 FPMIPv6(Fast PMIPv6)에 대한 기존 연구 분석을 바탕으로 6LoWPAN와 연동하는 새로운 이동성 관리 구조와 방안을 제안하였다. 연동을 위해 6LoWPAN에서 현재 사용되지 않는 dispatch code pattern의 사용을 제안하였으며, 핸드오버 과정에서 인증 지연으로 발생하는 패킷 손실을 줄이고 재전송으로 인해 발생하는 센서 노드의 전력 소모를 최소화하기 위해 MAG과 MAC, MAC와 AAA 사이에 임시 보증(temporary guarantee) 및 트러스트 관계(trust relationship)라는 새로운 개념을 도입하였다. 새롭게 제안된 인증 절차와 구조는 인증 지연으로 인한 핸드오버 절차와 패킷 손실 및 재전송을 크게 줄일 것으로 예상된다.

키워드 : IoT, Sensor Network, IPv6 Mobility, 6LoWPAN, PMIPv6, FPMIPv6

Abstract 6LoWPAN (IPv6 over Low Power Wireless Sensor Network) standardized by IETF does not support the mobility of wireless sensor nodes. Since the wireless sensor node, subject to a lot of constraints in the CPU, memory, a battery is not easy to apply to existing protocols such as Mobile IPv6. In this paper, we propose a novel mobility management architecture and methods to work with 6LoWPAN based on the analysis on FPMIPv6 (Fast PMIPv6) the host is not a handover procedure performed in order to support the mobility of such sensor nodes. It was suggested the use of a dispatch code pattern that is not currently used in 6LoWPAN for inter-working, MAG and MAC, MAC in order to reduce packet loss caused as the authentication delay in the handover process to minimize the power consumption of a sensor node that is caused by the re-transmission the new concept of temporary guarantee (temporary guarantee) and trust relationships (trust relationship) between AAA and introduced.

Key Words : IoT, Sensor Network, Mobility management, 6LoWPAN, PMIPv6, FPMIPv6

1. 서론

사물인터넷(IoT)에서는 IPv6와 다양한 무선 센서 기

능을 포함한 디바이스들의 사용이 빠르게 증가할 것으로 예상된다. 지금까지 대부분의 무선 센서 네트워크(WSN: Wireless Sensor Network)는 인터넷 연결을 고려하지 않

왔기 때문에 무선 센서 기능을 포함한 디바이스들이 제한된 범위 내에서 고정된 상태로 상호 간 데이터 송/수신 기능을 수행하는 것이었다. 그러나 무선 센서들이 스마트폰, 스마트카와 웨어러블 형태의 다양한 헬스케어 제품들에 적용되면서 기존의 센서 네트워크는 그 기능을 제한 받게 된다. 사물인터넷(IoT)에서 무선 센서 네트워크(WSN)는 인터넷에 연결되어야 하며 또한 무선 센서 노드들의 이동성을 지원해야 한다.

일반적으로 무선 센서 기능을 포함한 디바이스들은 소형이며, 처리능력이 낮은 CPU, 저용량 메모리와 배터리 그리고 저속의 무선 인터페이스로 인해 데이터 송/수신에 많은 제약이 받게 된다. 자원 사용에 있어 제한 받는 센서 노드들의 무선 통신을 위해 IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 6LoWPAN WG(IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Network Working Group)을 두고 관련 표준들을 개발해 왔다. 6LoWPAN는 IEEE 802.15.4 기반으로 한 센서 네트워크(WSN)에 IPv6를 지원하기 위한 규격과 프로토콜 스택 구조에서 IPv6와 MAC/PHY 사이에 적응계층(adaptation layer)을 두고 IPv6 헤더의 압축과 패킷의 단편화 및 재조립 기능을 제공하도록 하고 있다. 현재까지 6LoWPAN의 표준은 무선 접속 구간은 10m 이내를 기반으로 하고 있으며 센서 노드들의 이동성 지원을 고려하지 않았다[1-3]. 앞으로 이동형 센서 노드들의 사용이 많아지고 IEEE 802.15.4에서 사용하는 무선 주파수인 2.4GHz 대역을 이용한 다양한 무선통신 기술의 발달로 전송거리가 보다 길어지면 현재의 6LoWPAN는 이러한 점들을 고려해야만 한다.

그동안 IETF에서는 무선 인터넷 구간의 IPv6 이동 단말의 이동성을 지원하기 위해 홈에이전트(HA: Home Agent)와 모바일 노드간에 직접 터널링하는 호스트 기반의 Mobile IPv6를 시작으로 FMIPv6(Fast Handover MIPv6), HMIPv6(Hierarchical MIPv6), HMIPv6(Fast Handover HMIPv6)들을 차례로 연구 표준화 하였다. 또한 홈에이전트(HA: Home Agent)와 액세스 라우터 간에 터널링을 수행하는 네트워크 기반의 PMIPv6(Proxy MIPv6)와 FPMIPv6(Fast PMIPv6)를 표준화 하였다. 지금까지 네트워크 기반의 PMIPv6(Proxy MIPv6)와 FPMIPv6(Fast PMIPv6)이 가장 효율적인 것으로 알려져 있다[4,5].

6LoWPAN에서 센서 노드의 이동성이 지원된다면 무

선 영역이 기존 이동 노드의 무선 서비스 영역보다 작아 핸드오버 수가 훨씬 많이 일어날 것이다. 핸드오버 처리 시스템에서는 많은 핸드오버 메시지로 처리 지연이 발생하여 서비스 품질에 영향을 줄 것이다[6-9].

그러므로 본 논문에서는 센서 노드의 이동성 지원을 위해 특성 상 핸드오버 절차를 직접 수행하지 않는 FPMIPv6(Fast PMIPv6)와 6LoWPAN의 연동 구조와 핸드오버 절차를 제안하였다. 또한 6LoWPAN을 통해 MAG로 전송되는 Report 메시지는 현재 미사용 중인 dispatch 코드 패턴을 이용하는 것을 제안한다. 핸드오버 과정에서 인증 지연으로 발생하는 패킷 손실을 줄이고 재전송으로 인해 발생하는 센서 노드의 전력 소모를 최소화하기 위해 MAG과 MAG, MAG와 AAA 사이에 임시 보증(temporary guarantee) 및 트러스트 관계(trust relationship)라는 새로운 개념을 제안하였다.

본 논문의 구성은 2절에서 관련 연구로 6LoWPAN의 구조 및 기능과 이동 센서 노드를 고려 했을 때의 문제점, FPMIPv6(Fast PMIPv6)의 핸드오버 절차와 문제점을 설명한다. 3절에서는 6LoWPAN와의 연동하는 새로운 관리 구조와 핸드오버 및 인증 절차를 설명한다. 4절에서는 분석 결과와 향후 진행해야할 연구 방향을 설명한다.

2. 관련연구

2.1 6LoWPAN

6LoWPAN(IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Network)는 IETF와 IEEE에서 IPv6로 연결되는 무선 센서 노드의 하드웨어적 특성에 맞추어 표준화 한 저전력 개인 네트워크 기술을 말한다. Fig. 1은 6LoWPAN 프로토콜 스택을 보여 준다.

Application	
UDP	ICMP
IPv6	
6LoWPAN Adaptation Layer	
IEEE 802.15.4 MAC	
IEEE 802.15.4 PHY	

Fig. 1. 6LoWPAN protocol stack

IPv6 계층과 IEEE 802.15.4 MAC/PHY 사이에 위치한 적응계층(Adaptation Layer)의 주요 기능은 헤더 크기가

큰 IPv6 패킷을 128bytes 크기로 저전력 저속 링크를 통해 전송하기 위해 헤더의 압축과 패킷의 분할 및 재조립을 수행하는 것이다. 사용 주파수 대역은 2.4GHz이며 무선 접속 구간도 10m 이내이다. 전송계층 프로토콜로 UDP를 사용하기 때문에 신뢰성 있는 전송을 보장하지 못한다. 일반적으로 센서 노드들에서 수집된 데이터는 웹 기반으로 서비스(WoT: Web of Things)를 하기 때문에 무선 접속과 연결 지속 시간이 매우 불규칙하다는 특성과 센서 노드가 사용할 수 있는 하드웨어적 자원이 제약 받는 상태를 고려하여 전력 사용의 최소화를 위해 sleep mode를 지원하고 있다[10]. 만약 센서 노드가 sleep mode로 동작할 경우 데이터 송/수신이 되지 않는 문제도 발생 할 수 있다.

2.2 PMIPv6

기존 Mobile IPv6의 문제점은 이동 노드가 직접 핸드오버 전 과정을 수행하기 때문에 이동 노드의 성능에 따라 핸드오버 지연과 패킷 손실률이 다를 수 있으며 전력 소모도 매우 크다는 것이다. PMIPv6(Proxy MIPv6)는 Mobile IPv6를 사용하지 않는 이동 노드도 IP 이동성을 지원하기 위해 표준화된 기술이다[11-15].

PMIPv6에서는 이동 노드는 핸드오버 과정에 참여하지 않으며 Mobile IPv6 네트워크의 구성 요소인 AR(Access Router)과 HA(Home Agent)와 유사한 역할을 수행하는 MAG(Mobile Access Gateway)와 LMA(Local Mobility Anchor)가 이동 노드의 핸드오버를 대신 수행한다.

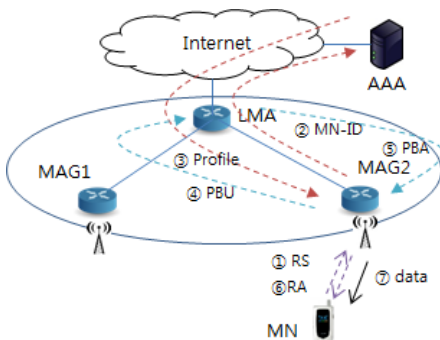


Fig. 2. A message flow of handover & authentication procedure in PMIPv6 network

Fig. 2는 PMIPv6에서의 핸드오버 및 인증절차를 나타

낸 것으로 다음과 같다.

이동 노드(MN)가 만약 MAG1에서 MAG2로 이동할 때 먼저 L2(Layer2) 핸드오버를 먼저 수행하며 MAG2로 RS(Route Solicitation) 메시지를 보내 경로 요청을 하게 된다. MAG2는 이동 노드(MN)의 인증을 위해 인증서버인 AAA에 이동 노드의 식별자를 보내며 AAA는 인증 완료 후 이동 노드의 Profile 메시지로 응답한다. MAG2는 Profile 메시지로부터 이동 노드의 Home Network Prefix와 MN-ID를 이용하여 이동 노드의 주소 설정을 마친다. 이동 노드에 대한 인증 완료와 주소 설정을 마친 후 LMA에 PBU(Proxy Binding Update)와 PBA(Proxy Binding Acknowledgement) 메시지 교환을 통해 LMA와의 바인딩 업데이트가 완료된다. 마지막으로 MAG2는 이동 노드에게 RA(Route Advertisement) 메시지를 보내게 되며 버퍼링되어 있던 데이터 송/수신이 재시작 된다.

PMIPv6는 네트워크 기반인 L2 핸드오버를 지원함으로써 기존 호스트 기반 L3 핸드오버에 비해 핸드오버 지연에 따른 핸드오버 실패에 따른 여러 가지 문제점들을 해결하였다. 그러나 인증 서버 AAA와의 인증과 등록 절차에 많은 시간이 소요된다.

2.3 FPMIPv6

FPMIPv6는 기존 PMIPv6 핸드오버시 발생하는 경로 단절을 막기 위해 MAG1과 MAG2 간 터널링을 통하여 패킷 손실을 최소화하는 방안이다[6-8]. 그러므로 FPMIPv6와 PMIPv6의 핸드오버 절차는 기본적으로 거의 같다. 핸드오버 및 인증 등록 절차는 다음과 같다.

이동 노드가 MAG1에서 MAG2로 이동하게 되면 MAG1으로 Report 메시지를 전송한다. MAG1은 MAG2로 이동 노드의 핸드오버 시작을 알리는 Handover Initiate(HI)와 이에 대응하는 응답으로 Handover Acknowledgement(HAck) 메시지를 교환한다. 이때 MAG1과 MAG2 사이에 터널링이 생성되고 인증과 등록 절차가 완료되기 전까지 이 터널을 통해 MAG1과 LMA간 송/수신 되는 데이터를 MAG2로 포워딩하게 된다. MAG2는 이동 노드의 인증을 위해 인증 서버 AAA와 MIN-ID와 Profile 메시지 교환을 통해 인증을 완료 한다. 마지막으로 LMA에게 바인딩 업데이트 요청(PBU)과 확인(PBA)을 통해 등록을 마친다. Fig. 4는 FPMIPv6의 핸드오버 과정을 보여준다.

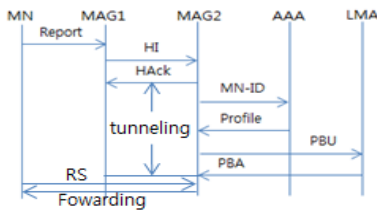


Fig. 3. Handover & authentication procedure of FPMIPv6

FPMIPv6는 핸드오버 지연에 따른 패킷 손실을 막기 위해 터널링과 버퍼링 방안을 사용하고 있지만 어떤 이유로 인하여 핸드오버 지연 시간이 길어진다면 버퍼링하는 패킷의 수 증가로 결국 패킷 손실 위험은 남아 있다. 또한 이동 노드의 수가 급격히 늘어나는 사물인터넷에서 MAG의 버퍼링의 한계, AAA와 LMA의 핸드오버 및 등록 절차 처리를 위한 오버헤드가 증가하여 패킷 손실 문제가 발생하게 된다.

3. 이동성 관리 방안 제안

사물 인터넷(IoT)에서는 이동형 센서 노드가 기하급수적으로 증가할 것으로 예상된다. 이러한 환경에서 기존 FPMIPv6는 이동 노드의 인증과 등록 절차에서 상당한 지연이 발생할 것으로 예상된다. 결과적으로 핸드오버 시 발생하는 인증절차 상의 지연으로 인해 MAG에서 처리할 수 있는 버퍼링 용량을 초과하여 패킷 손실이 발생하게 될 것이다. 인증절차의 병목은 센서 노드가 이동하는 무선 접속구간에 있는 MAG에서 발생한다. Fig. 4는 이동 센서 노드를 위한 6LoWPAN과 FPMIPv6 네트워크의 연동 구조를 보여준다.

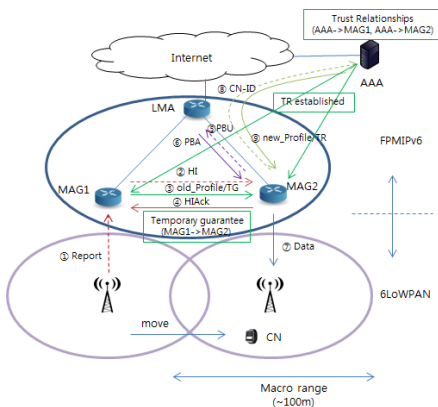


Fig. 4. 6LoWPAN and FPMIPv6 inter-networking structure for mobile sensor node(CN)

본 논문에서는 핸드오버 과정의 인증절차로 인한 지연을 줄이기 위해 이동노드(MN)가 핸드오버 이전에 AAA와 MAG이 트러스트 관계(trust relationship)를 맺고 AAA대신에 인증을 임시 보증하는 방식을 제안한다. 이를 위해 몇 가지 가정을 둔다.

1. 이동 노드는 자원 제약을 받는 센서 노드(CN: Sensor Node)로 6LoWPAN 프로토콜 스택을 기반으로 동작한다.
2. 네트워크는 FPMIPv6으로 이동성 관리를 한다.
3. MAG는 자신의 무선 접속 구간에 방문하는 모든 센서 노드에 대해 센서 노드의 ID와 인증 서버 AAA로부터 인증된 Profile 메시지를 이용하여 인증 절차를 수행하므로 센서 노드들의 Profile을 cache에 저장해 놓는다.
4. 트러스트 관계(trust relationship) 정보는 AAA에서 별도로 관리하고 센서 노드의 핸드오버가 완료될 때 이전 MAG의 트러스트 관계는 새로운 MAG와의 트러스트 관계로 갱신된다.
5. IEEE 802.15.4를 기반으로 한 무선 통신 기술의 발달에 따라 무선 접속 구간을 10m 이내와 100m 이내로 구분할 것이며 각각을 micro range, macro range라 정의 한다.
6. 센서 노드 CN은 현재 미사용 중인 6LoWPAN dispatch 코드 패턴을 이용하여 FPMIPv6의 Report 메시지를 만든다. Table 1은 몇 가지 dispatch code pattern을 나타낸 것이다.

Table 1. 6LoWPAN dispatch code pattern

Pattern	head type	description
01 00010	LoWPAN_HC1	compressed IPv6 address
	Reserved	
01 01000	LoWPAN_BC0	broadcast

6LoWPAN 무선 액세스 경계 지역에 있는 센서 노드 CN은 RSS(Radio Signal Strength) 임계값에 도달할 때 새로운 경로 요청을 위해 MAG1에 Report 메시지를 전송한다. MAG1은 인증이 입증된 센서 노드에 대해 MAG2로 HI 메시지와 캐시(cache)에 저장되어 있던 CN의 Profile에 임시 보증 내용을 담아서(old_Profile/TG) 전송한다. 이때 MAG2는 새로운 CN에 대한 임시 인증을 하고 MAG1에 HAcK 메시지를 보내고 터널을 곧바로 생

성한다. LMA에 PBU와 PBA 메시지를 이용해 바인딩 업데이트를 완료한다. 바인딩 업데이트가 완료된 MAG2이 CN으로부터 RS 메시지를 수신하면 버퍼링되어 있던 패킷들을 포워딩하기 시작한다. 이때 MAG2는 AAA와 CN의 ID와 Profile 및 트러스트 관계(Profile/TR)를 교환함으로써 실제 인증 절차가 완료된다. Fig. 5는 센서 노드들을 위해 제안된 핸드오버 및 인증 절차를 나타낸 것이다.

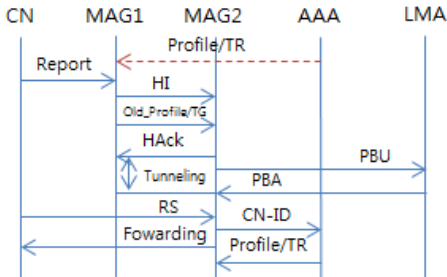


Fig. 5. A proposed handover & authentication procedure

4. 결론

대부분의 핸드오버 관련 연구들을 살펴보면 핸드오버 지연 요소 중 이동 노드의 등록과 인증 절차에서 주로 발생하는 것을 알 수 있다. 본 논문에서 센서 노드들의 이동성을 지원하기 위해 제안한 관리 구조와 관리 방안은 핸드오버 지연과 패킷 손실을 상당 수준 줄일 수 있을 것으로 예상되어 향후 이동 센서의 이동성 지원을 위한 연동 구조 및 핸드오버 절차로 적합할 것이다. 그러나 제안된 센서 노드들을 대상으로 한 이동성 관리 구조와 방안은 검증이 이루어지지 않았다. 향후 이에 대한 기존 핸드오버 연구들과의 비교 분석 및 검증 방법을 추가 연구하도록 할 것이다. 또한 무선 접속 구간의 범위가 현재 보다 훨씬 커졌을 경우 자원 사용에 제약은 받는 센서 노드에 미치는 전력 소모량, 물리적 핸드오버 실패, 이동 센서 노드들의 수가 급격히 증가 하였을 경우 핸드오버 지연과 패킷 손실에 미치는 영향 등을 추가로 연구할 것이다.

REFERENCES

[1] C. M. Kim, H. W. Kang, S. I. Choi and S. J. Koh, "Implementation of CoAP/6LoWPAN over BLE

Network for IoT Services," *Journal of korean institute of broadcasting and media engineering*, Vol. 21, No. 3, pp. 298-306, May. 2016.

[2] H. W. Ju and Y. H. Yoo, "Efficient Packet Transmission Utilizing Vertical Handover in IoT Environment," *Journal of KIISE*, Vol. 42, No. 6, pp. 355-356, Jun. 2015.

[3] S. Salehian and R. Shamschiri, "A Survey on Mobility Management Protocol in Wireless Sensor Network-internet Protocol," *Journal of Indian Journal of Science and Technology*, Vol 8, pp. 1-8. Jun. 2015.

[4] N. Dutta, I. S. Misra, K. Pokhrel and Md. A. Safi, "Survey on Mobility Management Protocols for IPv6 based Network," *Journal of Advanced in Network and Communications(ANC)*, Vol. 3, No. 2, pp. 54-61, Jul. 2013.

[5] K. Vasu, S. Mahapatra and C. S. Kumar, "MIPv6 Prptocols: A survey and Comparative Analysys," *Journal of Computer Sciencee & Information Technology(CS & IT)*, pp. 73-93, 2012.

[6] S. M. Chun, H. S. Kim, C. G. Ham, Y. S. Ching and J. T. Park, "Reliable Mobility Management CoAP in Internet of Things Enviroment," *Journal of The Institute of Electronics Engineering*, Vol. 53, No. 8, pp. 1161-1166, Aug. 2016.

[7] G. Y. Choi, S. W. Min and B. K. Kim, "Performance Analysis of a Fast Vertical Handover Scheme between MIH and PFMPv6," *Jouranl of korean institute of communications and sciences*, Vol. 36, No. 10, Nov. 2011.

[8] H. J. Moon, G. H. Choi and Y. C., Whang, "Countermeasure to Underlying Security Treats in IoT communication," *Journal of Convergence Society for SMB*, Vol. 6, No. 2, pp.37-44, Jun. 2016.

[9] H. W. Lee and J. P. Jeong, "Mobility Management Scheme based on User Mobility QoS and Security-Effective Network in Heterogeneous Mobile Networks," *Journal of The Institute of Internet, Broadcast and Communication*, Vol. 15, No. 2, pp. 87-97, Arp. 2015.

[10] S. M. Chun, S. Y. Ge and J. T. Park, "Mobility Management method for Constrained Sensor Nodes in WoT Environment," *Journal of The Institute of Electronics Engineering*, Vol. 51, No. 9, pp. 1897-1906, Sep. 2014.

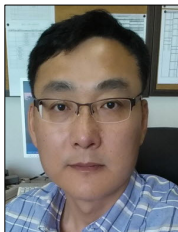
[11] Z. Shelby, K. Hartke and C. Borman, *Constrained Application Protocol(CoAP)*, draft-ietf-core-coap-18 (work in progress), IETF, 2012. 08.

- [12] K. J. Lee, "A study on the application on PB/MC-CDMA for IoT services in small cell environment," *Journal of Convergence Society for SMB*, Vol. 4, No. 4, pp. 31-36, Dec. 2014.
- [13] S. S. Shin, G. S. Chae and T. H. Lee, "An Investigation Study to Reduce Security Treat in Internet of Things Environment," *Journal of Convergence Society for SMB*, Vol. 4, No. 4, pp. 1-6, Dec. 2014.
- [14] B. C. Chung and W. S. Na, "A Study on the Smart Fire Detection System using the Wireless Communication," *Journal of Convergence Society for SMB*, Vol. 6, No. 6, pp. 37-41, Sep. 2016.
- [15] B. O. Kwak and S. H. Lee, "Requirements Analysis in ID-based Future Internet," *Journal of Convergence Society for SMB*, Vol. 6, No. 3, pp. 43-48, Sep. 2016.

저 자 소 개

박 승 균(Seung-Kyun Park)

[정회원]



- 1993년 2월: 광운대학교 전자통신 공학과 학사
- 1995년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과 석사
- 2003년 8월 : 광운대학교 전자통신공학과 박사

▪ 2014년 3월 ~ 현재 : 신한대학교 교수

<관심분야> : 사물인터넷(IoT), internet mobility, IPv6, 보안