IP 기반 센서 네트워크에서 이동성 지원에 관한 연구

정성민*, 김태경**, 정태명***
*성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과
**서울신학대학교 교양학부
***성균관대학교 정보통신공학부
e-mail : smjung @imtl.skku.ac.kr*, tkkim@stu.ac.kr**, tmchung@ece.skku.ac.kr***

A Study on Mobility Support in IP-based Sensor Networks

Sung-Min Jung*, Tae-Kyung Kim**, Tai-Myoung Chung***
*Dept. of Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan University
**Dept. of Liberal Art, Seoul Theological University
***School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

요 약

IP 기반의 센서 네트워크인 6LoWPAN 은 IEEE 802.15.4 표준에 IPv6 를 적용하기 위해 제안되었다. 현재 IPv6 상에서 노드의 이동성을 지원하기 위한 기술로 MIPv6 와 PMIPv6 가 표준화 되었다. 6LoWPAN 에서 이동성을 지원하기 위해서 PMIPv6 를 적용하는 것이 MIPv6 를 적용하는 것보다 더 효율적이다. PMIPv6 기술의 특징은 기존의 MIPv6 에 비해 노드가 바인딩 메시지를 처리하지 않는 점이다. 따라서 노드의 부하를 줄일 수 있기 때문에 6LoWPAN 에 적합하다. 하지만 6LoWPAN 노드의 하드웨어적인 제약 사항을 고려해 볼 때, 기존의 PMIPv6 를 그대로 적용하기에는 무리가 있다. 그대로 적용한다면 PMIPv6 은 원 홉에 기반하고 있기 때문에 멀티 홉에 기반한 6LoWPAN 에는 적합하지 않다. 또한 기존에 정의되어 있는 RS 나 RA 메시지의 크기로 인해 멀티 홉 경로상의 각 단말에 많은 부하를 줄 수 있다. 본 논문에서는 위의 문제점을 해결하기 위해 6LoWPAN 에 적합한 RS 와 RA 메시지를 제안한다.

1. 서론

센서 네트워크는 상황인지를 위한 센싱 기능과 정보처리 능력, 그리고 통신 능력을 갖춘 수많은 센서 노드로 이루어진 일종의 애드혹(Ad-Hoc) 네트워크이다[1]. 일반적으로 센서 네트워크는 Internet Protocol(IP)을 고려하지 않는 zigbee 와 같은 기술을 이용한다[2][3]. 센서 노드에 Internet Protocol version 6(IPv6)의 기술을 적용하기 위하여 IETF 에서는 RFC4944 를 통해 6LoWPAN(IPv6 over low power WPAN)을 표준화 하였다[4]. 6LoWPAN 은 IEEE 802.15.4 MAC/PHY 상위 계층에 IPv6 를 구현하는 것이다. 6LoWPAN 을 이용하여 IP 네트워크 내의 호스트와 6LoWPAN 내의 노드와 서로 직접 통신할 수 있고 IP 기반의 네트워크를 이용할 수 있기 때문에 다양한 장점을 가지게 된다. 하지만, IPv6 의 MTU(Maximum Transmit Unit)는 1,280 bytes 이고 IEEE 802.15.4 의 PDU(Physical Data Unit)은 127bytes 이기 때문에 IEEE 802.15.4 의 프레임을 그대로 이용하여 IPv6 의 패킷을 전송하는 것은 효율적이지 못하다.

IPv6 환경에서 노드의 이동성을 지원하는 기술은 크게 호스트 기반의 Mobile IPv6(MIPv6)와 네트워크 기반의 Proxy Mobile IPv6(PMIPv6)로 나누어 볼 수 있는데 6LoWPAN 노드의 하드웨어적인 제약사항을 고려해 볼 때 PMIPv6 가 적용하기 적합하다.

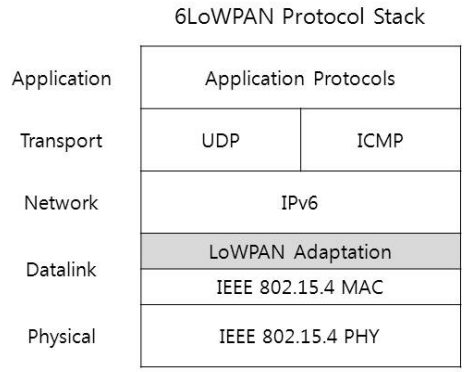
2 장에서는 IPv6 의 이동성 지원 기법을 알아보고 3 장에서는 PMIPv6 를 6LoWPAN 에 그대로 적용하였을 때 발생할 수 있는 문제점에 대해 알아본다. 4 장에서는 6LoWPAN 환경에 맞는 RS 와 RA 메시지를 제안하고 5 장에서 기존의 방법과 비교하여 간단히 성능을 비교한다. 마지막으로 6 장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

2.1 6LoWPAN(IPv6 over Low Power WPAN)

IETF 에서는 RFC 4944 통해 6LoWPAN 에 IPv6 를 적용하기 위해 (그림 1)과 같이 IPv6 와 IEEE 802.15.4 의 사이에 Adaptation 계층을 정의하였다[4].

Adaptation 계층에서는 IEEE 802.15.4 네트워크 위에 IPv6 패킷의 송수신을 효율적으로 하기 위해서 패킷의 단편화, 재조합 그리고 압축을 수행한다. 6LoWPAN 에서는 Adaptaion 계층을 통하여 Internet Protocol(IP)을 사용함으로써 기존에 구축된 인터넷 통신망과 서비스 인프라를 사용할 수 있기 때문에 많은 장점을 가지게 된다. 그리고 6LoWPAN 은 많은 수의 센서 노드로 구성되어 있기 때문에 IPv6 의 가장 큰 특징인 많은 수의 주소 공간과 자동 주소 생성 등의 기능이 6LoWPAN 에 IPv6 를 적용하기에 적합하다.



(그림 1) 6LoWPAN Protocol Stack

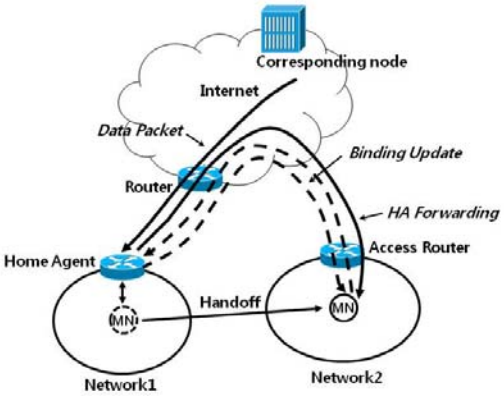
2.2 IPv6 에서의 이동성 지원 기법

기존 IPv6 에서의 이동성 지원 기법은 누가 핸드오프 관련 메시지를 처리하느냐에 따라 크게 MIPv6 와 PMIPv6 로 나누어 볼 수 있다.

• MIPv6(Mobile IPv6)

MIPv6 는 바인딩(Binding) 기법을 이용하여 Mobile Node(MN)의 이동성을 보장하며, 클라이언트 기반 기법이라고 한다[5].

(그림 2)와 같이 홈 네트워크에서 해당 Access Router(AR)를 통해 받은 네트워크 프리픽스(Prefix)를 이용해 만든 IP 주소를 Home Address(HoA)라고 한다. Care-of-Address(CoA)는 MN 이 다른 네트워크로 이동하여 해당 AR 로부터 받은 새로운 네트워크 프리픽스를 이용해 만든 IP 주소이다.



(그림 2) Mobile IPv6

홈 네트워크에 있는 Home Agent(HA)라는 개체에서 HoA 와 CoA 의 두 주소를 서로 바인딩하여 Binding Cache Entry(BCE)에 저장한다. 이를 위해 핸드오프(Handoff)한 MN 이 자신의 HA 에게 Binding Update(BU) 메시지를 직접 전송하여 이동한 네트워크에서 생성한 CoA 와 홈 네트워크에서의 HoA 의 연결을 요구한다.

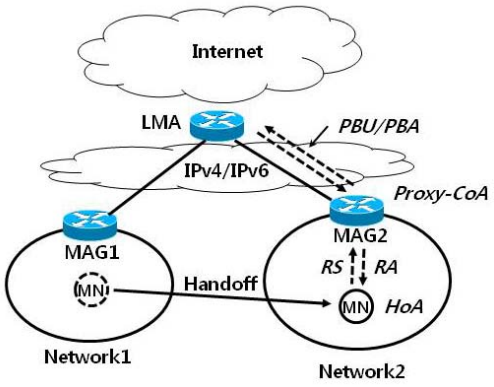
바인딩 업데이트 이후에 MN 과 통신하던 Corresponding Node(CN)가 기존 IP 주소인 HoA 로 패킷을 보내도 HA 가 BCE 의 정보를 바탕으로 해당 패킷을 현재 다른 AR 에 연결되어 있는 MN 의 주소인 CoA 로 보낸다. 따라서 MIPv6 를 이용하면 MN 가 다른 네트워크로 이동하더라도 연속적인 통신을 보장한다. 하지만 MN 가 핸드오프와 관련된 메시지인 BU 를 직접 전송하므로 핸드오프 관련 메시지 처리에 부하를 가진다.

• PMIPv6(Proxy Mobile IPv6)

PMIPv6 는 MN 의 핸드오프에 관련된 메시지를 다른 두 개의 네트워크 개체가 MN 를 대신하여 처리하는 방법으로 네트워크 기반 프로토콜이라 한다[6].

(그림 3)과 같이 PMIPv6 에는 두 가지 네트워크 개체가 정의되었다. 하나는 MIPv6 의 HA 역할을 하며 PMIPv6 도메인의 토폴로지상 연결 지점의 역할을 수행하는 Local Mobility Anchor(LMA)이고, 다른 하나는 AR 의 위치에 존재하며 MN 의 핸드오프를 감지해 MN 을 대신하여 LMA 에게 Proxy Binding Update(PBU) 메시지를 전송하는 Mobile Access Gateway(MAG)이다.

MN 가 새로운 네트워크로 이동하게 되면 새로운 MAG 가 LMA 에게 PBU 메시지를 전송하여 MN 가 이동하였음을 알리고 새로운 터널을 맺어 패킷을 전달한다. 이때, MN 는 MAG 로부터 RA 에 담긴 프리픽스로서 Home Network Prefix(HNP)를 받게 되는데, 이것은 LMA 로부터 MAG 에게 전달된 것을 MAG 가 다시 MN 에게 전달한 것이다. 또한 PMIPv6 도메인 내에서 MN 가 가지는 HNP 는 항상 같기 때문에, MN 는 항상 같은 IP 주소를 생성하게 된다.



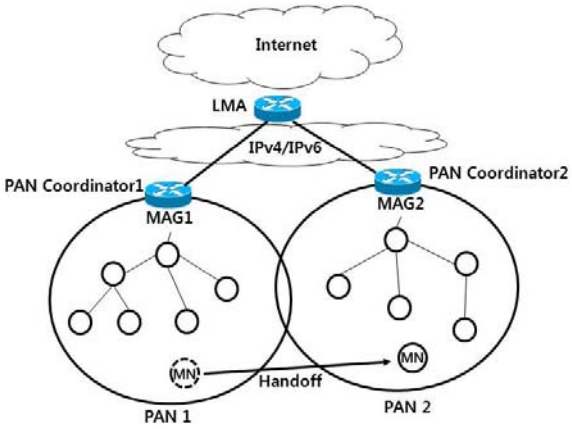
(그림 3) Proxy Mobile IPv6

3. 6LoWPAN 에 PMIPv6 적용시 문제점

6LoWPAN 의 노드들은 멀티홉을 기반으로 연결되어 데이터를 송수신한다. 하지만 PMIPv6 는 기본적으로 원 홉 통신을 가정하고 있기 때문에 6LoWPAN 에 바로 적용하기에는 문제가 있다. (그림 4)와 같이 PMIPv6 도메인에서 MN 가 다른 PAN 으로 이동할 때, MN 은 가장 가까운 거리의 노드에 접속을 하게 된다.

이때 MAG 역할을 하게 되는 PAN coordinator2 는 MN 의 접근을 바로 알 수가 없으므로 MN 에게 Home Prefix 를 광고하는 RA(Router Advertisement) 메시지를 보낼 수가 없다. 따라서 RS(Router Solicitation)는 멀티홉으로 MAG 에게 전달이 되고 RA 는 멀티 홉으로

이동 노드에게 전달이 되어야 한다. 이때 메시지 크기가 커서 RS, RA 메시지 송수신시 경로상의 각 노드의 부하가 커지게 된다. 그러므로 본 논문에서는 기본적으로 원 홉 단위의 연결만을 지원하는 PMIPv6 에 멀티 홉으로 연결되는 6LoWPAN 에서 노드의 이동성을 지원하기 위해서 새로운 RS 와 RA 메시지를 제안한다.

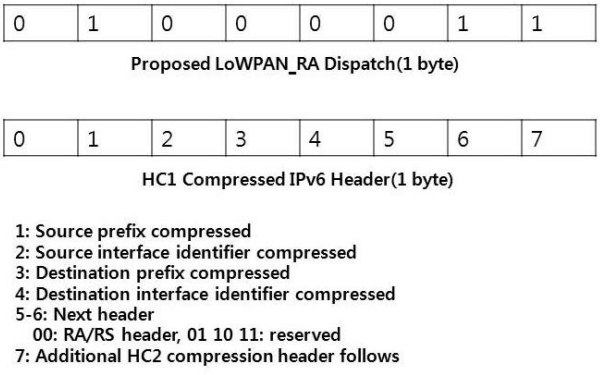


(그림 4) Mobility in 6LoWPAN

4. 제안하는 메시지 포맷

4.1 이동성을 위한 압축된 패킷 헤더 포맷

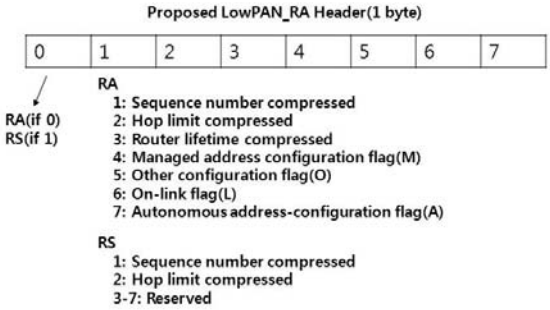
기존의 6LoWPAN 의 헤더는 PMIPv6 의 RS, RA 메시지에 대한 압축에 대해 고려하지 않기 때문에 (그림 5)과 같이 Dispatch 헤더에 Compressed IPv6 Header 를 추가하였다. 그리고 LoWPAN_RA 헤더를 정의하여 RS, RA 메시지의 압축 정보를 포함시켰다.



(그림 5) HC1 Compressed IPv6 Header

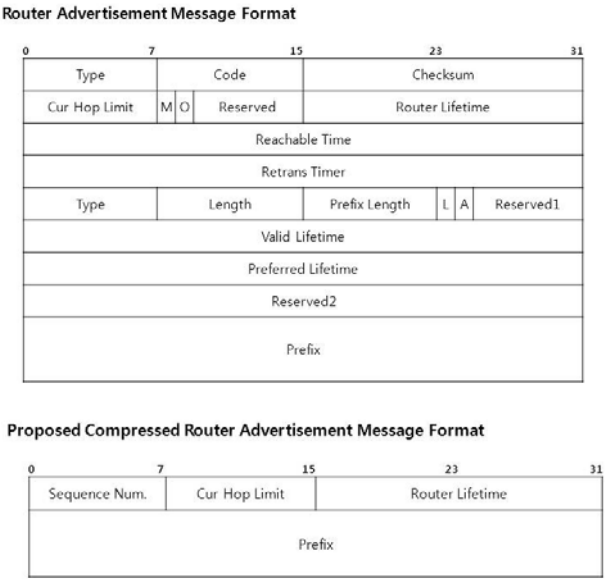
01000011 의 패턴은 RS 이나 RA 메시지가 포함되어 있는 것을 의미한다. 그리고, HC1 Compressed IPv6 헤더의 각 비트의 의미하는 뜻은 (그림 5)와 같다. 기존의 HC1 Dispatch 헤더 비트와는 다르게 5, 6 번째 비트 값이 00 이면 RS, RA 메시지가 Next Header 에 포함되어 있음을 나타낸다.

LoWAPN_RA 헤더는 (그림 6)과 같이 정의한다. 먼저 제일 첫 번째 비트가 0 이면 RA 메시지임을 나타내고 1 이면 RS 메시지임을 나타낸다. RA 를 가리키는 메시지 일 때 1 비트는 Sequence Number 의 압축여부를 나타낸다. 여기서 Sequence Number 를 통해 RA 메시지가 특정 RS 메시지의 응답임을 확인한다. 2 비트는 Hop Limit 의 압축여부를 나타내며, 3 비트는 RA 메시지의 Lifetime 의 압축 여부를 나타낸다.



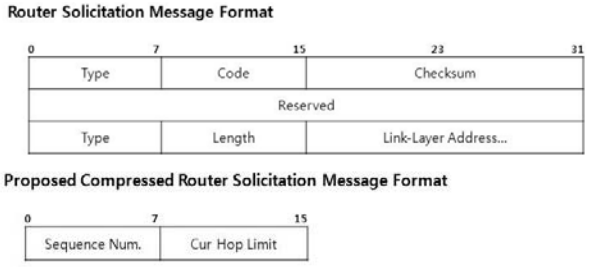
(그림 6) Proposed LoWPAN_RA Header

RA 메시지는 (그림 7)과 같이 제안한다. Type 과 Code 필드는 생략하고 Checksum 또한 의미가 없으므로 생략한다. M, O 플래그는 LoWPAN_RA 에 정의한다. Reachable Time 그리고 Retrans Timer 는 생략한다. Prefix 정보를 보내기 위해 사용되는 옵션에서 L 과 A 옵션은 LoWPAN_RA 에 정의한다. 그리고 Valid Lifetime 과 Preferred Lifetime 은 생략하고 Prefix 만 남긴다.



(그림 7) Proposed Compressed RA message Format

RS 메시지는 (그림 8)과 같이 제안한다. Type 과 Code 필드는 생략하고 Checksum 또한 의미가 없으므로 생략한다. RS 메시지에 대한 RA 를 구분하기 위해 Sequence Number 를 사용한다.



(그림 8) Proposed Compressed RS message Format

결국 RA 메시지는 48bytes 에서 16bytes 로 줄일 수 있었으며, RS 메시지는 24bytes 에서 2byte 로 줄일 수 있었다.

5. 성능평가

본 논문에서는 RS, RA 메시지를 처리할 때 발생하는 delay 를 기준으로 성능평가를 하였다. 성능평가 인자는 <표 1>과 같다[7].

<표 1> 성능평가 인자 테이블

인자	의미
T_{delay}	MN 와 MAG 사이에서 RS/RA 메시지를 전달할 때 걸리는 시간
t_s	신호 메시지의 설정과 처리에 걸리는 시간
H_{PAN}	MN 으로부터 MAG 까지 홉수
P_{RS}	RS 패킷 사이즈
P_{RA}	RA 패킷 사이즈
$BW_{wireless}$	무선 링크 상의 Bandwidth
t_{route}	라우팅 테이블 처리에 걸리는 시간
$L_{wireless}$	Propagation delay 와 Link layer delay 합

위의 인자를 바탕으로 성능평가를 하기 위하여 아래와 같은 계산식을 이용하여 delay 를 구한다[7].

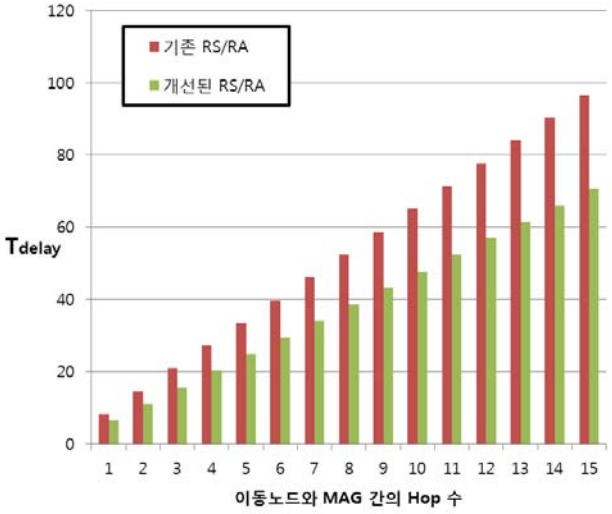
$$T_{delay} = 2ts + \sum [(P_{RS}+P_{RA})/BW_{wireless}+2t_r+2L_{wireless})]$$

위의 식을 이용하면 MN 와 MAG 사이의 홉수에 따라 기존 RS, RA 메시지와 개선된 RS, RA 메시지의 delay 를 비교해보면 (그림 9)와 같이 개선된 RS, RA 에서 delay 가 감소하는 것을 확인할 수 있다. 홉수가 10 일 때 기존의 방법일 때 65.06ms 가 걸리고 개선된 방법일 때는 47.78ms 가 소요된다.

6. 결론

6LoWPAN 에서의 노드의 이동성 지원에 대한 연구는 홈/공장 자동화, 스마트 그리드, 차량 통신 등의 다양한 분야에서 활용될 수 있다. IPv6 상의 표준화된 이동성 기법 중에서 호스트 기반 기법인 MIPv6 보다는 네트워크 기반 기법인 PMIPv6 가 6LoWPAN 에 적합하다. 하지만 PMIPv6 는 기본적으로 원 홉을 기반으로 하고 있고 센서 노드의 하드웨어적 제한으로 인해 기존의 PMIPv6 를 그대로 적용하기에는 무리가 있다. 본 논문에서는 PMIPv6 를 6LoWPAN 에 적용하였을 때 원 홉 기반에 따른 문제점을 알아보고 새로운 RS, RA 메시지를 제안하였다. 경량화된 RS, RA 메시지를 이용함으로써 MN 가 이동할 때 소비되는 에너지를 줄일 수 있다.

향후, 본 논문에 다양한 환경을 고려하여 정확한 성능평가를 통해 제안한 기법의 효율성 검증과 함께 PMIPv6 를 6LoWPAN 에 적용하였을 때 생길 수 있는 다른 다양한 이슈에 대해 연구를 진행할 계획이다.



(그림 9) RS/RA 메시지 처리시 Delay 비교

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2010 년도 산학연공동기술개발사업(No. 00044301)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

[1] Sung-Min Jung, Young-Ju Han, and Tai-Myoung Chung, “The Concentric-Cluster Routing Scheme adapted to Large-Scale sensor networks,” The 5th International Conference on Advances in Mobile Computing & Multimedia(MoMM), Dec. 2007.

[2] IEEE Computer Society, “IEEE Std. 802.15.4-2003”, Oct. 2003.

[3] ZigBee Alliance, “ZigBee Specification 1.0”, Dec. 2004.

[4] G. Montenegro, N. Kushalnagar, J. Hui, and D. Culler, “Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks.” IETF RFC4944, Sep. 2007.

[5] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, “Mobility Support in IPv6,” IETF RFC 3775, Jun. 2004.

[6] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, and B. Patil, “Proxy Mobile IPv6,” IETF RFC5213, Aug. 2008.

[7] Jin Ho Kim et al., “A Lightweight NEMO Protocol to Support 6LoWPAN,” ETRI Journal, vol.30, no.5, Oct. 2008.