

# 스마트 홈의 IoT 환경 구축을 위한 이동성관리 기법

장하나\*, 이성길\*\*,  
 \*성균관대학교 정보통신공학과  
 \*\*성균관대학교 컴퓨터공학과  
 e-mail : hnsh77@naver.com

## A Novel Mobility Management Scheme for Building Smart Home IoT Environments

Jang-HA NA\*, Lee-Sung Gil\*\*  
 \*Dept. of Information & Communication, Sungkyunkwan University  
 \*\*Dept. of Information & Communication, Sungkyunkwan University

### 요 약

무선 센서 네트워크(WSN)는 의사소통의 수단이었던 기존 네트워크와는 달리 자동화된 원격 정보 수집을 기본으로 하여 다양한 응용 개발에 활용되면서 센서의 이동성이 중요한 문제로 다루어진다. 이를 바탕으로 본 논문에서는 센서기반 PMIPv6 네트워크에서 IoT 기술을 이용한 스마트 홈의 이동성 관리 기법을 제안한다. 시그널링 비용, 이동성 비용 등을 고려하여 성능분석을 실시하였고 [1,2], 분석결과 기존의 PMIPv6 와 SPMPv6 에 비하여 제안하는 기법이 전체적으로 개선되었음을 알 수 있다.

### 1. 서론

최근 사물인터넷(Internet of things, IoT)이 ICT 기술의 기반이 되는 중요한 기술로 여겨지면서 실생활에 많이 적용이 되고 있다[4]. 그리고 자동화와 가정이라는 개인 공간으로 IoT의 적용이 확대되면서 스마트 홈(Smart Home)이 등장하게 되고, 시장 규모도 높은 성장을 보이고 있다. 이를 바탕으로 IoT 기술을 이용한 스마트 홈의 이동성에 대해 분석하고, 제안된 기법이 더 좋다는 것을 증명하기 위해 비용분석과 성능평가를 실시한다.

### 2. 관련연구

PMIPv6(Proxy Mobile IPv6)는 IETF에서 정의한 네트워크 프로토콜로, Mobile IP와 유사하게 동작하지만 단말의 이동성에 대한 어떠한 처리도 요구하지 않기 때문에 망 기반 이동성 관리라고 한다[3,7].

사물인터넷(IoT) [4,6]은 가전제품, 전자 기기 및 스마트 홈, 스마트 카, 스마트 팩토리 등 다양한 분야에서 사물을 네트워크로 연결하여 정보를 공유하는 기술을 말한다. 모든 사물에는 센서가 내장되어 있어 서로간에 통신이 가능하고, 센서를 이용하여 수집한 정보를 주고 받으면서 수집된 정보를 분석하고, 어떠한 결정을 내리기도 한다.

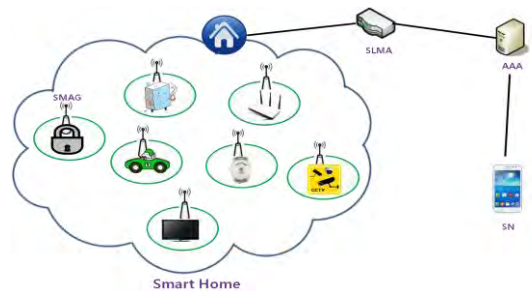
스마트 홈(Smart Home)은 가전 제품을 비롯해 에너지 소비장치, 보안기기 등 다양한 분야에서 모든 것을 통신망으로 연결하여 모니터링 및 제어할 수 있는

기술을 말한다[5].

### 3. IoT 기술을 이용한 스마트 홈의 이동성 관리

PMIPv6, SPMPv6[4]보다 나은 성능을 얻기 위해 SMAG(Sensor MAG), SLMA(Sensor LMA), SN(Sensor Node)를 이용하였다[10]. SMAG의 역할은 SN의 움직임을 감지하고, SLMA와 이동성 관련 시그널링을 시작한다. 그리고 SLMA의 역할은 도메인 내에서 이동하는 동안 SN의 주소에 도달하도록 유지해준다. 또한 SN의 역할은 소형 센서 라우터 역할을 하여 주변 환경을 감지한다.

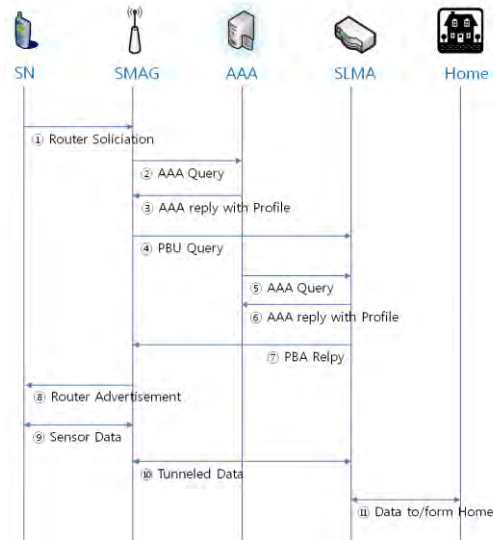
#### 1. 시스템 아키텍처



(그림 1) 스마트 홈 아키텍처

그림 1 은 스마트 홈의 아키텍처[9]를 나타낸다. 스마트 홈[5]은 센서 네트워크를 통해 자동차 제어, 난방제어, 가스제어, 화재제어, 가전기기, CCTV 에 관하여 시간과 장소의 제약을 받지 않고 원격으로 조정이 가능하다. 또한 사용자 개입이 없어도 센서를 이용하여 서로 통신이 가능하므로 사용자는 스마트한 생활을 할 수 있게 된다.

2. 작동절차



(그림 2) 스마트 홈의 시퀀스 다이어그램

그림 2 는 스마트 홈의 시퀀스 다이어그램을 나타낸다. 처음 SN 가 SMAG 도메인에 접속하면, 접속인증절차는 SN 주소를 사용함으로써 수행된다. 성공적인 접속 인증 후, SMAG 는 AAA Service policy 로부터 SN 의 프로파일을 얻는다. 이 프로파일은 SN 의 주소, SLMA 의 주소, 환경설정모드를 지원하는 주소, 그리고 다른 관련된 정보를 포함한다. SLMA 가 PBU 메시지를 받으면, Policy store 에서 인증을 확인하고, 수신자는 PBU 메시지를 보내는 권한을 가진다. 만약 수신자가 신뢰할 수 있는 SMAG 라면, SLMA 는 PBU 메시지를 받아들인다. SLMA 는 PBA 메시지, 포함된 SN 의 홈 네트워크 프리픽스 옵션을 보낸다. SN 는 SMAG 에게 RS 메시지를 보내면, 다시 NMAG 는 RA 메시지를 보내온다. 그리고 SN 의 홈 네트워크 프리픽스에서 SMAG 에서 터널을 통해 홈 네트워크 프리픽스에 대한 경로를 설정하고, SN 은 Home 과 통신을 하게 된다.

4. 성능평가

1. 비용분석

표 1 의 성능분석을 위한 시스템 매개변수를 나타낸다. 다양한 매개변수를 이용하여 시그널링 비용, 이동성 비용, 패킷전달 비용, 에너지 소비를 기반으로 성능평가를 실시하였다.

<표 1> 시스템 매개변수

Parameter	Description	Value
PBU	Proxy Binding Update Message	44/68/96
PBA	Proxy Binding Acknowledgement Message	512/1024/2028
$D_{MAG-LMA}$	Distance between MAG and LMA	2
$(D_{SMAG-SLMA})$	(Distance between SMAG and SLMA)	
$D_{MN-MAG}$	Distance between MN and MAG	1
$(D_{SN-SMAG})$	(Distance between SN and SMAG)	
$\alpha$	Unit transmission cost in a wireless link	10
$\beta$	Unit transmission cost in a wired link	1
RS	Router Solicitation Message	8/16/24
RA	Router Advertisement Message	52/64/80
$C_{sd}$	Sensor Mobility Cost	600/800/1040
$C_{bu}$	Binding Update Cost	1112/2184/4288
$\epsilon$	Redirecting Packets to MN	0.8
$\delta$	Discarding Packets	0.2
$U_{bu}$	Average of the Location Update	10.3
$K_{LS}$	Location Step	20

먼저 바인딩 업데이트 수를 정의하기 위해 마코프 체인의 확률[8]에서 intra-WSN 이동성 비율을 나타내는  $M_{intra}$  와 inter-WSN 이동성 비율을 나타내는  $M_{inter}$  를 이용한다. 바인딩 업데이트 수는 SN 가 WSN 사이를 움직일 때와 경계영역에 노드가 입력될 때 바인딩 업데이트 메시지를 보낼 필요가 있다.

$M_{intra}$  의 값은 다음과 같이 정의한다.

$$M_{intra} = \frac{K_{LS} - U_{bu}}{K_{LS}}$$

그리고,  $M_{inter}$  의 값은 다음과 같이 정의한다.

$$M_{inter} = \frac{U_{bu}}{K_{LS}}$$

여기에서  $U_{bu}$  의 값은 위치 업데이트의 평균으로 구할 수 있다.

$$U_{bu} = M_i[y_1^{(k)}] + M_i[y_2^{(k)}] + M_i[y_3^{(k)}] + M_i[y_4^{(k)}] = \sum_{n=1}^4 M_i[y_n^{(k)}]$$

PMIPv6 의 전체 시그널링 비용은 시그널링 비용과 패킷 전달비용의 합으로 계산 된다.

$$TC_{PMIPv6} = SC_{PMIPv6} + PD_{PMIPv6}$$

그리고 시그널링 비용과 패킷 전달 비용은 다음과 같이 계산된다.

$$SC_{PMIPv6} = M_{intra} C_{sd}^{PMIPv6} + M_{inter} (C_{sd}^{PMIPv6} + C_{bu}^{PMIPv6})$$

$$PD_{PMIPv6} = \lambda_p \cdot t_{L2} \cdot \eta (C_{CN,LMA} + C_{LMA,MAG} + C_{MAG,MN} + C_{LMA})$$

여기에서,  $C_{sd}$  와  $C_{bu}$  는 센서 이동성 비용과 바인딩 업데이트 비용을 나타낸다.

$$C_{sd}^{PMIPv6} = \alpha \cdot (RS_{PMIPv6} + RA_{PMIPv6}) D_{MN-MAG}$$

$$C_{bu}^{PMIPv6} = \beta \cdot (PBU_{PMIPv6} + PBA_{PMIPv6}) D_{MAG-LMA}$$

SPMIPv6 의 전체 시그널링 비용은 시그널링 비용과 패킷 전달비용의 합으로 계산 된다.

$$TC_{SPMIPv6} = SC_{SPMIPv6} + PD_{SPMIPv6}$$

그리고 시그널링 비용과 패킷 전달 비용은 다음과 같이 계산된다.

$$SC_{SPMIPv6} = M_{intra} C_{sd}^{SPMIPv6} + M_{inter} (C_{sd}^{SPMIPv6} + C_{bu}^{SPMIPv6})$$

$$PD_{SPMIPv6} = \lambda_p \cdot t_{L2} \cdot \eta (C_{CN,SLMA} + C_{SLMA,SMAG} + C_{SMAG,SN} + C_{SLMA})$$

여기에서,  $C_{sd}$  와  $C_{bu}$  는 센서 이동성 비용과 바인딩 업데이트 비용을 나타낸다.

$$C_{sd}^{SPMIPv6} = \alpha \cdot (RS_{SPMIPv6} + RA_{SPMIPv6}) D_{SN-SMAG}$$

$$C_{bu}^{SPMIPv6} = \beta \cdot (PBU_{SPMIPv6} + PBA_{SPMIPv6}) D_{SMAG-SLMA}$$

SH-IoT 의 전체 시그널링 비용은 시그널링 비용과 패킷 전달비용의 합으로 계산 된다.

$$TC_{SH-IoT} = SC_{SH-IoT} + PD_{SH-IoT}$$

그리고 시그널링 비용과 패킷 전달 비용은 다음과 같이 계산된다.

$$SC_{SH-IoT} = M_{intra} C_{sd}^{SH-IoT} + M_{inter} (C_{sd}^{SH-IoT} + C_{bu}^{SH-IoT})$$

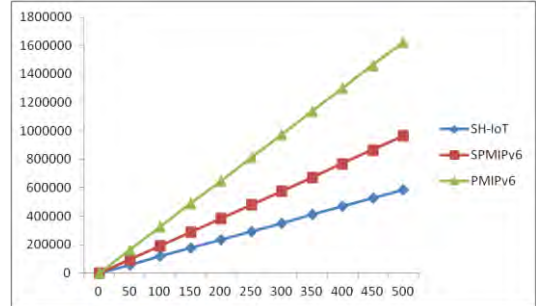
$$PD_{SH-IoT} = \lambda_p \cdot t_{L2} \cdot \eta (C_{Home,SLMA} + C_{SLMA,SMAG} + C_{SMAG,SN} + C_{SLMA})$$

여기에서,  $C_{sd}$  와  $C_{bu}$  는 센서 이동성 비용과 바인딩 업데이트 비용을 나타낸다.

$$C_{sd}^{SH-IoT} = \alpha \cdot (RS_{SH-IoT} + RA_{SH-IoT}) D_{SN-SMAG}$$

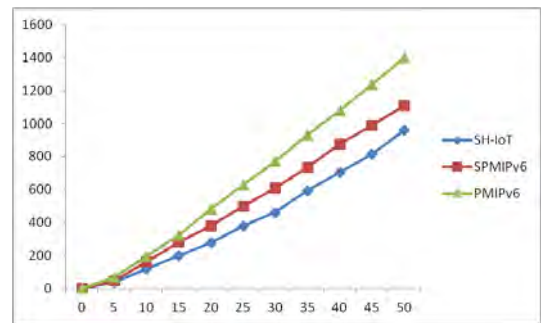
$$C_{bu}^{SH-IoT} = \beta \cdot (PBU_{SH-IoT} + PBA_{SH-IoT}) D_{SMAG-SLMA}$$

## 2. 분석 결과



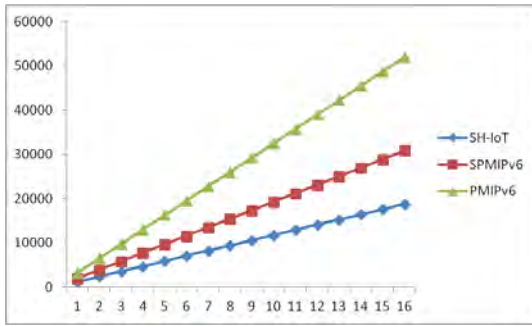
(그림 3) 시그널링 비용과 WSN 노드의 수

그림 3 은 시그널링 비용과 각 기법들에 대한 WSN 노드의 수를 나타낸다. 분석 결과, 노드 수가 증가하면 시그널링 비용도 같이 증가하는 것을 볼 수 있다. 제안된 기법이 다른 기법들에 비해 바인딩 업데이트 비용이 가장 적게 발생하기 때문에 이동성 비용도 가장 적다. 따라서, WSN 노드의 수 측면으로 볼 때 제안된 기법이 다른 기법들과 비교하여 가장 좋음을 알 수 있다.



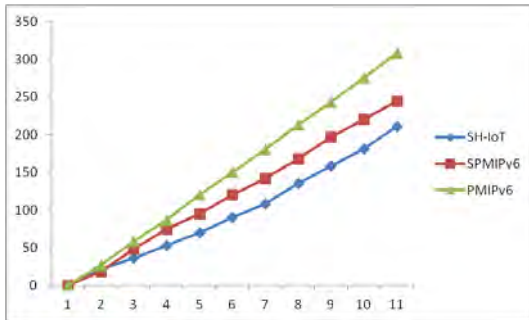
(그림 4) 이동성 비용과 WSN 노드의 수

그림 4 는 이동성 비용과 각 기법들에 대한 WSN 노드의 수를 나타낸다. 분석 결과, 노드 수가 증가하면 이동성 비용도 같이 증가하는 것을 볼 수 있다. 제안된 기법이 다른 기법들에 비해 바인딩 업데이트 비용이 가장 적게 발생하기 때문에 이동성 비용도 가장 적다. 따라서, WSN 노드의 수 측면으로 볼 때 제안된 기법이 다른 기법들과 비교하여 가장 좋음을 알 수 있다.



(그림 5) 시그널링 비용과 홉의 수

그림 5는 시그널링 비용과 각 기법들에 대한 홉의 수를 나타낸다. 분석 결과, 홉의 수가 증가하면 시그널링 비용도 같이 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 제안된 기법이 다른 기법들에 비해 바인딩 업데이트 비용이 가장 적게 발생하기 때문이다. 따라서, 홉의 수 측면으로 볼 때 제안된 기법이 다른 기법들과 비교하여 가장 좋을 수 있다.



(그림 6) 이동성 비용과 홉의 수

그림 6은 이동성 비용과 각 기법들에 대한 홉의 수를 나타낸다. 분석 결과, 홉의 수가 증가하면 이동성 비용도 같이 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 제안된 기법이 다른 기법들에 비해 바인딩 업데이트 비용이 가장 적게 발생하기 때문이다. 따라서, 홉의 수 측면으로 볼 때 제안된 기법이 다른 기법들과 비교하여 가장 좋을 수 있다.

### 5. 결론

본 논문에서는 PMIPv6, SPMIPv6, SH-IoT의 비용분석과 성능평가를 통해 WSN 노드의 수 측면에서 시그널링 비용, 이동성 비용을 다양한 매개변수를 이용하여 비교하였다. 또한 홉의 수 측면에서 시그널링 비용, 이동성 비용을 다양한 매개변수를 이용하여 비교하였다. 그 결과 바인딩 업데이트 비용이 가장 적은 SH-IoT 기법의 시그널링 비용과 이동성 비용이 다른 기법들에 비해 적게 발생하는 것을 알 수 있었다. 따라서 스마트 홈 환경에서 제안된 기법이 다른 기법들에 비해 효율적인 기법이라는 것을 알았고, 차후 스마트 홈의 진화에 대해 다양한 기법들의 제안과 분석이 활성화 될 것으로 기대한다.

### 참고문헌

- [1] Motaharul Islam, Eui Nam Huh, "Sensor Proxy Mobile(SPMIPv6)-A Novel Scheme for Mobility Supported IP-WSNs," Sensor, PP.1865-1887, November 2011.
- [2] Md. Motaharul Islam and Eui-Nam Huh, "A Novel addressing Scheme for PMIPv6 Based Global IP-WSNs," Sensors, PP.8430-8455, November 2011.
- [3] Gundavelli S, Leung K, Devarapalli V, Chowdhury K, and Patil B, "Proxy Mobile IPv6," IETF RFC 5213, August 2008.
- [4] A.P. Castellani, N. Bui, P. Casari, M. Rossi, Z. Shelby, M. Zorzi, "Architecture and protocols for the Internet of Things: A case study", pp. 678-683, 2010
- [5] Mahmoudi, Belkhir, "Extension of SIP Protocol for managing home networks, IEEE Programming and Systems, April, 2011.
- [6] Jayavardhana Gubbi,a Rajkumar Buyya,b Slaven Marusic,aMarimuthu Palaniswamia, " Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions", Future Feneration Computer Systems, pp.1645-1660, Semtember, 2013
- [7] T.Narten, E.Nordmark, W.Simpson, and H.Soliman, "Neighbor Discovery for IP version6," NTWG RFC 4861, Semtember, 2007
- [8] Ching k, H, Shenoy N A, "2D Random walk mobility model for location management studies in wireless networks," IEEE Transactions On vehicular Technology, pp,413-424, March, 2004
- [9] Seung Won Kim, JongPil Jeong, "Design and Performance Analysis of A Novel P2P-SIP Architecture for Network-based Mobility Support in Intelligent Home Networks", KIPS, PP.293-302, February, 2013
- [10] Hana Jang, JongPil Jeong, "mSFP: Multicasting-based Inter-Domain Mobility Management Scheme in Sensor-based Fast Proxy Mobile IPv6 Networks, KIPS, PP.15-26, February, 2013