

mSFP: Multicasting-based Inter-Domain Mobility Management Scheme in Sensor-based Fast Proxy Mobile IPv6 Networks

Hana Jang[†] · Jongpil Jeong^{††}

ABSTRACT

IP-based Wireless Sensor Networks (IP-WSNs) are gaining importance for their broad range of applications in health-care, home automation, environmental monitoring, industrial control, vehicle telematics and agricultural monitoring. In all these applications, mobility in the sensor network with special attention to energy efficiency is a major issue to be addressed. Because of the energy inefficiency of networks-based mobility management protocols can be supported in IP-WSN. In this paper we propose a network based mobility supported IP-WSN protocol called Multicasting -based inter-Domain Mobility Management Scheme in Sensor-based Fast Proxy Mobile IPv6 Networks (mSFP). Based on [8,20], We present its network architecture and evaluate its performance by considering the signaling and mobility cost. Our analysis shows that the proposed scheme reduces the signaling cost, total cost, and mobility cost. With respect to the number of IP-WSN nodes, the proposed scheme reduces the signaling cost by 7% and the total cost by 3%. With respect to the number of hops, the proposed scheme reduces the signaling cost by 6.9%, the total cost by 2.5%, and the mobility cost by 1.5%. With respect to the number of IP-WSN nodes, the proposed scheme reduces the mobility cost by 1.6%.

Keywords : Wireless Sensor Network, mSFP, IP-WSN, 6LoWPAN, IEEE 802.15.4

센서기반 FPMIPv6 네트워크에서 멀티캐스팅 기반의 도메인간 이동성관리 기법

장 하 나[†] · 정 종 필^{††}

요 약

IP기반 무선 센서 네트워크(IP-WSN)는 의료, 주택 자동화, 환경 모니터링, 산업용 제어, 차량 텔레매틱스 및 농업 모니터링 등 광범위하게 적용되고 있다. 이러한 적용은 에너지 효율과 함께 센서의 이동성이 중요한 문제로 다루어진다. 에너지 비효율로 인해 네트워크 기반의 이동성 관리 프로토콜은 IP-WSN에서 지원될 수 있다. 본 논문에서는 IP-WSN 프로토콜을 지원하는 멀티캐스팅 기반의 빠른 이동성관리 기법(mSFP)을 제안한다. 네트워크 구조와 시그널링 비용, 이동성 비용 등을 고려한 성능분석을 수행하였고[8,20], 분석 결과 PMIPv6와 SPMPv6에 비하여 mSFP의 시그널링 비용, 전체 시그널링 비용, 이동성 비용이 모두 감소되었다. IP-WSN 노드의 수 측면에서 mSFP의 시그널링 비용은 7%, 전체 시그널링 비용은 3% 더 감소되었다. 홉의 수 측면에서 mSFP의 시그널링 비용은 6.9%, 전체 시그널링 비용은 2.5% 더 감소되었다. IP-WSN 노드의 수 측면에서 이동성 비용은 1.6%, 홉의 수 측면에서 이동성 비용은 1.5% 더 감소되었다.

키워드 : 무선 센서 네트워크, mSFP, IP-WSN, 6LoWPAN, IEEE 802.15.4

1. 서 론

최근 미세한 전자·기기 시스템과 무선 통신 시스템의 발

전은 저비용, 저전력, 다기능적인 SN(Sensor Node)의 발전을 가져온다. 이것은 크기가 작고, 짧은 거리를 통해서 통신이 가능하다[1,2]. 센서 네트워크는 통신 네트워크의 특별한 유형으로, 다수의 작은 SN으로 구성되고, SN의 위치는 내부 또는 가까이 위치한다[1].

IPv6 통신방식을 정의하는 IETF의 6LoWPAN(저전력 무선 사설 네트워크) 워킹그룹은 IEEE 802.15.4 인터페이스에 의해 실행될 것이다[3,4]. 6LoWPAN은 현재 IP-WSN의 다양한 구현을 만들고, 가능한 외부 세계와의 단말간 통신을

※ 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초 연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0027030).

† 정 회 원: 성균관대학교 정보통신대학원 석사과정

†† 정 회 원: 성균관대학교 산학협력단 산학협력중점교수

논문접수: 2012년 6월 26일

수 정 일: 1차 2012년 11월 6일

심사완료: 2012년 11월 30일

* Corresponding Author: Jongpil Jeong(jpjeong@gmail.com)

할 수 있지만, SN의 과도한 신호전달비용은 많은 터널링 때문에 무선에서의 통신을 어렵게 만든다. 그러므로 과도한 신호전달비용은 IP-WSN의 응용프로그램에 제한이 될 수 있다[5]. 지금 대부분의 통신 프로토콜은 호스트를 기반으로 되어 있다. 각각의 노드는 이동성 관련 시그널링에 대한 참여를 필요로 하기 때문에 IP-WSN에 대해서 사실상 불가능하다. PMIPv6[9]는 네트워크를 기반으로 한 프로토콜로, 모든 이동성 관련 시그널링에 참여하도록 호스트를 요구하지 않고, 제한된 어떠한 IPv6 호스트 내와 네트워크의 위상화된 부분에 이동성 지원을 제공한다.

IP-WSN를 기반으로 한 6LoWPAN은 지역화된 도메인에서 이동성 시나리오를 소개하고 향상시키기 위해 센서 네트워크 호환의 PMIPv6를 사용할 수 있다. 아래 Fig. 1은 IP기반 모바일 네트워크에서 이동성관리를 보여준다. 이것을 염두해 두고, IP-WSN에게 에너지 효율적인 네트워크를 기반으로 한 통신프로토콜을 제안하고, IP-WSN에서의 이동성에 초점을 맞춘다. 여기에서 우리는 IP-WSN에 대한 mSFP를 제안한다. 제안 구조는 센서 네트워크를 기반으로 한 LMA(Local Mobility Anchor), MAG(Mobile Access Gateway), SN(Sensor Node) 등으로 구성된다. 그리고 IPv6 헤더 스택을 사용할 수 있다. SN를 포함하는 모든 IP 장치들은 IP-WSN를 통하여 mSFP 프로토콜을 구현하는 것이 가능하다.

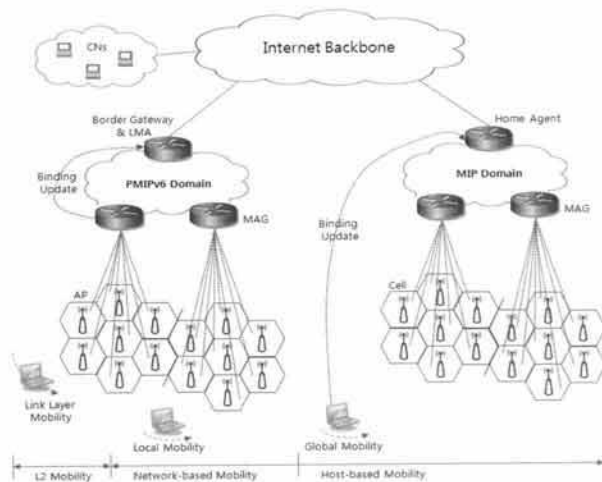


Fig. 1. IP-based mobility management in mobile networks

IP-WSN는 구조 모니터링, 의료, 스마트 홈, 차량 텔레메틱스, 농업 모니터링 등 다양한 응용 프로그램들이 있다[6]. 노드 간의 통신은 공동의 기능이 있기 때문에 매우 중요하다. 이러한 경우 메쉬 접근을 기반으로 한 IP-WSN는 통신을 강화하고, 각각의 SN에 대하여 라우터 또는 모든 기능의 장치처럼 수행할 수 있다. 이것은 6LoWPAN에서 라우팅 문제로 루트에서 논의된다. 게다가 IP-WSN를 기반으로 한 mSFP는 각각의 SN와 센서 네트워크 환경에서 노드 간의 원활한 의사소통을 가능하게 한다. IP-WSN의 구조는

각각의 SN 또는 그룹화된 SN의 에너지 효율 이동성을 제안한다. 에너지 효율에 대한 이해와 함께 IP-WSN 도메인에서 센서 네트워크 기반의 지역화된 이동성관리 프로토콜이 제안되었다. mSFP 기법의 운영 아키텍처, 시퀀스 다이어그램, 네트워크 아키텍처, 제안된 프로토콜구조의 성능분석을 제안한다. 수학적 분석은 제안된 방식의 효과를 보여주기 위해 실시한다. 분석 결과는 제안된 구조에서 각각의 MIPv6와 PMIPv6에 비해 IP-WSN의 수와 홉 수의 측면에서 시그널링 비용과 이동성 비용을 효율적으로 감소되었음을 보여준다.

논문의 나머지 부분은 다음과 같이 구성된다. 2장은 PMIPv6, 6LoWPAN 및 멀티캐스팅 기반의 이동성관리 등의 관련연구를 설명한다. 제안한 mSFP 프로토콜 구조, 시퀀스 다이어그램은 3장에서 이에 대한 성능분석 결과는 4장에서 설명한다. 본 논문의 결론은 5장에서 제시한다.

2. 관련 연구

2.1 PMIPv6

PMIPv6의 기초는 MIPv6 시그널링의 확장과 홈 에이전트기능과 같이 많은 개념을 재사용하는 의미에서 MIPv6에 기반한다[11,12]. 그러나 PMIPv6는 위상화된 도메인에서 모바일 노드(MN)에게 네트워크를 기반으로 한 이동성관리 지원을 제공하도록 제안되었다[3]. 그러므로 MN은 모든 이동성 관련 시그널링의 참여가 자유롭고, 서버 네트워크에서 프록시 이동성 에이전트는 MN을 대신하여 이동성 관련 시그널링을 수행한다. MN이 PMIPv6 도메인에 들어가고 인증 절차를 수행하면, 서버 네트워크는 보장된다. MN은 항상 홈 네트워크에 있고, 모든 액세스 네트워크에서 홈 어드레스를 얻을 수 있다. 서버 네트워크는 각각의 MN에게 고유 홈 네트워크 프리픽스를 할당하고, 개념적으로 PMIPv6 도메인 내에서 움직일 때마다 프리픽스는 항상 MN을 따라다닌다. MN의 관점을 형성하고, 전체 PMIPv6 도메인을 홈 네트워크로 나타낸다. 따라서, MN에서 주소를 구성하는 것은 필요하지 않다. PMIPv6의 새로운 기능 독립체는 MAG와 LMA이다[10]. MAG은 일반적으로 액세스 라우터(AR)에서 실행된다. MAG의 중요한 역할은 MN의 움직임을 감지하고, MN을 대신하여 LMA와 이동성 관련 시그널링을 시작한다. 게다가 MAG은 MN 주소를 사용할 수 있도록 하기 위한 LMA와의 터널을 설립한다. 이것은 홈 네트워크 프리픽스와 각각의 MN에 대한 액세스 네트워크에서 MN의 홈 네트워크를 모방한다. 한편, LMA는 MIPv6에서 HA와 비슷하다. 그러나, 이것은 PMIPv6를 지원하기 위한 추가적인 기능을 요구한다. LMA의 중요한 역할은 PMIPv6 도메인 내에서 이동하는 동안에 MN의 주소에 도달하도록 유지한다. 그리고 LMA는 현재 등록된 MN에 대한 BCE(Binding Cache Entry)를 포함한다. LMA에서 BCE의 유지는 MN 식별자, MN의 홈 네트워크 프리픽스, 프록시 등록을 나타내는 플래그, LMA와 MAG 사이의 양방향 터널 인터페이스 식별

자와 같은 몇 가지 추가적인 기능과 함께 PMIPv6 에서 HA 보다 더 연장된다. 이러한 정보는 서버 MAG과 함께 MN과 연관이 있고, MAG과 LMA의 사이가 유지되는 관계가 될 수 있다.

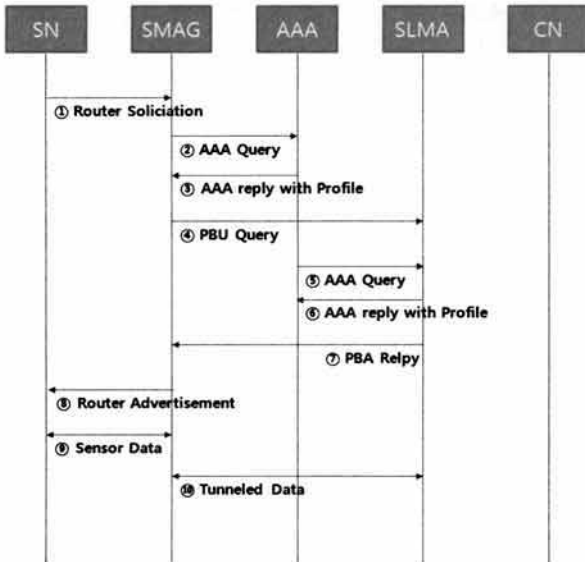


Fig. 2. Message Flow of Sensor-intergrated PMIPv6 Networks

Fig. 2는 PMIPv6[9]를 이용한 메시지 흐름의 시퀀스 다이어그램을 나타낸다. 1) SN가 SMAG도메인에 접속하면, 접속인증절차는 SN주소를 사용함으로써 수행된다. 2) 성공적인 접속 인증 후, SMAG는 AAA Service policy로부터 SN의 파일을 얻는다. 3) 프로파일은 SN의 주소, SLMA의 주소, 지원하는 주소형태모드, 다른 관련된 정보를 포함한다. 4) SMAG가 PBU메시지, 포함된 MN주소, SN를 대표하는 SN의 SLMA를 보낸다. SLMA가 PBU 메시지를 받으면, Policy store에서 인증을 확인하고, 수신자는 PBU 메시지를 보내는 권한을 가진다. 만약 수신자가 SMAG를 신뢰하면, SLMA는 PBU 메시지를 받아들인다. 5) SLMA는 PBA메시지, 포함된 MN의 홈 네트워크 옵션을 보낸다. 그리고, SN의 홈 네트워크 프리픽스에서 SMAG에서 터널을 통해 홈 네트워크 프리픽스에 대한 경로를 설정한다.

2.2 6LoWPAN

IETF의 6LoWPAN 그룹은 IEEE 802.15.4 를 통해 IPv6 패킷을 보내기 위한 적응 계층을 정의한다. 6LoWPAN의 목표는 127 byte IEEE 802.15.4 프레임에 맞게 IPv6 패킷의 크기를 줄여야 한다. 6LoWPAN은 헤더 압축 방식, 단편화 방식, IEEE 802.15.4 네트워크에서 IPv6 링크 로컬 주소를 framing 하기 위한 방법으로 구성을 제안한다[5,6]. 그 제안은 또한, 확장성과 센서 네트워크의 이동성을 향상시킨다. 6LoWPAN의 변화는 IPv6 네트워크와 IEEE 802.15.4 네트워크 사이에서 상당한 차이를 보인다. IPv6 네트워크에서 최대전송단위는 1280 바이트로 정의하지만, IEEE 802.15.4

프레임 사이즈는 127 octets이다. 그러므로, IP계층과 MAC 계층 사이의 적응계층은 IEEE 802.15.4 링크를 통해 IPv6 패킷을 전송해야 한다. 적응 계층은 메쉬형 아래의 패킷 전송을 위한 단편화, 재조립, 헤더 압축 및 압축 해제, 메쉬 라우팅, 어드레싱에 대한 책임이 있다. 6LoWPAN 프로토콜은 40바이트에서 2바이트까지 IPV6 헤더의 압축방식을 지원한다[7,15].

6LoWPAN의 이동성은 새롭고 흥미로운 애플리케이션을 야기할 수 있다. 가능한 응용 프로그램 중 하나인 모바일 SN는 의료에 사용된다. 환자가 여러 개의 센서를 착용하면, 심장 박동수와 같이 의료 파라미터 정보는 그들이 움직이는 동안 모니터 된다. SN는 무선 신체 센서 네트워크(WBSN)를 형성하고, 그들이 허브나 제어정보를 전송하기 위하여 메쉬 라우팅을 사용한다. 그것은 PDA나 Laptop을 사용할 수 있다. 기존의 통신기술은 WBSN의 내부 및 외부 통신의 지원을 고려해왔다. 그러나 이러한 프로토콜의 대부분이 WBSN에서 사용될 때 단점을 가진다. 예를 들면, WLAN 기술은 PDA나 노트북과 같이 강력한 장치와의 인터페이스를 피하기 위해서 전송 전력을 증가시키기 위한 저전력 WBSN 장치에 적합하지 않다. 마찬가지로, UWB와 같은 몇몇 통신 기술들은 복합 프로토콜과 WBSN에 실현 가능하지 않은 하드웨어를 필요로 한다. 저자가 지적한 6LoWPAN은 IEEE 802.15.4 설계를 기반으로 하기 때문에 WBSN에 대한 가장 적합한 기술이다[12]. IEEE 802.15.4 규격은 낮은 데이터률, 저전력, 덜 복잡한 프로토콜, SN에 대한 장치를 의미한다. IPv6와 상호작용하는 SN는 인터넷을 포함한 다른 모든 IP 네트워크와 쉽게 상호작용 한다. 이것은 센서정보가 어디에서나 접근할 수 있음을 의미한다. 여기에서 저자는 SN에 대한 마이크로 이동성 지원의 설계와 블루투스 센서 네트워크의 AP간 로밍을 제안한다[13]. 그 장치는 AP에 대한 IP 주소와 SN를 배치하고, MN은 채널 수의 사용 없이 식별되도록 제안된다. 또한 저자는 블루투스에게 IP 패킷을 운반하도록 미들웨어를 설계한다. 그러나 SN는 MN이 AP와 단려있을지라도, 하나의 홈으로 통신이 가능해진다. 게다가, MN은 그들의 이동성을 지원하기 위하여 스택에서 미들웨어 계층 변화가 예상된다.

Fig. 3은 SPMIPv6[8]를 이용한 메시지 흐름의 시퀀스 다이어그램을 나타낸다. 1) IP SN의 위치가 변경되면, 가장 근접한 SMAG 발견 장치에 대한 인증 메시지를 보낸다. 2) SMAG는 SLMA와 SAAA가 통합된 곳으로 바인딩 업데이트와 인증 쿼리를 보낸다. 3) 바인딩 업데이트와 인증 쿼리 메시지가 인증되고, SLMA와 SAAA가 통합된 곳에서는 바인딩 확인과 인증 reply 메시지를 다시 보낸다. 4) 마지막으로 SMAG는 광고 메시지를 각각의 IP SN에 보낸다. 그리고 그 IP SN는 가까운 SMAG와 연결된다. 5) SN는 SPMIPv6를 기반으로 한 해당노드와 통신할 수 있다. 그러므로 데이터는 IP SN에서 대응노드로, 또는 그 반대의 경우로 통신을 할 수 있게 된다.

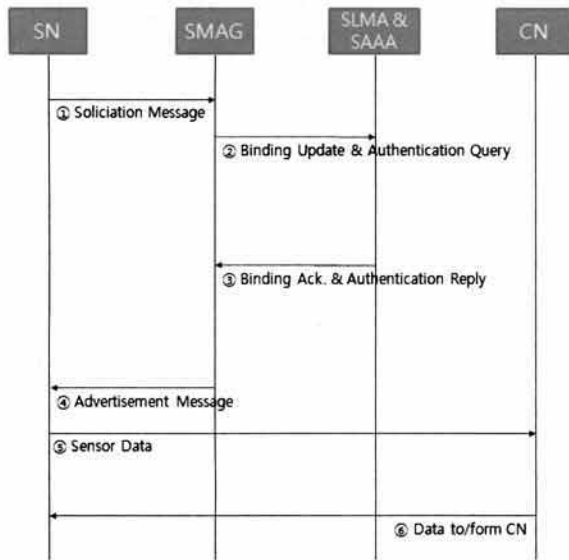


Fig. 3. Message Flow of Sensor-integrated SPMIPv6 Networks

2.3 멀티캐스트 지원을 위한 이동성관리 [22]

MN은 관련된 어떤 종류의 구체적인 기능도 필요하지 않는다. 이 요구사항은 네트워크 기반 이동성관리의 개념을 반영한다. The Multicast Listener Discovery(MLD) 프록시 기능은 MN에서 보내진 MLD Membership Report를 지원하는 것과 MN에 멀티캐스트 통신을 보내기 위해 필요하다. 지정된 멀티캐스트 라우터 기능은 MN에 대한 멀티캐스트 전달 상태 관리와 MN에 멀티캐스트 통신을 보내기 위해 필요하다. 몇몇의 경우 MLD 프록시 기능은 MLD Membership Report에 더 많은 의존이 필요하다. 개념적으로 LMA는 멀티캐스트 라우팅 인프라 구조에 LMA 자신의 출력 인터페이스로 연결된다. 동시에 입력 인터페이스는 MAG와 연결된다. MAG에 연결된 MN은 MAG와 LMA 사이에 구축된 터널을 통하여 멀티캐스트 통신을 받는다. DeReg.PBU 메시지부터 RA 메시지까지의 절차는 유니캐스트를 위한 기본적인 PMIPv6 핸드오버이다. nMAG가 MN에서 보낸 RS 메시지를 수신하여 MN의 연결을 정확하게 인식하고, MN을 대신하여 위치 갱신을 시작한다고 가정한다. MLD 쿼리와 MLD Membership 메시지, Agg.MLD Membership Report와 같은 단계는 PMIPv6 멀티캐스트 수신자를 위해서이다. 위치 갱신 이후, MN에 현재 서비스를 제공하는 nMAG는 표준 멀티캐스트 라우터 동작의 일부분으로 MN에 MLD 쿼리 메시지를 보낸다. nMAG의 홈 링크는 에플레이트 되어 MN이 네트워크 이동을 인식하지 못하기 때문에, PMIPv6에서 MN의 핸드오버에 의해 요청하지 않은 MLD Membership Report 메시지는 보증될 수 없다는 것은 아무런 의미가 없다. nMAG가 MLD Membership Report 메시지를 수신하면, 멀티캐스트 전달 상태뿐만 아니라 필요한 MLD 프록시 Membership 정보를 갱신한다. 그리고 MLD 프록시 Membership 정보가 변경되면 nMAG는 종합된 MLD 프록시 Membership Report 메시지를 LMA에게

보낸다. 종합된 MLD Membership Report 메시지를 수신하면 LMA는 멀티캐스트 전달 상태를 갱신한다. 그렇게 함으로써 프록시 이동성 에이전트는 주어진 PMIPv6 환경에서 MN을 지원하는 IP 모바일 MLS를 한다.

그러나 IETF MultiMob 작업 그룹에서 표준화 인증 PMIPv6 MLS는 특정 성능의 개선이나 최적화를 고려하지 않았다. 그것은 이동성-미인식 MN에 대한 기본적인 배치 사양을 개발하는데 집중되기 때문에 한계를 피할 수 없으며, 강제적으로 적용된다. 첫째, 서비스 단점은 멀티캐스트 핸드오버 성능을 향상시키기 위한 구체적인 최적화는 고려되고 있지 않다. 이에 따라 MN 핸드오버 동안에 MN 멀티캐스트 통신은 손실된다. 따라서 끊임없는 핸드오버 제공을 불가능하게 만든다. 둘째, 불필요한 멀티캐스트 통신 전송이다. 멀티캐스트 서비스의 최종 가입자인 MN은 새로 접속한 네트워크로 핸드오버를 실행하는 동안, 불필요한 멀티캐스트 통신을 지속적으로 이전에 MN이 접속한 네트워크로 전송한다. 이런 불필요한 멀티캐스트 통신 전송은 지정된 멀티캐스트 라우터, 즉 LMA가 MN에 대한 멀티캐스트 전달 상태를 갱신할 때까지 계속된다.

3. 멀티캐스트 기반의 센서 이동성관리 기법(mSFP)

PMIPv6를 기반으로 제안하는 mSFP기법은 개별 SN와 그룹화된 SN의 에너지 효율적인 이동성을 제안한다. 기능적인 구조, 시퀀스 다이어그램, 네트워크 모델 및 제안된 프로토콜 구조의 성능평가와 수학적 분석을 통하여 제안 방식의 성능을 검증한다.

3.1 시스템 아키텍처

PMIPv6 기반의 지역화된 이동성관리 프로토콜이고, mSFP는 mSLMA(Multicasting-based Sensor LMA)와 mSMAG(Multicasting-based Sensor MAG), 그리고 SN(Sensor Node)로 구성된다. Fig. 4는 제안하는 mSFP 기법의 아키텍처를 보여준다.

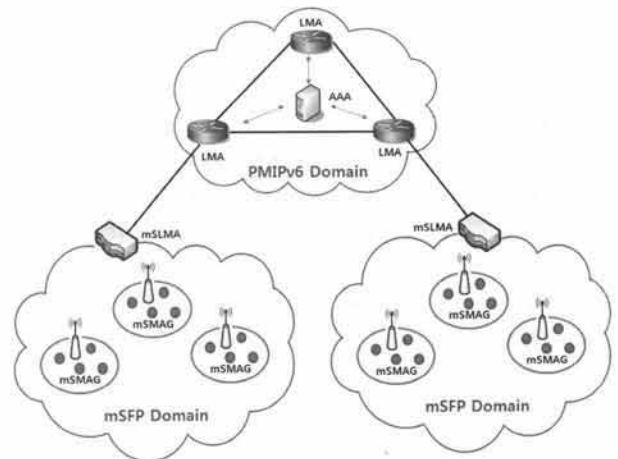


Fig. 4. The network architecture of the proposed mSFP

mSLMA는 mSMAG와 SN을 관리하는 역할을 하고, SN이 도메인 내에서와 도메인 밖으로의 이동을 관리하는 역할을 한다. 각각의 SN에 대한 BCE(Binding Cache Entry), 터널링 설정 및 mSMAG 정보 등을 관리한다. mSLMA의 BCE에는 SN의 주소, HNP(Home Network Prefix), PBU에 대한 플래그 정보를 포함한다. mSLMA는 충분한 메모리, 전원공급과 처리능력을 가진다. 또한 mSFP 기법의 도메인과 PMIPv6도메인 사이에서 접속 장치 역할을 한다. 이 구조에서 AAA(Authorization, Authentication, Accounting) 구조가 mSLMA와 통합된다(SAAA). SAAA 구조는 mSFP 도메인에서 mSMAG에서 SN의 안전한 이동성을 보장하고, 각 SN에 대한 인증 서비스를 지원한다.

mSMAG는 센서 네트워크에서 싱크 노드와 같은 역할을 한다. mSFP에서 SN의 움직임을 감지하고, SN을 대신하여 mSMAG는 이동성 관련 시그널링과 접근 게이트웨이로 동작한다. 이것은 라우팅, 이웃 감지, 센서 정보 테이블, mSLMA와 SN의 적응모듈과 접속모듈과 같은 다양한 기능적인 모듈로 구성된다. 라우팅 모듈은 개별 SN에서 데이터 전송을 수행하고, SN간에 통신을 가능하게 한다. 이웃 감지 모듈은 이웃 감지 및 중복 주소 감지기능을 수행한다. 적응 모듈은 6LoWPAN 적응계층에서 언급된 IEEE 802.15.4 링크에서 IPv6 패킷의 전송을 수행한다. 센서 정보 테이블은 mSLMA에서 SN의 최신 데이터 정보를 제공한다. 이것은 mSLMA의 BCE 내에 가장 가까이 있는 연결대상과 연결하고, mSLMA와 SN은 두 개의 접속 모듈로 동작한다.

mSFP 도메인은 IPv6 주소를 기반으로 다수의 SN으로

구성된다. 센서 네트워크의 도메인이 결합되었다고 가정한다. SN은 응용 계층 및 IEEE 802.15.4 인터페이스의 작은 TCP/IP 통신 프로토콜 스택을 가진다. 주변 환경으로부터 정보를 감지할 뿐만 아니라 비슷한 유형의 다른 SN으로 전송한다. 실제로 이 SN의 유형은 소형 센서 라우터 역할을 한다. 다른 SN의 유형은 프로토콜 스택과 주변 환경을 감지하는 능력을 가지고 있지만 가까운 소형 센서 라우터 노드에 대한 정보를 감지한다.

3.2 작동절차

기존 FPMIPv6는 에서 끊임없는 멀티캐스트 서비스를 전송하는 것이 중요하고, MN 로밍 컨텍스트를 이용하여 멀티캐스트 그룹 관리를 최적화한다. FPMIPv6 절차는 이전 MAG가 L2(기존 AP에서부터 MN까지)로부터 MN이 핸드 오버가 임박하게 되었다는 것을 감지하면[21], 새로운 AP를 포함하여 MN이 연결된다는 것을 예상할 수 있다 (HOinfo). 그리고, 기존의 MAG의 정보로부터 새로운 MAG의 주소를 쉽게 가져올 수 있다. 각각의 MAG는 주변 MAG와 관련된 MAG 주소를 통해서 AP와 관련된 테이블을 제공할 수 있다. 또한, MAG의 주소는 그 채널을 통해서 AP와 연결하기 때문에 MN은 이전 MAG에게 알릴 수 있다(HOinfo).

Fig. 5는 mSLMA, mSMAG와 SN을 포함하는 mSFP 기법의 운영 아키텍처를 보여준다. 이러한 엔티티들이 서로 다른 인터페이스들에 의한 연결을 보여준다. mSMAG는 두 개 이상의 PMIPv6 네트워크와의 통신을 위하여 더 많은 인터페이스를 필요로 한다. 이것은 네트워크계층, 적응계층, 물

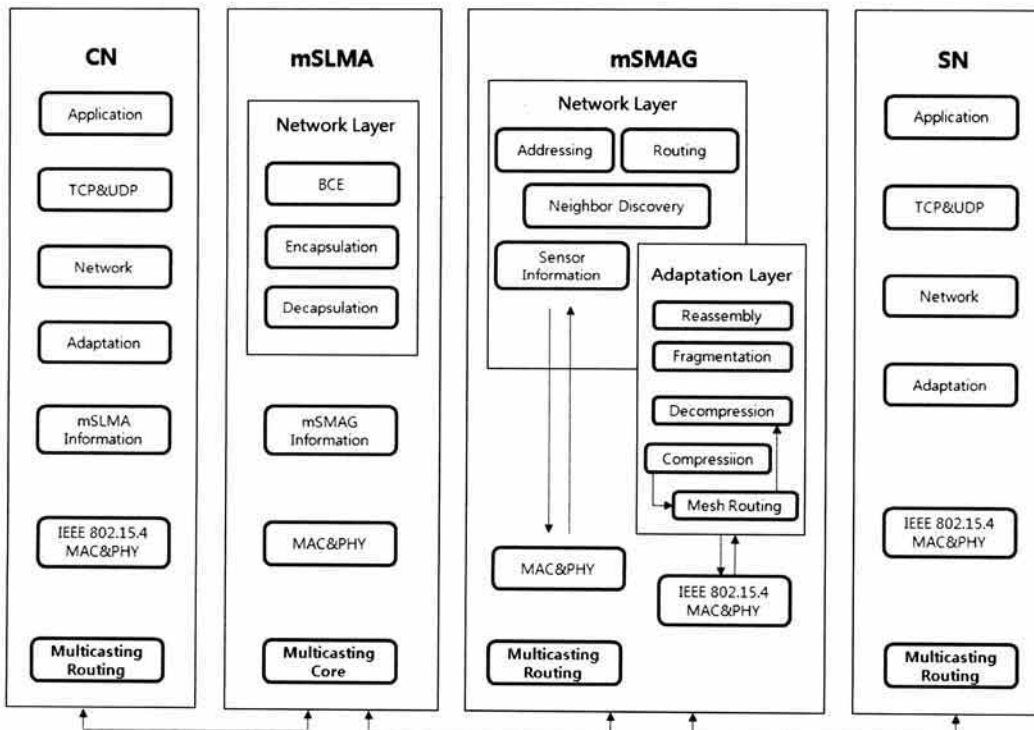


Fig. 5. The operational architecture of the mSFP

리적인 계층의 기능을 포함한다. 네트워크 계층은 주소, 어드레싱, 라우팅, 이웃탐색, SN 등의 정보를 제공한다. 가장 중요한 계층은 메시 라우팅, 압축과 압축 해제, 단편화와 재조립을 보장하는 적응 계층이다. 물리 계층은 다른 물리적인 인터페이스에게 접근을 제공한다. mSLMA는 BCE, 터널링과 관련한 정보를 가지고 있다. 그리고 Multicasting Core를 포함하고 있기 때문에 mSMAG, SN, CN가 가지고 있는 Multicasting Routing을 통해 상호작용이 가능하다. BCE에는 새로 적용된 플래그, 인터페이스에 대한 링크 로컬 주소, 홈 프리픽스, 양방향 터널 인터페이스 식별자, 액세스 기술과 타임스탬프와 같이 서로 다른 정보를 가지는 자료구조를 제공한다. 모든 SN은 로컬 및 글로벌 통신에 대하여 IPv6 주소를 구성한다.

Fig. 6은 멀티캐스트를 이용한 mSFP 메시지 흐름의 시퀀스 다이어그램을 나타낸다.

- 1단계: L2가 mSMAG(P)로 전달되면 SN은 mSMAG(P)에서 mSMAG(N)로 핸드오버를 준비한다.
- 2단계: mSMAG(P)에서 HI메시지와 MSO메시지를 mSMAG(N)에게 보낸다. mSMAG(N)에서는 Pre-PBU와 MSO 인증 쿼리를 mSLMA2에 보내고, mSLMA2에서는 Pre-PBA와 MSO 인증 reply 메시지를 다시 보낸다. mSMAG(N)는 수락 또는 거절 값을 포함한 Hack 메시지를 mSMAG(P)로 다시 전송한다.
- 3단계: mSMAG(P)는 mSLMA1에게 DeReg.PBU 메시지를 보내고, mSLMA1은 다시 mSMAG(P)에게 DeReg.PBA 메시지를 보낸다. mSMAG(N)는 SN에게 L2 연결을 알린다.
- 4단계: SN은 mSMAG(N)에게 RS메시지를 보내면, mSMAG(N)는 Multicast Buffering Traffic과 RA를 순서대로 SN에게 보낸다.
- 5단계: SN는 mSFP를 기반으로 한 해당노드와 통신할 수 있다. 그러므로 데이터는 IP SN에서 대응노드로, 또는 그 반대의 경우도 마찬가지로 통신을 할 수 있게 된다.

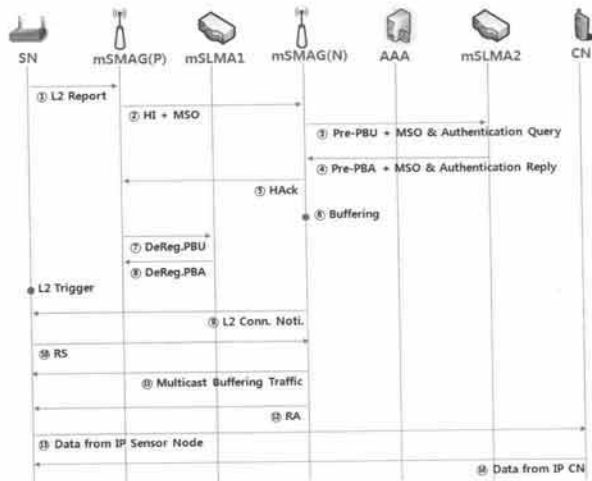


Fig. 6. The multicast-based sequence diagram in PMIPv6

L2가 mSMAG(p)로 전달되면 SN은 mSMAG(p)에서 mSMAG(N)으로 핸드오버를 준비한다. 이것은 L2 report를 이용하여 SN이 네트워크 식별 정보와 같은 mSMAG(N)의 네트워크 접속 정보를 얻게 되고, SN이 mSMAG(P)에게로 자신 고유의 식별 정보와 함께 네트워크 식별 정보를 제공한다. 그리고 mSMAG(P)는 L2 report를 보내는 것을 통해 현재 SN에 서비스를 제공한다.

MSO에 포함되어 있는 SN의 정보는 mSMAG(P)에서 mSMAG(N)으로 전달된다. mSMAG(N)가 HI 메시지를 획득하면, mSMAG(N)의 상태가 SN을 위한 서비스 제공이 가능하다면 메시지를 확인한다. mSMAG(N)은 수락 또는 거절의 값을 포함한 Hack(Handover Acknowledge) 메시지를 pMAG에게로 다시 전송한다. 수락이 되었을 경우, mSMAG(N)은 SN 로밍을 위해 전달 상태를 갱신한다.

4. 성능 평가

4.1 네트워크 이동성 모델

SN와 센서 네트워크의 이동성은 기존의 정적 무선 네트워크를 넘어서 IP-WSN의 큰 장점이 될 것이다. 이러한 이동성의 주요 관심사는 IP-WSN의 설계와 성능분석이다. 이동성 모델의 실행은 등록, 핸드오프, 인증 및 다른 이동성 관리에 있어서 큰 역할을 한다. 최소한의 가정과 간단한 분석의 이동성 모델은 IP-WSN에 대하여 매우 유용할 것이다. 대부분의 무선 네트워크 수행 연구는 그 커버리지 영역이 육각형 또는 사각형 모양으로 되는데(Fig. 7), 본 논문에서는 IP-WSN 네트워크의 커버리지 영역이 육각형 모양이라고 가정한다. IP-WSN 지역에 대한 SN는 IP-WSN 영역 내에서와 맞은편에 걸쳐 동일한 움직임 패턴을 가진다고 가정한다. 이차원(2D) 육각형 랜덤 워크 이동성 모델은 이동식 SN의 이동패턴을 연구하는데 사용할 수 있다. 우리는 n= 6과 함께 6계층을 위한 몇 가지 수정에 대하여 네트워크 모델을 적용한다. 네트워크 모델인 IP-WSN은 그림에서와 같이 육각형 SN의 클러스터로 구성된다[14].

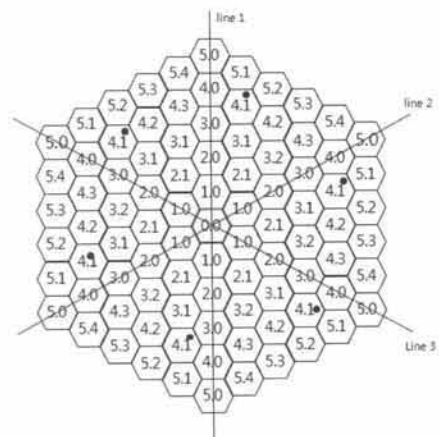


Fig. 7. The six-layer network of the mobility model

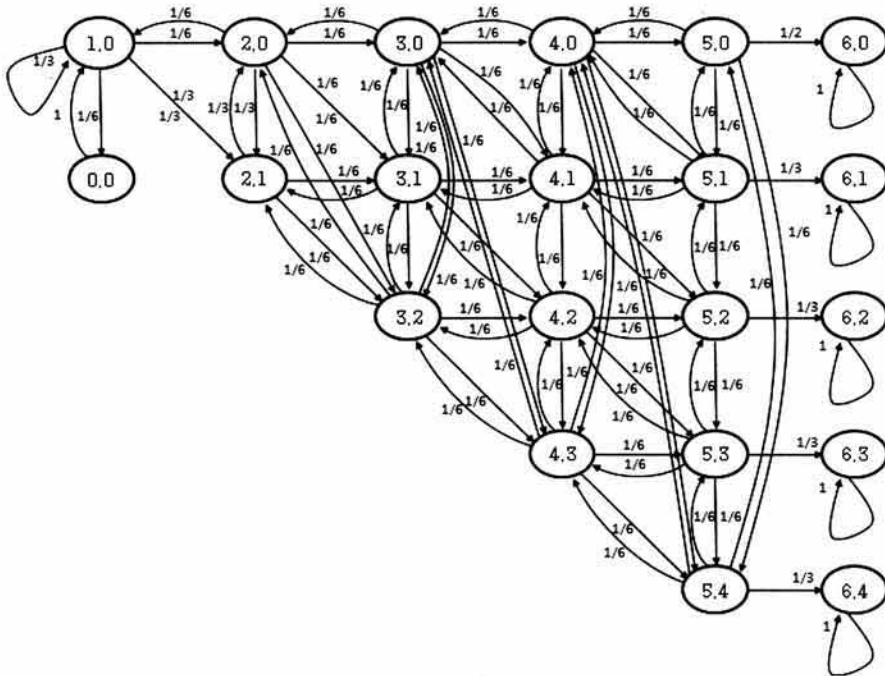


Fig. 8. The state transition diagram of the mobility model

IP-WSN 지역의 중심에 위치한 mSMAG는 부계층 0이다. 하부영역은 그림에서 보여주듯, 라인 1에서부터 라인 3까지 클러스터를 여섯개의 동등한 조각으로 나눈다. 어떤 두 조각의 교류는 클러스터 구조에 어떠한 영향도 미치지 않는다. 예를 들면, 4.1에 점으로 표시를 곳은 서로 다른 셀에 있지만 상대적으로 같은 곳에 위치하기에 모두 그룹화되고, 같은 유형이라고 정한다[14]. 동일한 유형의 셀에 있는 SN는 동일한 라우팅 패턴의 셀로 이동하고, 1/6의 균일한 확률로 6개 이웃 중 어떠한 한곳으로 이동할 수 있다. 각각의 SN는 x,y로 나타내는데, X는 mSMAG가 하부영역 x안에 있는 것을 나타내고, y는 하부영역 x의 유형 중 하나를 나타낸다. <5,0>, <5,1>, <5,3>과 <5,4>의 위치는 IP-WSN의 경계선이므로, 경계영역이라 부른다. 6계층 IP-WSN 지역에 대한 랜덤 워크 모델에 해당하는 마코프 체인의 상태변이 다이어그램은 Fig. 8에서 보여준다. 어떠한 경계영역에서의 움직임은 내부 IP-WSN의 이동성을 나타내는데, 바인딩 업데이트 비용을 연구하는데 이용된다.

4.2 비용분석

Fig. 8은 네트워크 이동성 모델의 상태변이 다이어그램을 보여준다. 마코프 체인의 확률은 제한된 모델을 분석하는데 사용된다[15].

P는 규칙적으로 변화하는 확률을 의미하며, 안정 상태 확률의 벡터 π 는 아래의 수식으로 정의할 수 있다.

$$\pi P = \pi, \sum_{i=1}^m \pi_i = 1$$

m은 영역의 수이고, P는 마코프 체인에 대한 기본적인 행렬이다.

$$Z = [Z_{ij}] = (I - P + A)^{-1}$$

A는 P에 의해 제한된 행렬을 정의하고, Pⁿ은 확률 행렬 A에 도달한다. A의 가로는 같은 확률 벡터 $\pi = (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n)$, i, e로 구성된다. A = { π , where}는 가로를 모두 1로 나타낸다. 마지막으로, I는 단위 행렬을 나타낸다.

행렬 Z는 마코프 체인의 행동을 연구하는데 사용된다. 행렬의 사용은 횟수의 의미를 계산하는 과정이다. Y_j(k)는 첫 번째 K단계에서 영역 S_j에 있는지를 나타내는 절차의 횟수이다. M_i[y(k)]는 영역 S_i에서 영역 S_j에 있는지를 나타내는 절차의 횟수이다.

$$M_i[y_i^{(k)}] \rightarrow (Z_{ij} - \pi_j) + k\pi_i$$

영역 S_i로부터 시작한 K 단계에서 경계 업데이트의 전체 수는 처음 영역인 영역 S_j에서 시작되는 경계영역의 절차인 전체 횟수로 계산 된다. 분석적인 모델에서 위치 업데이트 (U_{bu})의 평균은 다음과 같이 주어진다.

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

바인딩 업데이트 수를 정의하기 위해 수식을 사용한다. 때

문에 SN가 IP-WSN 사이를 움직일 때, 경계 영역에 노드가 입력될 때, 바인딩 업데이트 메시지가 발생될 때 바인딩 업데이트 메시지를 보낼 필요가 있다. 그러므로 프로세스가 K 단계 내에서 경계 영역에 들어갈 때의 횟수를 예측할 수 있다. 따라서 SN는 바인딩 업데이트 메시지를 필요로 하고, SN는 mSMAG 사이에 K 전송의 합을 알게 된다. intra-IP- WSN 이동성 비율은 M_{intra} 로 나타내고 다음과 같이 표현한다.

$$M_{intra} = \frac{(K - U_{bu})}{K}$$

Inter-IP-WSN 이동성 비율은 M_{inter} 로 나타내고, 다음과 같이 표현한다.

$$M_{inter} = \frac{U_{bu}}{K}$$

시그널링 비용, 이동성 비용, 패킷전달 비용, 에너지 소비를 기반으로 한 제안된 모델을 평가한다. 차후에 우리는 Table 1에서 언급된 다양한 매개변수에 의해서 시그널링 비용/패킷전달 비용 분석과 에너지 소비분석을 논의한다. 이동성 비용은 시그널링 비용에 의해 평가된다. 전체 시그널링 비용 평가는 MIPv6와 PMIPv6의 분석 모델의 결과로 비교된다. Fig. 9는 제안된 모델의 성능분석을 위한 모델이다. 이것은 두 개의 다른 mSFP 도메인으로 구성되고, PMIPv6 네트워크들에 연결된다. mSMAG 와 IP SN 사이의 거리는 $D_{SN-SMAG}$ 로, mSMAG와 mSLMA 사이의 거리는 $D_{SMAG-SLMA}$ 로 나타낸다. 이러한 분석모델에서 다른 거리는 시그널링 비용 계산을 사용한다. 비용은 정보와 제어 신호의 전송 때문에 발생된다. 비용은 신호 전송의 다른 유형에 따라 달라진다.

수식에서 PMIPv6를 기반으로 한 제안된 구조의 전체 시

Table 1. The System Parameters For Performance Analysis

매개변수	설명	값
PBU	Proxy Binding Update Message	48/56
PBA	Proxy Binding Acknowledgement Message	4028
$D_{mSMAG-mSLMA}$ ($D_{SMAG-SLMA}$)	Distance between mSMAG and mSLMA (Distance between SMAG and SLMA)	2
$D_{SN-mSMAG}$ ($D_{SN-SMAG}$)	Distance between SN and mSMAG (Distance between SN and SMAG)	1
α	Unit transmission cost in a wireless link	10
β	Unit transmission cost in a wired link	1
RS	Router Solicitation Message	8/16
RA	Router Advertisement Message	64
C_{sd}	Sensor Mobility Cost	720/800
C_{bu}	Binding Update Cost	0/8152 /8168
ϵ	Redirecting Packets to MN	0.8
δ	Discarding Packets	0.2

그널링 비용(TC_{PMIPv6})은 시그널링 비용(SC_{PMIPv6})과 패킷전달 비용(PD_{PMIPv6})을 합산하여 계산된다.

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

PMIPv6는 MIPv6와 유사하지만 MN에 대한 프로시저수행의 시간을 줄일 수 있고, 터널링 비용은 없기 때문에 다음과 같이 정의한다. 시그널링 비용(SC_{PMIPv6})은 intra-IP-WSN의 이동성 비용($M_{intra} * C_{sd}$)과 inter-IP-WSN 이동성 비용($M_{inter} * (C_{sd} + C_{bu})$)을 최대 합산하여 계산된다. 여기에서, C_{sd} 와 C_{bu} 는 센서 이동성 비용과 바인딩 업데이트 비용을 나타낸다.

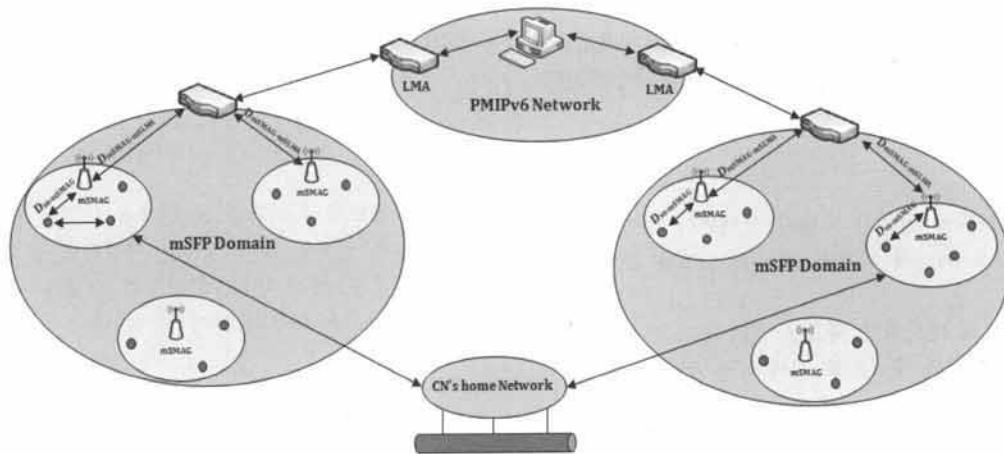


Fig. 9. Network architecture for performance analysis

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

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

여기에서 C_{sd} 와 C_{bu} 는 PMIPv6에 의해 계산된다.

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

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

수식에서 SPMIPv6를 기반으로 한 제안된 구조의 전체 시그널링 비용($TC_{SPMIPv6}$)은 시그널링 비용($SC_{SPMIPv6}$)과 패킷전달 비용($PD_{SPMIPv6}$)을 합산하여 계산된다.

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

SPMIPv6는 MIPv6와 유사하지만 MN에 대한 프로시저 수행의 시간을 줄일 수 있고, 터널링 비용은 없기 때문에 다음과 같이 정의한다. 시그널링 비용($SC_{SPMIPv6}$)은 intra-IP-WSN의 이동성 비용($M_{intra} \cdot C_{sd}$)과 inter-IP-WSN 이동성 비용($M_{inter} \cdot (C_{sd} + C_{bu})$)을 최대 합산하여 계산된다. 여기에서, C_{sd} 와 C_{bu} 는 센서 이동성 비용과 바인딩 업데이트 비용을 나타낸다.

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

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

여기에서 C_{sd} 와 C_{bu} 는 SPMIPv6에 의해 계산된다.

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

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

수식에서 mSFP를 기반으로 한 제안된 구조의 전체 시그널링 비용(TC_{mSFP})은 시그널링 비용(SC_{mSFP})과 패킷전달 비용(PD_{mSFP})을 합산하여 계산된다.

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

mSFP는 MIPv6와 유사하지만 MN에 대한 프로시저 수행의 시간을 줄일 수 있고, 터널링 비용은 없기 때문에 다음과 같이 정의한다. 시그널링 비용(SC_{mSFP})은 intra-IP-WSN의 이동성 비용($M_{intra} \cdot C_{sd}$)과 inter-IP-WSN 이동성 비용($M_{inter} \cdot (C_{sd} + C_{bu})$)을 최대 합산하여 계산된다. 여기에서, C_{sd} 와 C_{bu} 는 센서 이동성 비용과 바인딩 업데이트 비용을 나타낸다.

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

$$PD_{mSFP} = \lambda_p \cdot t_{L2} \cdot \eta (C_{CN,mSLMA} + C_{mSLMA,mSMAG(p)} + C_{mSMAG(p),mSMAG(n)} + C_{mSMAG(n),SN} + PC_{mSLMA} + 2PC_{mSMAG}) \cdot \delta$$

여기에서 C_{sd} 와 C_{bu} 는 mSFP에 의해 계산된다.

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

$$C_{bu}^{mSFP} = \beta \cdot (PBU_{mSFP} + PBA_{mSFP}) D_{mSMAG-mSLMA}$$

C_{bu}^{mSFP} 의 값은 제안된 네트워크 구조에서 멀티캐스팅에 기반하여 바인딩 업데이트를 수행하기 때문에 비용이 발생하지 않는다.

4.3 수치분석 결과

본문에서 성능평가를 통해 실험결과를 제시하고, PMIPv6, SPMIPv6, mSFP의 성능을 비교하였다. 우리는 수학적 분석을 이용하여 성능평가를 하였고, 시그널링 비용과 IP를 기반으로 한 SN의 수에 대한 이동성관련 비용, PMIPv6, SPMIPv6, mSFP의 평가 결과를 위한 홉의 수를 설정한다. PMIPv6, SPMIPv6, mSFP를 비교함으로써 중요한 특징을 요약한다. 본문에서 제시된 시그널링 비용과 이동성 비용과 같이 모델의 구현과 매개변수 평가를 수행한다

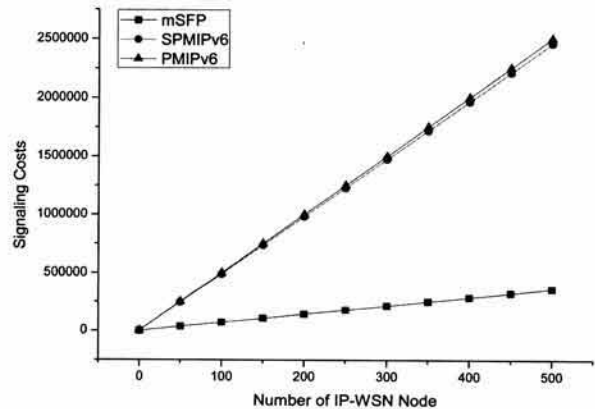


Fig. 10. Signaling Cost as a function of the number of IP-WSN nodes

Fig. 10은 시그널링 비용과 PMIPv6, SPMIPv6, mSFP 대 한 IP-WSN 노드의 수를 나타낸다. IP-WSN 노드의 수를 최대 500으로 여기고, 노드의 수를 50씩 증가시킨다. 분석결과, IP-WSN 노드 수가 증가하면 시그널링 비용도 증가한다. 그러나, mSFP는 IP-WSN 노드의 수가 PMIPv6, SPMIPv6와 비교하여 시그널링 비용이 훨씬 덜 발생한다. 이는 바인딩 업데이트 비용이 발생하지 않기 때문이다. 따라서, IP-WSN 노드의 수 측면에서의 수치분석 결과는

mSFP의 시그널링 비용이 PMIPv6와 SPMIPv6의 시그널링 비용과 비교하여 7% 더 감소한다.

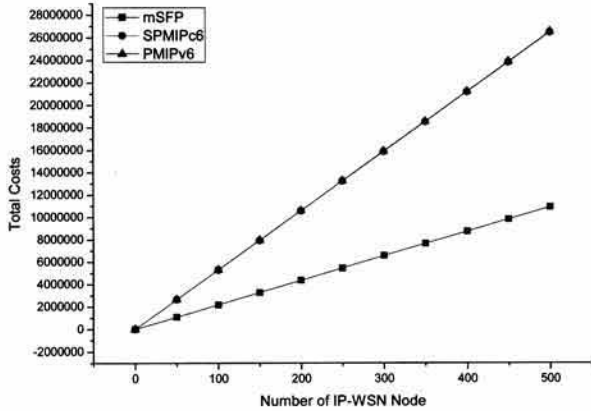


Fig. 11. Total Cost as a function of the number of IP-WSN nodes

Fig. 11는 시그널링 전체비용과 PMIPv6, SPMIPv6, mSFP 대한 IP-WSN 노드의 수를 나타낸다. IP-WSN 노드의 수를 최대 500으로 여기고, 노드의 수를 50씩 증가시킨다. 분석결과, IP-WSN 노드 수가 증가하면 시그널링 전체비용도 증가한다. 그러나, mSFP는 IP-WSN 노드의 수가 PMIPv6, SPMIPv6와 비교하여 시그널링 전체비용이 훨씬 덜 발생한다. 이는 바인딩 업데이트 비용이 발생하지 않기 때문이다. 따라서, IP-WSN 노드의 수 측면에서의 수치분석 결과는 mSFP의 시그널링 전체비용이 PMIPv6와 SPMIPv6의 시그널링 비용과 비교하여 3% 더 감소한다.

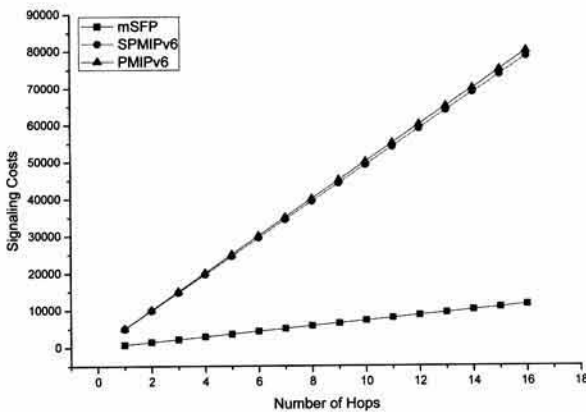


Fig. 12. Signaling Cost vs. Number of Hops

Fig. 12은 시그널링 비용과 홉의 수를 나타낸다. 여기서, 최대 15 홉으로 여기고, 홉의 수를 하나씩 증가시킨다. 분석결과, 홉의 수가 증가하면 시그널링 비용도 일직선의 형태로 증가한다. mSFP는 PMIPv6, SPMIPv6와 비교하여 시그널링 비용이 훨씬 덜 발생한다. 이는 바인딩 업데이트 비용이 발생하지 않았기 때문에, 시그널링 비용은 큰 변화 없이

일직선의 패턴으로 보여진다. 따라서, 홉의 수 측면에서의 수치분석 결과는 mSFP의 시그널링 비용이 PMIPv6와 SPMIPv6의 시그널링 비용과 비교하여 6.9% 더 감소한다.

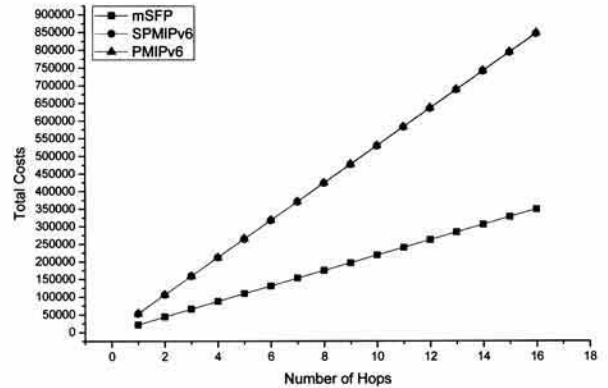


Fig. 13. Total Cost vs. Number of Hops

Fig. 13는 시그널링 전체비용과 홉의 수를 나타낸다. 여기서, 최대 15 홉으로 여긴다. 홉의 수를 하나씩 증가시킨다. 분석결과, 홉의 수가 증가하면 시그널링 전체비용도 일직선의 형태로 증가한다. mSFP는 PMIPv6, SPMIPv6와 비교하여 시그널링 전체비용이 훨씬 덜 발생한다. 이는 바인딩 업데이트 비용이 발생하지 않았기 때문에, 시그널링 전체비용은 큰 변화 없이 일직선의 패턴으로 보여진다. 따라서, 홉의 수 측면에서의 수치분석 결과는 mSFP의 시그널링 비용이 PMIPv6와 SPMIPv6의 시그널링 비용과 비교하여 2.5% 더 감소한다.

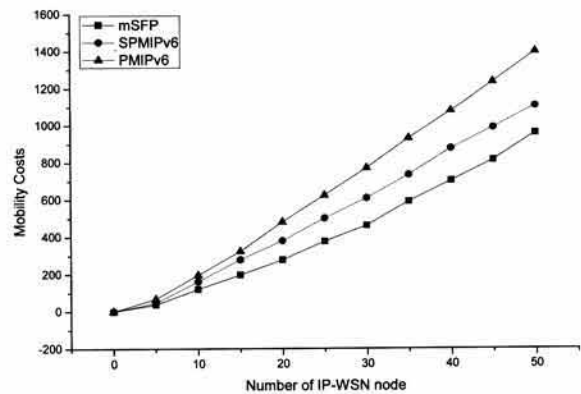


Fig. 14. Mobility Cost vs. Number of IP-WSN nodes

Fig. 14는 이동성비용과 PMIPv6, SPMIPv6, mSFP 대한 IP-WSN 노드의 수를 나타낸다. IP-WSN 노드의 수를 최대 50으로 여기고, 노드의 수를 5씩 증가시킨다. 분석결과, IP-WSN 노드의 수 증가하면 이동성비용도 거의 일직선으로 증가하는데, mSFP는 PMIPv6, SPMIPv6와 비교하여 이동성비용이 적게 발생하는 좋은 결과를 보여준다. 이는 바인딩 업데이트 비용이 발생하지 않기 때문이다. 따라서,

IP-WSN 노드의 수 측면에서의 수치분석 결과는 mSFP의 이동성 비용이 PMIPv6와 SPMIPv6의 이동성 비용과 비교하여 1.6% 더 감소한다.

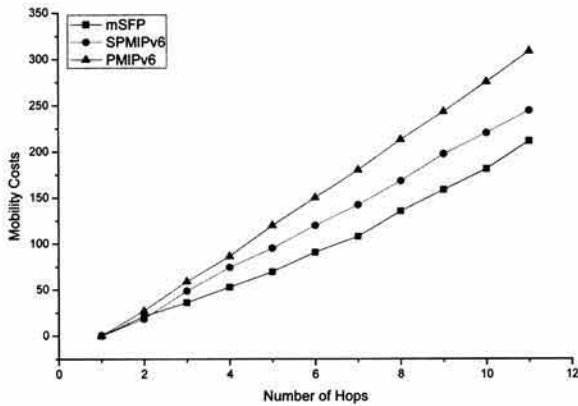


Fig. 15. Number of Hops vs. Mobility Cost

Fig. 15는 이동성비용과 PMIPv6, SPMIPv6, mSFP 대한 홉의 수를 나타낸다. 홉의 수를 최대 11로여기고, 홉의 수를 1씩 증가시킨다. 분석결과, 홉의 수가 증가하면 이동성비용도 거의 일직선으로 증가한다. mSFP는 PMIPv6, SPMIPv6와 비교하여 이동성비용이 적게 발생하는 좋은 결과를 보여준다. 이는 바인딩 업데이트 비용이 발생하지 않기 때문이다. 따라서, 홉의 수 측면에서의 수치분석 결과는 mSFP의 이동성 비용이 PMIPv6와 SPMIPv6의 이동성 비용과 비교하여 1.5% 더 감소한다.

5. 결 론

이동성은 IP 기반의 무선 네트워크 환경에서 에너지 효율에 대하여 핵심적인 문제로 다루어야 한다. 신호전달비용과 이동성 비용을 줄이는 측면에서 에너지 효율을 위한 방안으로 IP-WSN 프로토콜을 지원하는 멀티캐스팅 기반의 빠른 이동성관리 기법(mSFP)을 제안하였다. 여기에서 신호 전달 비용과 이동성 비용을 분석하여 성능분석을 실시하였다. 성능분석 결과, mSFP는 멀티캐스팅을 기반으로 하여 바인딩 업데이트를 수행하기 때문에 바인딩 업데이트 비용이 발생하지 않는다. 따라서, PMIPv6와 SPMIPv6에 비해 시그널링 비용, 전체 시그널링 비용, 이동성 비용이 모두 감소하는 것을 보여준다.

참 고 문 헌

[1] Ian F, Akyildiz, and Weilian Su, "A survey on sensor networks," *IEEE communication Magazine*, pp.102-114, August, 2002.
 [2] Kemal Akkaya, Mohamed Tounis, "A survey on routing protocols for wireless sensor networks," *Ad hoc Network*,

pp.325-349, March, 2005.
 [3] Montenegro G., Kushalnagar N, and Hui J W, "Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks," *IETF RFC 4944*, September, 2007.
 [4] Kushalnagar N, Montenegro G, and Schumacher C, "IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs)," *IETF RFC 4919*, August, 2007.
 [5] Zach, S.; Carsten, B. *6LoWPAN: The wireless Embedded Internet*, David Hutchios, Serge Fdida, Joe Sventek; John Wiley & Sons Ltd: Chichester, West Sussex, UK, 2009.
 [6] Kim E, Kaspar D, and Chevrollier N, "Design and Application Spaces for 6LoWPANs," *IETF internet-Draft*, July, 2009.
 [7] Kong K S, Lee W, and Han Y H, "Mobility Management for Ali-IP mobile networks: mobile IPv6 vs. Proxy mobile IPv6," *IEEE Wirel Commun*, pp.36-45, July, 2008
 [8] Motaharul Islam, Eui Nam Huh, "Sensor Proxy Mobile(SPMIPv6)-A Novel Scheme for Mobility Supported IP-WSNs," *Sensor*, pp.1865-1887, November, 2011.
 [9] Gundavelli S, Leung K, Devarapalli V, Chowdhury K, and Patil B, "Proxy Mobile IPv6," *IETF RFC 5213*, August, 2008.
 [10] Chalmers R.C, Almeroth K C, "A mobility gateway for small-device networks," In *Proceedings of Second IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications Washington DC USA*, June, 2004.
 [11] Kim J H, Hong C S, and Taeshik S, "A Lightweight NEMO protocol to support 6LoWPAN," *ETRI Journal*, pp.685-695, October, 2008.
 [12] Istepanian R, Jovanov E, and Zhang Y, "Guest Editorial Introduction to the Special Section on M-Health: Beyond Seamless Mobility and Global Wireless Health-care connectivity," *IEEE Transactions on Information Technology In Biomedicine*, pp.405-414, 2004.
 [13] Ni X, Shi W, and Ni, "Design of Micro Mobility Support in Bluetooth Sensor Networks," In *IEEE International Conference on Industrial Informatics*, pp.150-154, August, 2006.
 [14] Akyildiz I F, Lin Y B and Lai W R, "A new random walk model for PCS networks," *IEEE Journal on selected areas in communications*, pp.1254-1259, July, 2000.
 [15] Ching K H, Shenoy N A, "2D Random walk mobility model for location management studies in wireless network" *IEEE Transactions On vehicular Technology*, pp.413-424, March, 2004.
 [16] Heinzelman W R, Chandrakasna A, and Balakrishnan H, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Micro sensor Networks," In *Proceedings of the 33rd Annual Hawaii international Conference on System Sciences*, pp.8020-8030, January, 2000.
 [17] Pathan A S K, Hong C S, "SERP: secure energy-efficient routing protocol for densely deployed wireless sensor networks," *Ann. Telecommun*, pp.529-541, July, 2008.

- [18] Razzaque M A, Hong C S, "Analysis of energy-tax for multipath routing in wireless sensor networks," Ann. Telecommun, pp.117-127, May, 2009.
- [19] Dhanajay S, Lee H J, Chung W Y, "An Energy Consumption Technique for Global Healthcare Monitoring Applications," In Proceedings of International Conference on Information Sciences, pp.539-542, November, 2009.
- [20] Md. Motaharul Islam and Eui-Nam Huh, "A Novel Addressing Scheme for PMIPv6 Based Global IP-WSNs," Sensors, pp.8430-8455, November, 2011.
- [21] Geert Heijenk and Mortaza S. Bargh, "Reducing Handover Latency in future IP-based Wireless Networks: Fast Proxy Mobile IPv6," eMobility, pp.79-92, May, 2008.
- [22] Sewon Yoo and Jongpil Jeong, "Analytical Approach of Fast Inter-Domain Handover Scheme in Proxy Mobile IPv6 Networks Multicasting Support," KISTI, pp.153-166, April, 2012.



장 하 나

e-mail : hnsh77@naver.com

2012년~현 재 성균관대학교 정보통신
대학원 석사과정

관심분야: 모바일컴퓨팅, 센서 네트워크,
IT융합



정 증 필

e-mail : jpjeong@gmail.com

2008년 성균관대학교 정보통신대학
(공학박사)

2009년 성균관대학교 컨버전스연구소
연구교수

2010년~현 재 성균관대학교 산학협력단
산학협력증점교수

관심분야: 모바일컴퓨팅, 센서 이동성, 차량 모바일 네트워크,
스마트기기 보안, 네트워크 보안, IT융합, 터랙션사이
언스