

Proxy Mobile IPv6 기반 6LoWPAN 노드의 이동성 지원 기법

김진호^o, 이해찬, 홍충선

경희대학교 컴퓨터공학과

{jhkim, hcllee}@networking.khu.ac.kr, cshong@khu.ac.kr

A Mechanism for Supporting 6LoWPAN Node Mobility based on Proxy Mobile IPv6

Jin Ho Kim^o, Hye Chan Lee, Choong Seon Hong

Department of Computer Engineering, Kyung Hee University

요 약

6LoWPAN 센서 노드의 이동성을 지원하기 위해 기존의 Mobile IPv6 (MIPv6)와 같은 프로토콜을 활용하는 것은 저전력에 제한적 사양의 하드웨어로 구성된 6LoWPAN 센서 노드에서 구동되는 것이 현실적으로 불가능하다. 따라서 Mobile Access Gateway (MAG)가 6LoWPAN 센서 노드의 이동 시 발생하는 바인딩 시그널링을 대신 처리해주는 Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6) 프로토콜을 6LoWPAN에 적용하면 효율적으로 이동성을 지원할 수 있다. 하지만 Proxy Mobile IPv6는 6LoWPAN 이동 센서 노드와 1홉으로 연결되는 경우에 6LoWPAN 이동 센서 노드의 이동을 인지하고 Proxy Binding Update(PBU)를 하게 되지만, 6LoWPAN 센서 네트워크와 같이 멀티 홉으로 구성되는 네트워크에는 Proxy Mobile IPv6를 바로 적용할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 기존의 1홉 단위로 연결된 6LoWPAN 이동 센서 노드의 이동성을 지원하는 Proxy Mobile IPv6 프로토콜을 멀티 홉 환경의 6LoWPAN 센서 네트워크에 적용하기 위한 방법을 제안한다.

1. 서 론

기존 Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6)[1] 네트워크에서의 6LoWPAN[2] 이동 센서 노드는 Mobile Access Gateway (MAG)[1]에게 직접 접속하여 외부 인터넷과 통신을 하였다. 따라서 6LoWPAN 이동 센서 노드가 홈링크에서 외부링크로 이동하는 경우에, 새로운 MAG는 6LoWPAN 이동 센서 노드의 접근을 바로 감지하고 PMIPv6 프로토콜의 동작 절차에 따라 6LoWPAN 이동 센서 노드의 위치정보를 Local Mobility Anchor (LMA)[1]에게 Proxy Binding Update (PBU)[1] 할 수 있게 된다.

[그림 1]은 6LoWPAN의 PAN 코디네이터 역할을 하는 6LoWPAN 게이트웨이를 통하여 여러 센서 노드들이 멀티 홉으로 연결되어 IPv6 인터넷 네트워크에 접속하고 있는 두 개의 PAN A와 B 그리고 PAN 간 이동하는 6LoWPAN 이동 센서 노드를 나타내고 있다. 하지만 IEEE 802.15.4[3] 네트워크 영역에서 통신을 하는 센서 네트워크와 같은 경우 전파도달 거리와 세기가 매우 제한적이기 때문에 각각의 센서 노드들이 멀티 홉으로 연결되어 게이트웨이를 통해 인터넷에 연결된다. 이렇게 멀티 홉으로 구성된 센서 네트워크에게 PMIPv6 프로토콜을 바로 적용하기에는

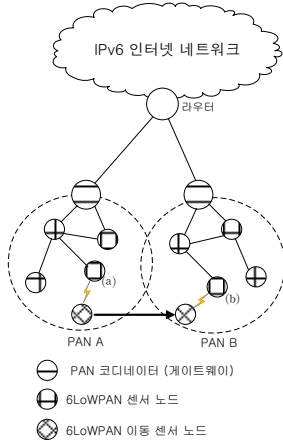
다음 문제점이 있다.

이동 프로토콜을 가지고 있지 않은 6LoWPAN 이동 센서 노드는 PAN 코디네이터 역할을 하는 6LoWPAN 게이트웨이를 통하여 IPv6 인터넷 네트워크에 접속한다. 만약 6LoWPAN 이동 센서 노드가 PAN A에서 FFD 역할을 하는 6LoWPAN 노드로부터 PAN B로 이동을 할 경우, 6LoWPAN 이동 센서 노드는 가장 가까운 거리의 FFD의 역할을 하는 6LoWPAN 노드에게 접속을 시도하게 된다. 하지만 6LoWPAN 이동 센서 노드의 위치 정보를 Proxy Binding Update를 해야 하는 PAN B의 코디네이터 (6LoWPAN 게이트웨이)는 6LoWPAN 이동 센서 노드의 접근을 직접 인지하지 못하므로 6LoWPAN 이동 센서 노드의 접근을 알려주기 위해 6LoWPAN 센서 노드와 PAN 코디네이터 (6LoWPAN 게이트웨이) 간에 새로운 메시지가 필요하다.

본 논문에서는 위의 문제점을 해결하기 위해 Proxy Mobile IPv6 프로토콜 기반 6LoWPAN 센서 노드의 이동성을 지원하는 메커니즘을 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장 관련연구에서는 6LoWPAN 헤더 포맷, 네트워크 이동성 관리 기법과 Proxy Mobile IPv6 프로토콜에 대해 기술한다. 3장 제안사항에서는 Proxy Mobile IPv6 기반 6LoWPAN 센서 노드의 이동성을 지원하기 위한 기법을 제안하며, 4장에서 결론을 맺는다.

"본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음"
(IITA-2008-(C1090-0801-0002))

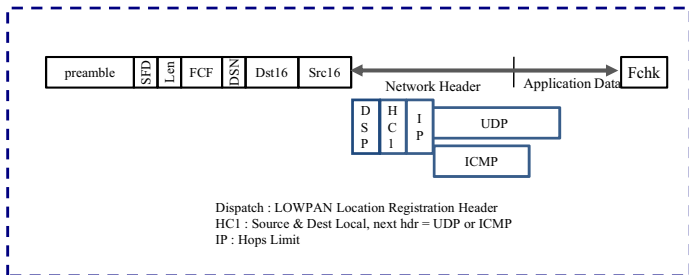


[그림 1] 멀티홉 환경의 6LoWPAN

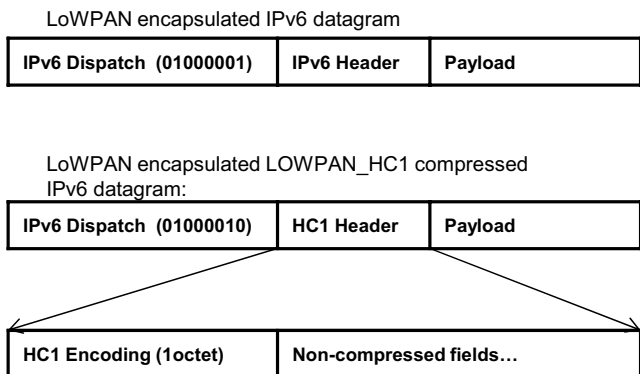
2. 관련연구

2.1 6LoWPAN 프레임 포맷 [4]

6LoWPAN Adaptation 계층에서는 IPv6의 MTU (1280 bytes)가 IEEE 802.15.4의 물리계층의 Protocol Data Unit(PDU)를 통해서 전송하기 위해 패킷의 압축과 단편화, 재조립 기능을 담당한다. [그림 2]는 IEEE 802.15.4 프레임 포맷과 6LoWPAN Adaptation 계층의 전체 프레임 포맷을 나타내는 그림이다.



[그림 2] IEEE802.15.4 프레임과 Adaptation 계층의 전체 프레임 포맷



[그림 3] 6LoWPAN 프레임 형식

MAC 헤더 뒤에 Network Header와 Application Data가 위치하고 있으며 DSP(Dispatch), HC1(Header Compression, IP 와 같이 Adaptation 계층에서 Network Header를 IEEE 802.15.4 PDU 맞게 압축하고 있다.

[그림 3]은 6LoWPAN 프레임 형식을 나타낸다. IPv6 Dispatch는 헤더 타임의 형식을 나타내는 필드로써 <표 1>의 규칙을 따른다. LoWPAN encapsulated IPv6 datagram 프레임 포맷은 01000001 Dispatch값으로 시작하며 압축되지 않은 IPv6 헤더가 뒤따르게 된다. 따라서 6LoWPAN 하위 물리계층에서 사용할 수 있는 여유 공간이 그만큼 줄어든다.

[표 1] Dispatch Header 패턴

00 xxxxxx	NALP	Not a LoWPAN frame
01 000001	IPv6	uncompressed IPv6 Addresses
01 000010	LOWPAN_HC1	LOWPAN_HC1 compressed IPv6
.....	reserved	Reserved for future use
01 010000	LOWPAN_BC0	LOWPAN_BC0 broadcast
.....	reserved	Reserved for future use
01 111111	ESC	Additional Dispatch byte follows

LoWPAN encapsulated LOWPAN_HC1 compressed IPv6 datagram 프레임 포맷은 Dispatch값이 01000010로 시작하며 IPv6 Header가 1바이트로 압축된 HC1 Header가 뒤따르며 HC1 Header의 셋팅에 따라 압축되지 않는 데이터가 뒤에 붙게 된다.

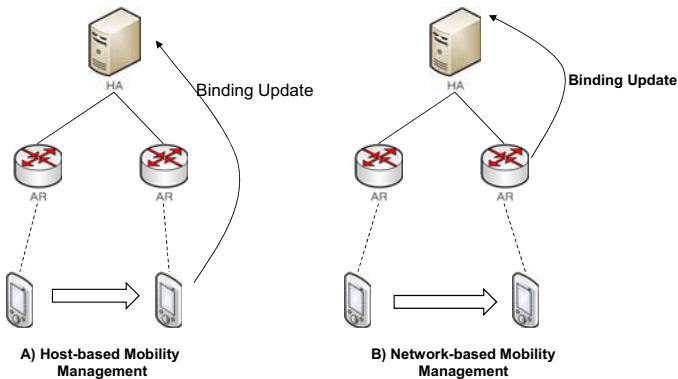
2.2 네트워크 기반 이동성 관리 기법

기존의 인터넷에서는 호스트에게 망 식별자와 호스트 식별자로 구성되는 하나의 IP 주소가 할당된다. 망 식별자는 호스트가 접속되어 있는 망을 유일하게 나타내기 위한 정보이며, 호스트 식별자는 해당 망에서 호스트를 유일하게 식별하기 위한 정보이다. 호스트는 IP 주소와 전송 계층의 포트 번호를 이용하여 소켓 주소를 만들고, 이러한 소켓주소를 이용하여 다른 호스트들과 연결을 설정한다. 호스트가 다른 호스트와 연결을 설정하면, 연결이 설정되어 있는 동안에는 동일한 IP 주소가 고정적으로 유지되어야 한다. 만일 호스트가 하나의 망에서 다른 망으로 이동하는 경우에는 망 식별자가 변경 되어야 하기 때문에 호스트에 할당된 IP 주소가 변경 되어야 한다. IP 주소의 변경은 소켓 주소의 변경을 의미하기 때문에 기존에 설정되어 있는 연결은 해지되며 다시 연결을 시도해야 한다는 단점이 있다.

이와 같이 호스트가 망을 변경하여 인터넷에 접속하는 경우에 발생하는 연결 해지문제를 해결하기 위하여 이동 노드가 자신이 위치를 변경하더라도 기존에 설정되어 있는 연결을 계속 유지할 수 있도록 하기 위한 Mobile IPv6 (MIPv6)[5] 기술이 제안되었다. MIPv6 프로토콜에서 이동 노드는 자신이 하나의 망에서 다른 망으로 이동했다는 것을 감지하게 되면 MIPv6 프로토콜에서 정의된 동작을 수행한다. 즉, MIPv6는 호스트 기반 이동성 프로토콜이다.

비록 MIPv6 기술이 표준으로 정의되어 있기는 하지만 현재 사용되고 있는 모든 노드들이 MIPv6 기능을 갖추고 있다고 볼 수는 없으므로, MIPv6 기능을 구현하고 있지 않은 노드는 하나의 망에서 다른 망으로 이동을 할 때마다 기존에 설정되어 있는 연결을 종료하고 새로 설정해야 하는 문제가 발생한다. 이를 방지하기 위하여, MIPv6 기능이 구현되어 있지 않은 노드가 이동을 하더라도 기존에 설정되어 있는 연결이 계속 유지될 수 있도록 액세스 망에서 노드의 이동성을 지원하기 위한 네트워크 기반 이동성 기술이 제안되었다. 네트워크 기반 이동성 관리 기법은 현재 IETF의 netlmm (Network-based Localized Mobility Management)[6] 워킹그룹에서 표준화가 진행 중에 있다.

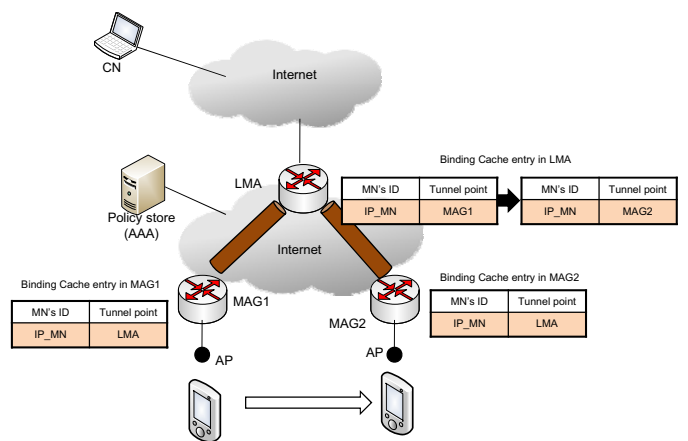
PMIPv6 기술의 핵심은 이동 단말이 IP 이동성 프로토콜 시그널링에 관여하지 않는다는 것이다. 즉, 이동 단말이 이동성 관리의 주요 역할을 수행하던 기존 MIPv6와는 달리 PMIPv6에서는 네트워크 측면에서 이동성을 관리하게 된다. 결국, 기존 MIPv6의 경우 복잡한 표준 사양이 탑재된 단말만이 이동하면서 인터넷 서비스를 받을 수 있었지만, PMIPv6에서는 IPv6 기능을 가졌다면 어떤 단말이라도 이동하면서 인터넷 서비스를 받을 수 있다는 것이다. MIPv6와 PMIPv6의 동작 차이는 다음 [그림 4]와 같다.



[그림 4] Mobile IPv6와 Proxy Mobile IPv6의 동작

PMIPv6 이동성원 기법의 동작을 설명하면 [그림 5]와 같다. 이동 노드가 액세스 망에 있는 Mobile Access

Gateway 1 (MAG1)에 접속하면, MAG1은 이동 노드에게 네트워크 프리픽스를 광고하고, 이동 노드는 이 정보를 이용하여 글로벌한 IPv6 주소를 할당 받는다. MAG1은 이동 노드에게 할당한 IP 주소와 MAG1 자신의 IP 주소 정보를 Local Mobility Anchor (LMA)에 등록한다. 이 정보를 이용하여 LMA는 이동 노드의 IP 주소와 MAG1의 주소에 대한 바인딩 정보를 저장한다. 또한 MAG1은 MN의 IP주소와 LMA 주소에 대한 바인딩 정보를 저장한다. 즉, LMA와 MAG1 사이에는 이동 노드를 위한 터널이 설정되어, 이동 노드와 임의의 노드 사이에 교환되는 트래픽은 이 터널을 이용하여 전송된다. 만일 이동 노드가 새로운 망으로 이동을 하게 되면, 새로운 MAG2는 이동 노드의 MAC 주소를 이용하여 이동 노드가 접속했다는 것을 알게 된다. MAG2는 MAG1이 제공한 것과 동일한 네트워크 프리픽스를 이동 노드에게 광고한다. 이 광고 메시지를 수신한 이동 노드는 비록 자신이 이동을 하였지만, 동일한 네트워크 프리픽스를 수신하였기 때문에 동일한 네트워크 내에 있다고 간주한다. 즉, 이동 노드는 동일한 망 내에서의 이동이기 때문에 부가적인 동작을 할 필요가 없다. MAG2는 이동 노드의 IP 주소와 자신의 IP 주소를 LMA에게 등록하고, LMA와 이동 노드의 IP 주소에 대한 바인딩 정보를 저장한다. LMA는 이 정보를 이용하여 자신의 바인딩 캐쉬에 있는 이동 노드 관련 엔트리를 MAG1에서 MAG2로 수정한다. 즉, 이동 노드를 위한 터널이 LMA-MAG1에서 LMA-MAG2로 변경된다. 이와 같은 방법을 이용하면 이동 노드의 이동과 관련된 부가적인 기능이 이동 노드에 구현되어 있지 않더라도 네트워크에서 이동 노드의 이동성을 제공할 수 있다.



[그림 5] PMIPv6 이동성 관리 기법

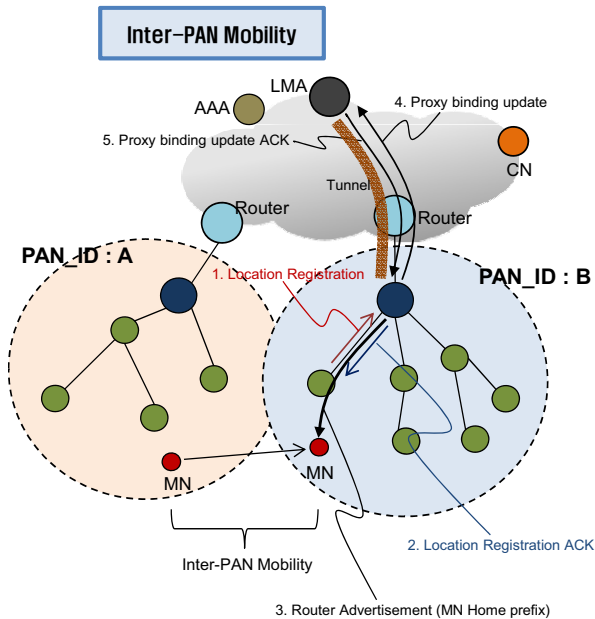
3. 제안사항

본 장에서는 PMIPv6가 적용된 6LoWPAN 이동 센서

노드에게 이동성을 지원하는 메커니즘 및 Location Registration 메시지의 구조를 추가 시키기 위한 기법을 구체적으로 기술한다.

3.1 6LoWPAN 센서 노드 이동 시나리오

[그림 6]은 6LoWPAN 이동 센서 노드가 이동하는 환경을 나타내고 있다. 6LoWPAN 이동 센서 노드가 PAN A에서 이전 6LoWPAN 센서 노드(previous FFD: pFFD)에 접속해 있다가 PAN B로 이동을 하면, 새로운 6LoWPAN 센서 노드(new FFD: nFFD)는 6LoWPAN 이동 센서 노드에게 PAN ID와 16비트 주소를 할당해준다. 6LoWPAN 센서 노드(nFFD)는 코디네이터 B에게 Location Registration 메시지를 전송하여 6LoWPAN 이동 센서 노드의 접근을 알리며 코디네이터 B는 Location Registration 응답 메시지로써 응답한다. 코디네이터 B는 AAA 서버에게 새로 접근한 6LoWPAN 이동 센서 노드에 대한 정보를 요청하는 메시지를 보내고 AAA 서버는 그에 대한 응답 메시지와 함께 MN의 홈 프리픽스와 LMA의 주소 정보를 담아서 보낸다.



[그림 6] PAN간 이동성 지원

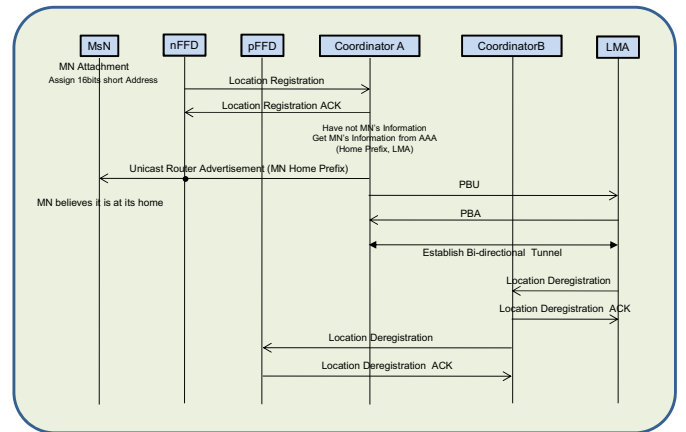
6LoWPAN 이동 센서 노드에 대한 정보를 받은 코디네이터 B는 6LoWPAN 이동 센서 노드의 홈 프리픽스 정보를 담은 Router Advertisement 메시지를 6LoWPAN 이동 센서 노드에게 유니캐스트로 보냄으로써 6LoWPAN 이동 센서 노드k 홈 링크에 있을 때와 같은 환경을 제공한다.

코디네이터 B는 기존의 PMIPv6 프로토콜의 동작 절차에 따라 LMA에게 Proxy Binding Update 메시지를 보내어 6LoWPAN 이동 센서 노드의 위치 정보를

알리고 Proxy Binding Acknowledgement 메시지를 수신함으로써 코디네이터 B와 LMA 사이에 터널을 설정한다.

LMA는 6LoWPAN 이동 센서 노드가 이전에 접속해있던 코디네이터 A에게 Location Registration 해지 메시지를 보내고 응답 메시지를 받음으로써 등록 절차가 끝나게 된다.

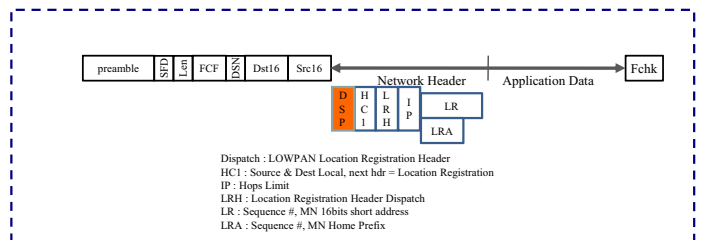
[그림 7]은 [그림 6]과 같은 환경에서 6LoWPAN 이동 센서 노드가 이동할 때 위치 정보를 LMA에게 Proxy Binding Update 해주는 동작 절차를 나타내고 있다.



[그림 7] PAN간 이동성 지원을 위한 메시지 교환 시나리오

2.2 메시지 포맷

[그림 8]은 IEEE 802.15.4 프레임 포맷에 Location Registration 헤더 포함하였을 때의 전체 패킷 구조를 나타낸다. Location Registration 헤더를 나타내기 위한 Dispatch (DSP)헤더의 비트 패턴은 <표 2>와 같다.



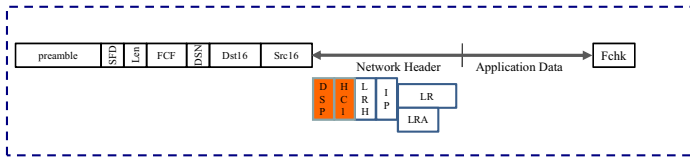
[그림 8] Location Registration 헤더를 포함하는 패킷 구조

[표 2]는 Dispatch 헤더 패턴에 따른 헤더의 종류를 나타내고 있다. 압축된 IPv6 헤더 다음에 Location Registration 메시지가 포함되려면 Dispatch 헤더 패턴을 01000100로 설정한다. 01000100 패턴의 Dispatch 헤더는 'LOWPAN_LRH'으로 정의한다.

[표 2] 제안하는 Dispatch 헤더 패턴

00 xxxxxx	NALP	Not a LoWPAN frame
01 000001	IPv6	uncompressed IPv6 Addresses
01 000010	LOWPAN_HC1	LOWPAN_HC1 compressed IPv6
01 000100	LOWPAN_LRH	Location Registration Header
.....	reserved	Reserved for future use
01 010000	LOWPAN_BC0	LOWPAN_BC0 broadcast
.....	reserved	Reserved for future use
01 111111	ESC	Additional Dispatch byte follows

[그림 9]는 본 논문에서 정의한 것과 같이 Dispatch 헤더 패턴이 01000100로 설정 되었을 때 뒤에 따라오는 압축된 IPv6 헤더의 비트별 의미를 구체적으로 나타내고 있다.



LOWPAN_LRH DISPATCH				HC1 Compressed IPv6 header										
0	1	0	0	0	1	1	0	1	2	3	4	5	6	7

[그림 9] HC1 Compressed IPv6 Header 값

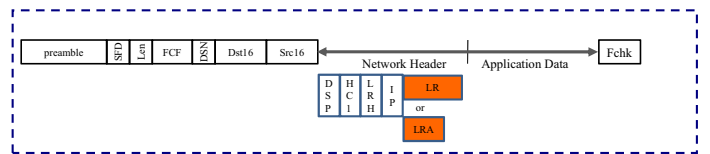
HC1 Compressed IPv6 헤더의 각 비트가 의미하는 뜻은 다음과 같다.

- 0: Source prefix compressed
- 1: Source interface identifier compressed
- 2: Destination prefix compressed
- 3: Destination interface identifier compressed
- 4: Traffic and Flow Label zero
- 5, 6: Next Header
 - 00: Location Registration Header
 - 01 10 11: reserved
- 7: Additional HC2 compression header follows

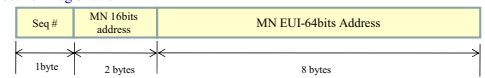
[그림 10]은 HC1 헤더 뒤에 오는 Location Registration와 Location Registration Acknowledgement 메시지를 구체적으로 나타내고 있다. [그림 10]과 같이 IEEE 802.15.4 프레임에 Location Registration 메시지를 포함하려면 변형된 Header Compression (HC1) Dispatch의 값이 설정되어야 한다. 기존의 Next Header 값은 UDP, TCP, ICMP 헤더만 설정할 수 있지만, 본 논문은 기존의 HC1 Dispatch 헤더 비트의 의미와 비교하여 Location Registration 메시지가

포함될 때 Next Header 값의 의미를 다르게 설정하도록 한다. 즉, 압축된 IPv6 헤더의 Next Header로 Location Registration 헤더를 추가하기 위해서 압축된 IPv6 헤더의 5, 6번째 비트 값을 00으로 설정한다. 또한 Location Registration Acknowledgement 헤더를 추가하기 위해서 01으로 설정하고 나머지 10, 11은 reserved로 남겨둔다.

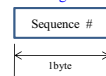
Dispatch 헤더 패턴에 따라서 Header 패턴이 LOWPAN_HC1 (01000010)으로 설정되었으면 기존 IPv6 압축 헤더가 포함되고, Dispatch 헤더 패턴이 LOWPAN_HC1 (01000100)으로 설정되었으면 본 논문에 따른 Location Registration 헤더가 포함됨을 의미한다.



LOWPAN Location Registration



LOWPAN Location Registration Acknowledgment



[그림 10] 6LoWPAN Location Registration 헤더와 Location Registration Acknowledgement 메시지

Location Registration 메시지는 1바이트의 sequence number와 2바이트의 6LoWPAN 이동 센서 노드의 16비트 주소 그리고 8바이트의 6LoWPAN 이동 센서 노드의 EUI-64 주소를 포함하여 총 11바이트의 길이로 표현된다. 또한 Location Registration Acknowledgement 메시지에 1바이트의 sequence number를 포함하여 총 1바이트의 길이로 표현된다. 16비트 주소는 6LoWPAN 센서 노드 (nFFD)가 6LoWPAN 이동 센서 노드에게 할당하는 임시 주소 역할을 하며 코디네이터 B는 PAN 내에서 16비트 주소를 이용하여 MN과 통신을 한다. 또한 6LoWPAN 이동 센서 노드의 EUI-64 주소는 PAN 내에서 유일한 주소로 사용되며 AAA 서버에게 6LoWPAN 이동 센서 노드의 정보를 요청할 때 사용된다.

4. 결론

본 논문에서 정의한 Location Registration 메시지와 Location Registration Acknowledgement 메시지를 기반으로 1홉으로 연결된 6LoWPAN 이동 센서 노드의

이동성을 지원하는 기존의 PMIPv6를 멀티 홉 환경의 6LoWPAN 센서 네트워크에 적용이 가능하게 되었고, MN이 서로 다른 PAN 간에 이동을 하는 경우, 코디네이터가 대신 Proxy Binding Update를 함으로써 6LoWPAN 이동 센서 노드는 이동성 프로토콜을 가지고 있지 않더라도 이동성을 제공 받을 수 있다.

센서 네트워크의 이동성 지원은 일반가정, 공공기관, 의료보건, 산업현장, 해양탐사, 기상, 자연재해 및 우주탐사, 교통수단 및 운송관리, 무선 센서를 응용하는 화학 공정이나 응급 상황 감지 시스템, 자동차 타이어 감지 시스템, 건강 감지 센서 및 모니터링 등 많은 분야에서 활용이 가능할 것이다. 이들은 사회 전반에 밀접한 연관이 있기 때문에 산업적 활용뿐만 아니라 공공 분야에 대한 파급효과가 매우 클 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, B. Patil, "Proxy Mobile IPv6", draft-ietf-netlmm-proxymip6-00.txt, April 2007
- [2] N. Kushalnagar, G. Montenegro, C. Schumacher, "IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs): Overview, Assumptions, Problem Statement, and Goals," IETF RFC 4919, Aug. 2007.
- [3] IEEE computer Society, "IEEE Std. 802.15.4-2003," Oct. 2003.
- [4] G. Montenegro, N. Kushalnagar, J. Hui, D. Culler, "Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks," IETF RFC 4944, Sep. 2007.
- [5] D. Johnson, C. Perkins and et al, "Mobility Support in IPv6," IETF RFC 3775, Jun. 2004.
- [6] IETF NetLMM Working Group, "<http://www.ietf.org/html.charters/netlmm-charter.html>".