

# 6LoWPAN 에서 이동성 기반의 네트워크 지원을 위한 부트스트래핑 프로토콜

황동엽\*, 류제택\*\*, 유승화\*\*  
\*아주대학교 일반대학원 컴퓨터공학과  
\*\*아주대학교 정보통신전문대학원  
e-mail : bc8c@naver.com

## Development of Bootstrapping Protocol to support Network based Mobility of 6LoWPAN

Dong-Yeop-Hwang\*, Jea-Tek-Ryu\*\*, Seung-Wha-Yoo\*\*  
\*Dept. of, Computer Science, Ajou University  
\*\*Dept. of Graduate School of Information & Communication,, Ajou University

### 요 약

6LoWPAN 에서의 부트스트래핑 과정은 네트워크 참여시 인증 절차를 반복적으로 수행하여 이동성을 보장하기에 적합하지 못하다. 본 논문에서는 이러한 반복적 인증 절차를 최소화 시키는 방안을 제안한다. 또한 제안된 방안을 통하여서 네트워크 참여시 지연의 최소화를 기대한다.

### 1. 서론

최근 무선 센서 네트워크 기술이 물류, 교통, 환경, 건강 등의 사회 제반 사업에 다수 응용 됨에 따라 그 중요성이 커지고 있다. 이러한 기술은 네트워크를 기반으로 하여 사용자들에게 다양한 정보를 제공하며 이를 통해 사용자들은 보다 다양하고 실질적인 서비스를 받는 것을 가능하게 한다. 그러나 이러한 무선 센서 네트워크는 저전력, 저대역폭이라는 특징으로 인해 실제 적용에는 많은 제약을 가지고 있으며 현재 이를 해결하기 위해 다양한 기관에서 관련 연구를 진행하고 있다. IETF 는 이미 2005 년부터 이를 위해 6LoWPAN WG 를 구성하였으며 IEEE 802.15.4 를 기반으로 IPv6 를 적용하기 위한 표준화를 추진하고 있다.

최근 64 차 IETF 회의에서는 6LoWPAN 에 부트스트래핑, 네이버 디스커버리, 보안 관련 이슈들이 제기되었으며 특히 부트스트래핑 관련에서는 네트워크 참여시 인증과정을 통해 주소를 할당 받는 “LBP: A Secure and Efficient Network Bootstrapping Protocol for 6LoWPAN”[2]가 발표되었다. 이는 부트스트래핑 과정을 통해 주소할당에 대한 방법을 이중 장비간에 표준화하고 인증을 통해 안전한 네트워크를 확보를 그 목적으로 한다.

하지만 이러한 방법은 인증을 위한 부가적인 과정을 부여함에 따라 이동성이 고려된 동적 네트워크 환경에는 적합하지 않다. 이는 반복적인 장치 이동이 LBP 과정 하에 있는 인증 절차를 반복시켜 지속적인 인증으로 인한 지연을 야기 시킬 수 있기 때문이다. 또한 이러한 지연은 이동 속도가 증가할 경우 해당 장치의 네트워크 참여조차 불가능하게 할 수도 있다.

이를 위해 본 논문에서는 이동성을 고려한 효율적

인 부트스트래핑 방안을 제안한다. 제안된 본 방안은 기존의 중앙 집중적인 LBS 의 인증 절차를 주변 노드를 이용 최적화 하여 부트스트래핑에 소모되는 지연을 최소화 한다. 또한 본 방안에서는 단일 무선 센서 네트워크의 이동뿐만 아니라 다중 네트워크 하에서의 장치 이동을 고려하여 대규모의 무선 센서네트워크에서도 해당 지연의 발생을 최소화 한다.

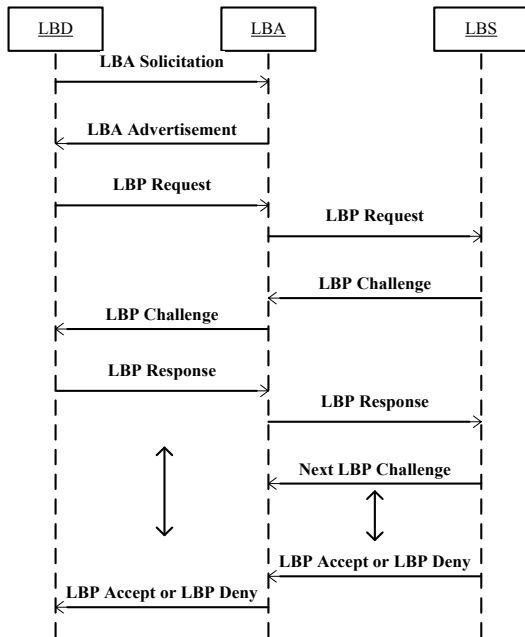
본 논문은 다음 처럼 구성되어 있다. 2 장 관련연구에서는 기존의 논문에서의 부트스트래핑 프로토콜인 LBP 와 이동성 네트워크 환경에서의 문제점을 기술한다. 3 장 제안모델에서는 LBP 기반 6LoWPAN 디바이스의 이동성을 보장하기 위한 메커니즘을 제안한다. 4 장에서는 이동성 환경에서의 LBP 와 제안한 메커니즘의 성능을 실험하며, 5 장에서 결론을 맺고 6 장에서 향후 발전가능성에 대하여 논의하도록 한다

### 2. 관련연구

무선 센서 네트워크 기술의 필요성이 증대되고 그에 따른 기존 주소체계의 한계에 의하여 센서 네트워크에서의 IPv6 적용의 필요성이 대두되고 있다. 이에 따라 각 센서 노드에 고유의 IPv6 를 부여하고, 빠른 이동성을 제공하기 위한 움직임 가시화 되고 있다. 이러한 기술을 6LoWPAN 이라 하며, IETF WG(Internet Engineering Task Force Working Group)은 이러한 6LoWPAN 을 표준화를 진행 중이며 IETF RFC 4919 [3], IETF RFC 4944 [4] 에서 표준 문서를 다룬다.

IETF 에서는 이러한 6LoWPAN 에 관련된 많은 기술들을 연구 중에 있으며, 그 연구 중 하나인 “LBP: A Secure and Efficient Network Bootstrapping Protocol for 6LoWPAN” [2] 에서 6LoWPAN 에서 디바이스의 참여

를 인증해주는 부트스트래핑 프로토콜인 LBP 가 논의 되었다. 본 논문에서는 위 논문에서의 LBP 를 기반으로 효율적인 메커니즘을 제안한다. 6LoWPAN 을 위한 부트스트래핑 프로토콜인 LBP 는 이미 PAN 에 소속된 디바이스를 이용하여 PAN 코디네이터나 게이트웨이 에 접근 하는 기법이다. LBP 에서는 노드를 3 가지의 종류로 나눈다. LBD (LoWPAN Bootstrapping Device) 는 네트워크 참여를 위해 인증을 원하는 새로운 디바이스, LBA(LoWPAN Bootstrapping Agent)는 이미 인증된 네트워크의 구성 노드, LBS(LoWPAN Bootstrapping Server)는 게이트웨이나 기지국과 같은 인증을 위한 정보를 제공하는 노드를 말한다. LBD 가 네트워크의 범위 안에서 다른 디바이스 들에게 브로드캐스트를 이용하여 네트워크 참여를 요청 한다. 이 메시지를 수용한 하나의 LBA 에서 응답 메시지를 LBD 에게 전송하여 LBD 의 인증과정을 도와 줄 것을 약속한다. 이때부터 LBD 는 LBA 를 통하여서 LBS 에게 요청 메시지와 응답 메시지를 주고 받으며 인증을 시도한다.



(그림 1) 메시지 교환 다이어그램

위의 그림 1 과 같이 각각의 노드간의 메시지를 교환하여 LBD 를 네트워크에 참여 시킨다. 이와 같은 프로토콜을 따라서 디바이스들이 이동성을 보장 받게 되고 도래하는 이동성 환경에서의 네트워크 형성이 가능하게 한다.

이와 같은 프로토콜을 따라서 6LoWPAN 의 새로운 노드의 네트워크 참여를 보안을 보장하며 효율적으로 수행 할 수 있다. 하지만 LBP 프로토콜을 이용한 부트스트래핑은 이동성 환경에서 반드시 보장해 주어야 할 요건들에 몇 가지 개선점을 가지고 있다. 이동성 환경에서는 디바이스들이 이동하며 통신을 해야 하기 때문에 디바이스 이동 시에 네트워크의 재 참여를 신속하게 처리해 주어야 한다. 이러한 면에서 LBP 는 LBA 를 거쳐 LBS 로 모든 메시지를 교환하므로 전달

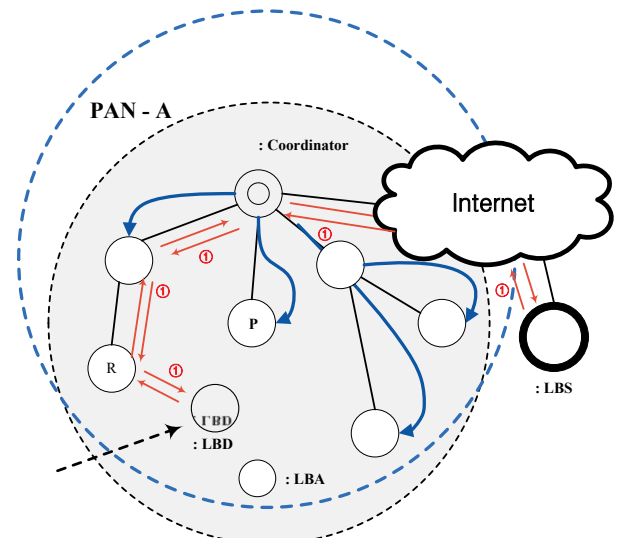
에 필요한 메시지 전송이 불필요하게 많이 발생하게 된다. 또한 이미 LBS 에서 인증이 된 디바이스의 경우 네트워크간, 혹은 네트워크 안에서의 매 이동마다 처음과 동일한 부트스트래핑 과정을 거쳐야 하여 성능 향상을 저해하게 된다. 이러한 요소들을 개선하기 위하여 본 논문에서는 LBP 를 기반으로 디바이스의 이동성의 성능을 향상시키는 메커니즘을 제안한다.

### 3. 제안 모델

본 논문의 메커니즘을 기술 하기 위하여 LBP 의 일부 노드들의 성능을 고려한다. LBP 의 LBS 는 타 디바이스에 비하여 월등한 성능을 보장해야 하며, 이미 구성된 네트워크를 복수 개로의 수용을 보장해야 한다. 또한 LBA 의 경우 기존의 디바이스에 비하여 인증 디바이스 테이블을 확장하여 처리할 수 있는 환경을 고려하도록 한다. 본 논문의 메커니즘의 효율적인 기술을 위하여 Inter-PAN 모드와 Intra-PAN 모드로 구분하여 기술하도록 한다. Inter-PAN 모드는 디바이스의 네트워크 내에서의 이동을 다루고, Intra-PAN 모드는 네트워크와 네트워크 사이에서의 이동을 다룬다.

#### 가. Intra-PAN 모드

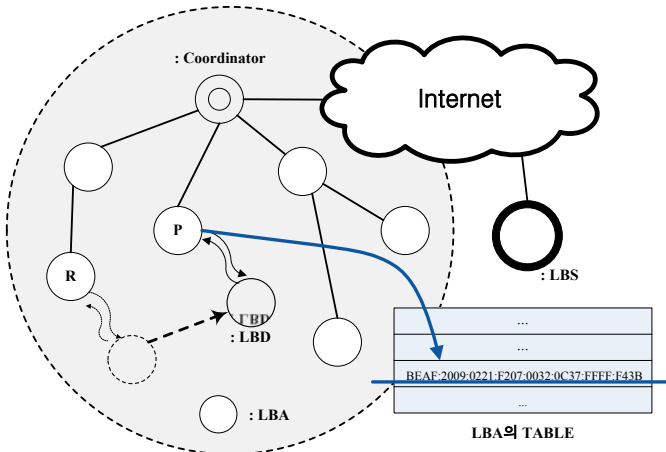
PAN 내에서 LBD 가 네트워크 참여를 요구하게 되면 LBP 의 LBA 를 매개로 하는 메시지 교환 과정을 통하여서 LBS 에 인증을 하게 된다. LBS 는 LBD 의 인증에 성공하면 LBA 를 통하여 LBP Accept 메시지를 전송하여 LBD 를 네트워크의 구성 노드로 참여시켜 준다. 이러한 과정이 그림 2 에서의 메시지 교환에서 모두 일어나게 된다. 초기 교환이기 때문에 인터넷을 통하여 연결된 LBS 까지 메시지를 전달 해야 한다. 또한 멀티 홉 환경의 네트워크에서의 메시지 교환이기 때문에 R 노드와 LBS 사이의 연결을 맺고있는 노드들을 모두 거쳐야 한다. 이때에 코디네이터는 LBS 가 연결된 인터넷과 PAN-A 로의 게이트웨이 역할을 함께 하게 된다



(그림 2) LBD 의 초기 인증

위의 그림 2 에서 표현된 것과 같이 LBD 의 인증을 위하여 LBS 와의 매개 역할을 하는 코디네이터는 네트워크에 새로 참여한 노드의 EUI-64 주소를 포함한 메시지를 브로드캐스팅을 이용하여 PAN-A 내의 모든 LBA 에게 전달한다. 이렇게 전달된 정보를 통하여 LBA 는 PAN 을 구성하는 디바이스들의 EUI-64 주소를 포함한 테이블을 만든다. 즉 LBS 에 의하여 인증된 LBD 의 인증 정보를 PAN-A 내의 모든 LBA 들이 테이블로 구성하고 있게 된다. 이렇게 구성된 테이블은 노드가 이동하여 재참여를 요구할 때에 사용하여 참여 과정의 중복을 피하게 된다.

PAN - A

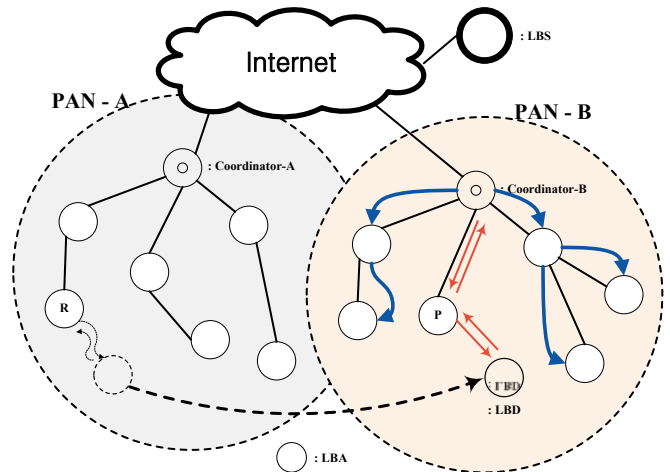


(그림 3) Intra-PAN 모드의 노드 이동

위 과정을 통해 인증된 노드가 이동하여 테이블이 구성된 주변 노드인 P 노드와 연결을 맺을 때, 위의 그림 3 과 같은 모습을 하게 된다. 이때에 이동한 노드인 LBD 로부터 LBP Request 를 받은 P 노드는 LBD 인증을 위해 LBS 에게 요청 메시지를 전달할 필요 없이 기존에 구성된 테이블을 통하여 LBD 를 PAN-A 에 참여 시킨다. 이러한 테이블 구성을 통하여 동일 PAN 내에서의 인증된 주소를 사용하며 빠르게 연결을 맺게 된다. 따라서 PAN-A 내에서의 어떠한 노드의 위치 변경에 있어서도 신속한 이동성을 지속적으로 보장한다

나. Inter-PAN 모드

Intra-PAN 모드에서는 초기의 인증 과정에서 LBD 가 속해 있는 PAN 의 코디네이터에게 인증 메시지를 보냄과 동시에, LBS 와 연결되어 있는 코디네이터와도 인증 메시지 교환을 수행해야 한다. 따라서 PAN-A 와 PAN-B 가 하나의 LBS 와 연결 되어 있는 경우, LBD 가 PAN-A 에 참여 한 뒤에는 PAN-B 의 코디네이터에 해당 인증 정보를 가지고 있게 된다. Inter-PAN 모드에 비하여 노드를 인증하는 범위가 LBS 에 연결된 코디네이터의 수만큼 넓어지는데, 이를 통하여 하나의 LBS 와 연결이 되어 있기만 한다면 서로 다른 PAN 사이로 노드가 지속적으로 이동한다 하더라도 효율적인 참여를 보장 할 수 있다.

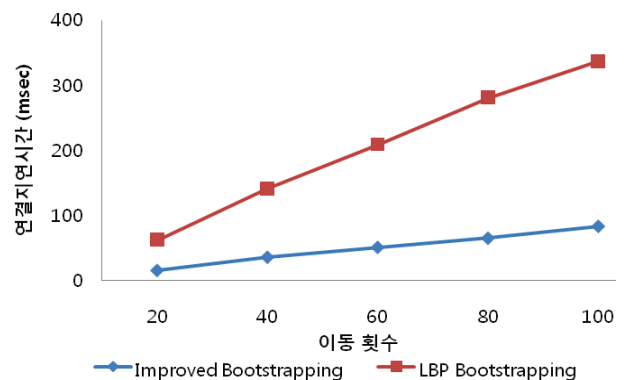


(그림 4) Inter-PAN 모드의 노동 이동

그림 4 에서 PAN-A 에서 이미 인증이 된 노드가 PAN-A 와 PAN-B 사이로 이동하는 모습을 보여주고 있다. 노드 PAN-B 로 이동하여 LBD 로써 PAN-B 에 참여 요청을 할 때, P 노드를 거쳐 코디네이터에게로 메시지를 전송하게 되면, 코디네이터는 이미 해당 노드의 인증 정보를 테이블로 구성하고 있으므로 LBS 와의 메시지 교환 없이 PAN-B 에 참여 시킬 수 있다. 이때에 코디네이터는 PAN-B 내에서의 노드의 이동, 즉 Intra-PAN 모드로써 이동성을 보장하기 위하여 PAN 내의 모든 LBA 들 에게 인증 메시지를 전송하게 된다. 한번 LBS 와 메시지를 교환하여 네트워크에 참여하게 되면, 해당 LBS 와 연결되어 있는 PAN 사이의 디바이스 이동을 LBS 와의 메시지 이동 없이 보장 받을 수 있다.

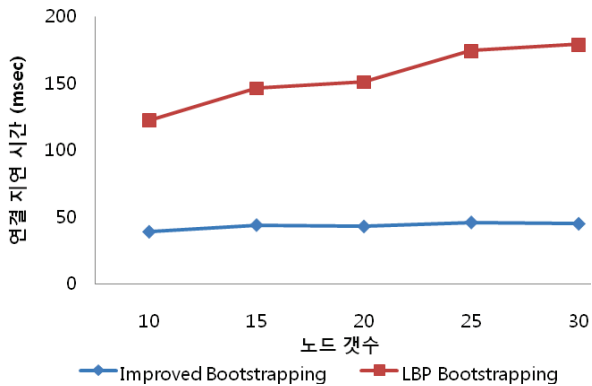
4. 실험

본 논문에서는 이동 노드가 부트스트래핑과정을 거쳐 네트워크에 참여하는 시간을 측정하여 제안된 알고리즘과 LBP 부트스트래핑간의 성능을 평가하는 모의 실험을 진행 하였다. 이러한 평가를 위하여 노드가 네트워크에 참여하기위하여 인증메시지를 주고 받고 해당 네트워크의 구성원이 되기까지의 시간을 연결지연시간이라 규정 하도록 한다.



(그림 5) 노드 이동에 따른 연결지연

그림 5 는 노드의 이동 횟수가 증가함에 따라 연결 지연 시간이 증가하는 것을 도식화한 것이다. 여기서 LBP 부트스트래핑은 제안한 방법에 비하여 약 4 배의 연결 지연 시간을 가지게 된다. 이는 제안된 알고리즘의 노드가 초기 참여시에만 LBS 와 통신해야 하는 것에 비하여 LBP 부트스트래핑은 네트워크 참여시마다 LBS 와의 통신을 해야 하기 때문에 연결이 오랜 시간 지연되게 된다.



(그림 5) 노드 이동에 따른 연결지연

그림 6 은 네트워크를 구성하는 노드의 개수가 증가함에 따른 연결 지연시간의 변화를 알 수 있다. 네트워크를 구성하는 노드의 개수가 증가함에 따라 LBS 까지의 홉수또한 증가하게 되는데, 이로 인하여 LBP 부트스트래핑의 경우 연결 지연 시간이 증가하고 있다. 하지만 제안된 방법에서는 LBD 가 한홉 거리에 있는 LBA 와 통신을 하기 때문에 네트워크를 구성하는 노드의 수에 관계없이 일정한 연결 지연 시간을 보이고 있다. 이를 통하여 많은 노드들로 구성된 6LoWPAN 에서 이동성을 안정적으로 지원할 수 있으며 네트워크의 구성 형태에 상관없이 동일한 서비스를 제공할 수 있다는 장점을 갖는다.

### 5. 결론

6LoWPAN 에서의 부트스트래핑 과정은 인증을 위한 과정을 반복적으로 수행 함에 따라 이동성을 보장하는 동적 네트워크 환경에 지연을 야기 시킨다. 이를 위해 본 논문에서는 이동 노드의 인증 절차를 거칠 시에 주변 노드를 최대한 이용하여 반복적인 수행에 따른 지연을 최소화 하는 방안을 제안한다. 우리는 실험을 통하여 노드의 최초 인증 절차를 수행할 때에는 테이블 구성을 위한 브로드캐스팅에 의해 트래픽은 증가 하지만, 노드의 이동이 빈번하게 발생함에 따라 인증 과정에 따른 지연이 대폭 감소함을 볼 수 있었다. 또한 PAN 간의 이동을 고려하여 노드의 효율적인 이동을 보장하는 범위를 확대하였다. 이를 통하여 이동 노드를 사용하는 무선 센서 네트워크 서비스의 질을 향상 시킬 수 있으며, 센서 노드의 이동성을 기반으로 하는 기술들의 성능 향상을 기대한다.

### 참고문헌

- [1] IEEE Computer Society, "IEEE Std. 802.15.4-2006".
- [2] Aminul Haque Chowdhury ( et al ), "LBP : A Secure and Efficient Network Bootstrapping Protocol for 6LoWPAN"
- [3] 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
- [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] Z. Shelby, Ed. Sensinode, ( et al ), "6LoWPAN Neighbor Discovery ", Draft IETF 6LoWPAN , Feb.2010.
- [6] Wen-Huei Chen, Yu-Jen Chen, "A bootstrapping scheme for inter-sensor authentication within sensor Networks", LCOMM.2005.10010 Volume 9, Issue 10, Oct. 2005 Page(s): 945-947
- [7] G. Armitage (et al), "IPv6 over Non-Broadcast Multiple Access (NBMA) networks", IETF RFC 2491, January 1999.
- [8] Muhammad Ikram, Aminul Haque Chowdhury, Hyun Soo Cha, Ki-Hyung Kim, Seung-wha Yoo, "A Simple Lightweight Authentic Bootstrapping Protocol for IPv6-based Low Power Wireless Personal Area Networks(^LoWPANs)" ACM, International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), Leipzig, Germany, 2009