

# 소형 IoT 디바이스 간 상호 호환성 확보를 위한 경량 IPv6 네트워크 스택의 구현

김해용\*, 박희웅\*\*, 김선태\*

\*한국전자통신연구원

\*\*과학기술연합대학원대학교

e-mail : {haekim, qyan, stkim10}@etri.re.kr

## Light-weight IPv6 Network Stack Implementation for Compatibility among Small IoT Devices

Haeyoung Kim\*, Huiung Park\*\*, Seon-Tae Kim\*

\*Electronics and Telecommunications Research Institute

\*\*University of Science and Technology

### 요약

최근 IPv6 네트워크 상에서 동작이 가능한 소형 IoT 디바이스에 대한 활용 요구가 늘어나고 있다. 소형 IoT 디바이스들을 IPv6 네트워크로 구성하는 것은 이미 제정된 다양한 국제표준을 통해 쉽게 달성 가능하지만, 해당 국제 표준이 광범위하여 자원이 제한된 소형 디바이스에 적합하지 않거나 다양한 표준 제안 방식 중 한 개를 선택해야 하는 어려움이 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 소형 IoT 디바이스를 위한 경량 IPv6 네트워크 스택의 필수 구현 사항을 제안한다. 제안된 경량 IPv6 네트워크 스택은 기존 IPv6 네트워크와의 연동은 물론, 나아가 소형 IoT 디바이스 간 호환성 확보도 가능하게 한다.

### 1. 서론

흔히 센서노드라고 불리는 무선 통신이 가능한 소형 임베디드 장치는 수십~수백개로 구성된 대규모 무선 멀티홉 네트워크 망을 구축 함으로써 넓은 지역에 걸쳐 다양한 정보를 수집하기 위해 사용되었다. 하지만 센서노드에서 사용되는 네트워크 스택은 기존 인터넷에서 사용되던 IP 기반의 네트워크 스택과 연동이 불가능 했으며, 이를 위해선 반드시 게이트웨이를 통해야만 했다. 이러한 문제를 해결하기 위해 센서노드용 IPv6 네트워크 스택 표준들이 IETF 에 의해 제정되었으며 자연스럽게 기존의 센서노드도 인터넷(IPv6) 통신이 가능하다는 의미가 담긴 소형 IoT 디바이스라 불리게 되었다. 하지만 여전히 해당 표준의 전체 명세사항을 구현하여 탑재하는 것은 프로세싱, 메모리, 에너지 등의 자원 측면에서 소형 임베디드 장치엔 적합하지 않다는 문제가 있으며, 따라서 기존 표준에서 정의하고 있는 내용 중 실제 운용하는데 필요한 최소한의 기능만을 선택적으로 구현하여 탑재할 필요가 있다. 본 논문에서는 소형 IoT 디바이스를 위한 경량 IPv6 네트워크 스택에 반드시 포함되어야 할 최소한의 기능을 정의하고, 이를 통해 디바이스간 상호 호환성을 확보하고자 한다.

### 2. 소형 IoT 디바이스용 경량 IPv6 네트워크 스택

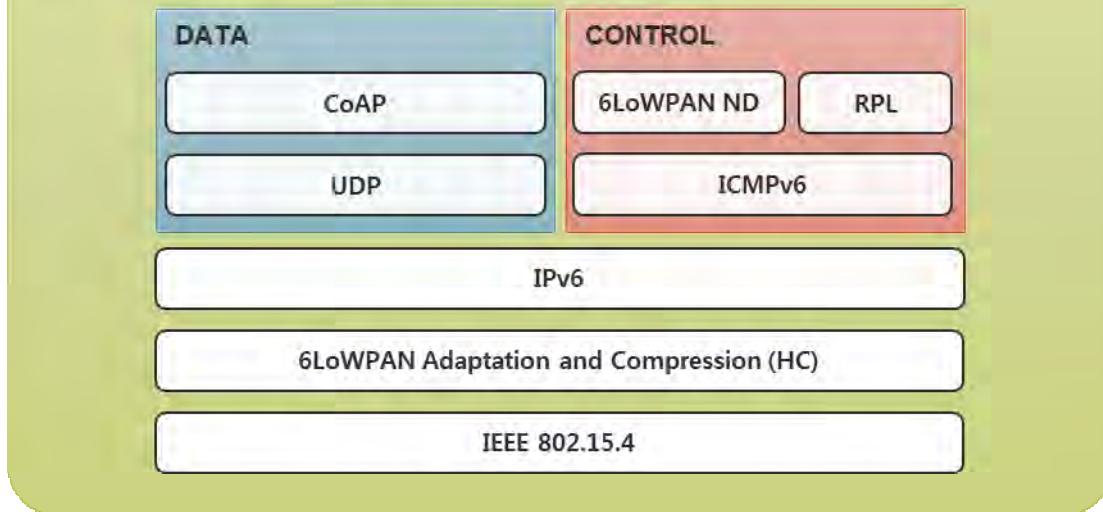
대규모 네트워크 구성을 목표로 하는 소형 IoT 디

바이스들은 무선 통신을 위해 IEEE 802.15.4 표준을 지원하는 RF 트랜시버를 사용한다. IEEE 802.15.4 표준은 MAC 계층에서 다양한 네트워크 구성 모드를 정의하고 있는데, 이 중 가장 기본이 되는 것이 Nonbeacon-enabled 모드이다. 따라서 소형 IoT 디바이스용 경량 IPv6 네트워크 스택의 MAC 계층에서는 IEEE 802.15.4 Nonbeacon-enabled 모드에서 다수의 디바이스간 송수신을 위해 사용되는 Unslotted CSMA-CA 알고리즘을 지원해야 한다. 이 때 표준에서 정의한 정확한 Interface Spacing 시간을 준수하는 것 역시 상호 호환성 확보를 위해 매우 중요한 요소가 된다.

IEEE 802.15.4 MAC 계층에서 사용되는 주소는 Short Address 와 Extended Address 두 가지 방식이 있으며, 이 중 각 디바이스가 가진 고유한 EUI-64 를 기반으로 생성된 Extended Address 가 기본적으로 사용된다. Short Address 의 경우 Extended Address 를 사용하는 경우에 비해 효율적일 수 있지만, 이는 IPv6 계층에서 DAD(Duplicate Address Detection) 기능이 제대로 구현되었을 때만 사용 가능하다. 따라서 DAD 기능이 구현되지 않은 상태에서의 Short Address 의 사용은 오히려 상호 호환성에 문제를 발생시키므로 주의해야 한다.

비록 IEEE 802.15.4 네트워크가 Nonbeacon-enabled 모드로 구성된다 하더라도, 최초에 IoT 디바이스가 주변의 IEEE 802.15.4 네트워크를 검색하기 위해서 beacon request 및 beacon 메시지가 사용된다. 네트워크

## IoT 디바이스용 경량 IPv6 네트워크 스택



(그림 1) 경량 IPv6 네트워크 스택의 구조

검색의 상세한 과정은 IEEE 802.15.4 표준에 Active Channel Scan 이란 용어로 기술되어 있으며, 경량 IPv6 네트워크 스택은 반드시 이를 지원해야 한다.

6LoWPAN Adaptation 계층은 MAC 의 바로 상단에 위치하는 계층이다. 6LoWPAN 은 IPv6 에서 최소한 1280 의 MTU(Maximum Transmission Unit) 필요로 하는데 반해, IEEE 802.15.4 MAC 에서 최대 127byte 길이의 프레임 전송만을 지원하기 때문에 발생하는 문제를 해결하기 위한 계층이다. 이 문제의 해결을 위해 경량 IPv6 네트워크 스택은 6LoWPAN 표준의 Fragmentation 기능과 Header Compression 기능을 반드시 지원해야 한다[1][2].

6LoWPAN 계층 상단에 위치하는 IPv6 계층의 경우 기본 헤더에 포함된 Traffic Class 와 Flow Label 에 대한 고려는 무시된다[4]. Next Header 중 IPv6 계층의 제어를 위한 ICMPv6 를 지원해야 하며[5], 사용자 데이터를 주고 받기 위해 UDP 역시 반드시 경량 IPv6 네트워크 스택에 구현되어 있어야 한다. TCP 의 경우, 인터넷 브라우저를 이용하여 HTML 기반으로 표현된 IoT 디바이스의 자원으로 접근을 원할 때 사용되는데, 이는 주로 사용되는 기능이 아니므로 경량 IPv6 네트워크 스택에 포함할 필요는 없다.

ICMPv6 에서 반드시 구현되어야 할 세부 사항으로는 네트워크의 연결 상태 확인을 위한 Echo Request, Echo Reply 메시지와 IPv6 네트워크 참여를 위한 Router Solicitation, Router Advertisement 메시지, 그리고 이웃 노드와의 통신을 위한 Neighbor Solicitation, Neighbor Advertisement 메시지가 있다. 특히 IEEE 802.15.4 MAC 을 기반으로 생성된 6LoWPAN 인터페이스를 위한 6LoWPAN ND(Neighbor Discovery) 표준이 IETF 에 의해 별도로 제정되어 있으므로, 기본 규격은 ICMPv6 표준을 참고하되 세부 프로세스 및 추가 옵션에 대한 사항은 반드시 6LoWPAN ND 규격을 참고하여 구현해야 한다[3].

일반적인 IPv6 네트워크의 경우 ICMPv6 메시지를 주고 받는 것 만으로 구성이 완료되지만, 6LoWPAN 인터페이스 기반의 IPv6 네트워크의 경우에는 추가적으로 Routing 경로 설정을 위한 메시지 규격 및 프로토콜이 필요하다. IETF 에서는 이를 위해 RPL(IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks) 표준을 제정하였다[6]. RPL 은 기본 동작 원리와 관련된 Core Function 과 네트워크의 운용 목적에 따른 최적화를 위한 Objective Function 이 분리되어 있다. Core Function 中 Storing Mode of Operation with No Multicast Support 모드는 양방향 통신을 지원하고 제어 메시지의 양도 다른 모드에 비해 상대적으로 적기 때문에 경량 IPv6 네트워크 스택 기본 구현 사항에 반드시 포함되어야 하며, Objective Function 의 기본이 되는 Objective Function Zero 역시 경량 IPv6 네트워크 스택에 반드시 포함되어야 한다[7].

마지막으로 경량 IPv6 네트워크 스택의 응용 계층에 CoAP Web Transfer 프로토콜이 위치한다[8]. CoAP 은 기존의 HTTP 에 대응하는 프로토콜로써, 자원이 제한된 소형 IoT 디바이스 및 IEEE 802.15.4 와 같은 Low-power Lossy Network 에 적합한 프로토콜이다. CoAP 을 사용함으로써 다양한 소형 IoT 디바이스의 자원 및 서비스를 쉽게 확인하고 이용 가능할 수 있으며 이를 통해 다양한 IoT 디바이스 간 상호 운용이 가능해진다.

### 3. 결론

최근 국제적으로 무선통신이 가능한 소형 임베디드 장치를 기존 인터넷 망과 연계시키기 위해 매우 다양한 국제 표준이 제정되었다. IEEE 에서는 소형 임베디드 장치에 적합하도록 Low-power 를 사용하는 무선 표준인 802.15.4 표준을 제정하였으며, IETF 는 IEEE 802.15.4 PHY/MAC 계층 위에 6LoWPAN, RPL, CoAP 등의 다양한 표준을 제정하여 궁극적으로 기존 IPv6

네트워크 망과 연동될 수 있도록 하였다. 하지만 이러한 국제 표준들의 모든 기능을 탑재하기엔 소형 IoT 디바이스의 자원이 부족할 뿐만 아니라, 사용자에게 여러 표준 방식에 대한 선택권을 주고 있어 여전히 소형 IoT 디바이스간 상호 호환성을 확보하는데 어려움이 따른다. 이러한 문제를 해결하고자 본 논문에서는 각 표준마다 반드시 구현되어야 하는 필수 기능 및 소형 IoT 디바이스에 가장 적합한 방식을 선택적으로 열거하고, 이를 통해 기존 IPv6 네트워크와 연동이 가능하면서도 자원이 제한된 소형 IoT 디바이스에 적합한 경량 IPv6 네트워크 스택을 제시하였다. 이러한 경량 IPv6 네트워크 스택에 대한 지침은 나아가 다양한 소형 IoT 디바이스 간 호환성 확보에 큰 도움을 줄 수 있을 것이다.

#### ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 미래창조과학부의 “경량 임베디드 디바이스용 저전력 OS 지원 통합개발 솔루션 개발” 과제를 통해 수행된 연구 결과임

#### 참고문헌

- [1] Montenegro, G., Kushalnagar, N., Hui, J., and D. Culler, "Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks", RFC 4944, DOI 10.17487/RFC4944, September 2007
- [2] Hui, J., Ed., and P. Thubert, "Compression Format for IPv6 Datagrams over IEEE 802.15.4-Based Networks", RFC 6282, DOI 10.17487/RFC6282, September 2011
- [3] Shelby, Z., Ed., Chakrabarti, S., Nordmark, E., and C. Bormann, "Neighbor Discovery Optimization for IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs)", RFC 6775, DOI 10.17487/RFC6775, November 2012
- [4] Deering, S. and R. Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification", RFC 2460, DOI 10.17487/RFC2460, December 1998
- [5] Conta, A., Deering, S., and M. Gupta, Ed., "Internet Control Message Protocol (ICMPv6) for the Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification", RFC 4443, DOI 10.17487/RFC4443, March 2006
- [6] Winter, T., Ed., Thubert, P., Ed., Brandt, A., Hui, J., Kelsey, R., Levis, P., Pister, K., Struik, R., Vasseur, JP., and R. Alexander, "RPL: IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks", RFC 6550, DOI 10.17487/RFC6550, March 2012
- [7] Thubert, P., Ed., "Objective Function Zero for the Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks (RPL)", RFC 6552, DOI 10.17487/RFC6552, March 2012
- [8] Shelby, Z., Hartke, K., and C. Bormann, "The Constrained Application Protocol (CoAP)", RFC 7252, DOI 10.17487/RFC7252, June 2014