

Intra-MARIO: 6LoWPAN에서 Intra-PAN Handover를 최적화된 경로로 지원하기 위한 이동성 프로토콜

하민근^{0*} 김성훈* 홍성민* 김대영*, 여현**

*한국과학기술원, **순천대학교

{minkeun.ha, shkim08, ghitsh, kimd}@kaist.ac.kr, yhyun@sunchon.ac.kr

Intra-MARIO: Mobility Management Protocol to Support Intra-PAN Handover with Route Optimization for 6LoWPAN

Minkeun Ha^{0*} Seong Hoon Kim* Sungmin Hong* Daeyoung Kim* Hyun Yoe**

*Korea Advanced Institute of Science and Technology, **Suncheon National University

표준화된 IP기반 센서 네트워크(IP-USN) 프로토콜인 6LoWPAN[1, 2] 연구에 있어서 이동성 지원은 중요한 기술로써 연구가 진행되고 있다. 현재 IP-USN은 센서 네트워크와 IPv6 기술을 통합하여 글로벌 센서 네트워크 인프라로써 널리 인식됨에 따라 그 적용분야가 다양해졌으며, 헬스케어 시스템, 감시정찰 시스템과 같이 실시간성이 요구되는 다양한 응용에도 적용되고 있다. 이러한 응용에서는 환자의 바디 센서나 패트를 로봇의 센서 노드가 이동함에 따라 핸드오버가 빈번히 발생하게 된다. 이러한 핸드오버에 따른 지연은 Mobile Node(MN)에 액세스할 수 없는 시간을 증가시키기 때문에 긴급한 센싱 데이터가 손실되기 쉽다. 그러므로 빠르고 끊임 없는 핸드오버의 지원은 6LoWPAN에서 중요한 이슈이다.

Adapted Model for Mobile IPv6 support in lowPANs[6]는 인터넷 상의 이동성 프로토콜인 Mobile IPv6(MIPv6)를 6LoWPAN 네트워크에서 지원하기 위한 연구이다. 이 연구는 MN의 이동성을 지원할 수 있도록 하였지만, 핸드오버에 따른 지연을 줄이지는 못하였다. 또한 LoWMob[7]은 6LoWPAN 네트워크의 PAN 내에서 이동하는 MN의 빠른 핸드오버를 지원하기 위한 연구로써, MN의 부모 노드가 MN의 이동 후 다음 위치를 미리 예측하여 설정함으로써 핸드오버 지연을 줄였다. 하지만, 부모 노드가 MN의 다음 위치를 미리 설정하기 위해서는 MN의 이동 방향에 어떠한 노드가 있는지 알고 있어야 한다. 즉, MN의 부모 노드는 다른 노드들의 위치 정보를 알고 있어야 한다는 제약사항이 있다.

본 논문에서는 HiLoW[8] 기반의 LoWPAN 내에서 MN의 Intra-PAN 핸드오버를 빠르고 끊임 없이 지원하기 위한 이동성 프로토콜(intra-MARIO)을 제안한다. 기존의 HiLoW는 라우팅 테이블과 라우팅 경로 설정을 위한 컨트롤 패킷이 필요하지 않기 때문에 라우팅을 위한 오버헤드가 작다는 장점이 있지만, 최대 연결 가능한 자식 노드의 개수에 제한이 있기 때문에 노드의 이동성이 있는 동적 네트워크에 적합하지 않다. 본 논문에서는 HiLoW에서 이동성을 효율적으로 지원할 수 있도록 MSB비트로 MN(1)와 고정형 노드(0)를 구분하여 16비트 주소를 할당하며, 주소 풀을 이용하여 하나의 부모 노드에 연결될 수 있는 MN의 개수에 대한 제한을 해결하였다. 또한, 본 논문에서 제안하는 intra-MARIO 프로토콜은 통신 링크가 깨지기 전에 미리 MN의 핸드오버를 설정하는 Make-before-Break 방식을 사용하여 MN의 이동에 따른 핸드오버 지연을 줄였다. Intra-MARIO에서 MN의 부모 노드는 MN의 이동을 감지하면, PAN Coordinator(PC)와 부모 노드의 라우팅 경로에 있는 모든 중간 노드에 MN의 핸드오버를 미리 설정한다. 그리고 MN가 새로운 부모 노드에 연결되면 MN은 바인딩 메시지를 PC에게 보냄으로써 핸드오버를 완

료한다. 또한, Intra-MARIO는 이 과정을 통해 HiLoW에서 MN의 라우팅 최적화를 지원한다.

본 논문에서는 수학적 분석을 통해 intra-MARIO의 Signaling Cost를 계산하였고, 시뮬레이션을 통해 intra-PAN 핸드오버 지연시간과 End-to-End 지연시간을 분석하였다. intra-MARIO는 MN의 핸드오버를 미리 설정하기 위한 패킷 교환으로 Signaling Cost가 증가하지만 20ms 이하의 빠른 핸드오버 성능을 보였으며, 핸드오버 이후에도 최적의 라우팅 경로를 보장하였다. 이러한 빠르고 끊임 없는 핸드오버 지원을 통하여 IP-USN에서 이동성이 요구되는 다양한 실시간 응용을 지원할 수 있다. 향후에는 MN의 이동을 빠르고 정확하게 예측하기 위한 기법을 연구하여 IP기반 무선 센서 네트워크에서 더욱 향상된 이동을 지원할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

참고 문헌

- [1] G. Mulligan, L.W. Group, "The 6LoWPAN architecture," *Proc. of the EmNets*, pp. 77-82, Cork, Ireland, Jun. 2007.
- [2] IEEE, IPv6 over low-power WPAN (6LoWPAN), available: <http://www.ietf.org/html.charters/6lowpan-charter.html>.
- [3] IEEE. IEEE standard for information technology - telecommunications and information exchange between systems - local and metropolitan area networks specific requirements part 15.4: wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications for low-rate wireless personal area networks (LR-WPANs), 2003.
- [4] G. Montenegro, N. Kushalnagar, J. Hui, and D. Culler, "Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks," IETF RFC4944, Sep. 2007.
- [5] Debashis Saha, Amitava Mukherjee, Iti Saha Misra, and Mohuya Chakraborty, "Mobility Support in IP: A survey of Related Protocols", *IEEE Network*, Nov./Dec. 2004.
- [6] R. Silva and J. Sa Silva, "An Adaptation Model for Mobile IPv6 support in lowPANs," Internet-Draft, IETF, May 2009.
- [7] Gargi Bag, Muhammad Taqi Raza, Ki-Hyung Kim, and Seung-Wha Yoo, "LoWMob: Intra-PAN Mobility Support Schemes for 6LoWPAN," *IEEE Sensors Journal*, vol. 9, no. 7, pp. 5844-5877, Jul. 2009.
- [8] K. Kim, S. Yoo, S. Daniel Park, and J. Lee, "Hierarchical Routing over 6LoWPAN (HiLow)," Internet-Draft, IETF, Jun. 2007, draft-daniel-6lowpan-hilow-hierarchical-routing-01.txt
- [9] Jin Ho Kim, Choong Seon Hong, and Taeshik Shon, "A Lightweight NEMO Protocol to Support 6LoWPAN," *ETRI Journal*, vol. 30, no. 5, pp. 685-695, Oct. 2008.
- [10] I. F. Akyildiz et al., "Mobility Management in Next Generation Wireless Systems," *Proc. of IEEE*, 87(8): 1347-1384, Aug. 1999.
- [11] Minkeun Ha, Sungmin Hong, Young-Joo Kim, Daeyoung Kim, "Optimal Header Compression of MIPv6 and NEMO Protocol for Mobility Support in 6LoWPAN," *Journal of KIISE: Computing Practices and Letters*, vol. 16, no. 1, pp. 55-59, Jan. 2010. (in Korean)
- [12] Abu S Reaz, Pulak K Chowdhury, Mohammed Atiquzzaman, and William Ivancic, "Signalling Cost Analysis of SINEMO: Seamless EndtoEnd Network Mobility," *Proc. of the first ACM/IEEE international workshop on Mobility in the evolving internet architecture (MobiArch 2006)*, pp. 37-42, San Francisco, USA, Dec. 2006.
- [13] Sangheon Pack, Minji Nam, and Yanghee Choi, "A Study On Optimal Hierarchy in Multi-Level Hierarchical Mobile IPv6 Networks," *Proc. of IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM) 2004*, Dallas, USA, Nov. 2004.