

6LoWPAN 기반 MANEMO 환경에서 경로 최적화 기법

김진호, 홍충선
 경희대학교 컴퓨터공학과
 e-mail : jhkim@networking.khu.ac.kr, cshong@khu.ac.kr

A Scheme for Route Optimization in 6LoWPAN based MANEMO Environments

Jin Ho Kim, Choong Seon Hong
 Dept. of Computer Engineering, Kyung Hee University

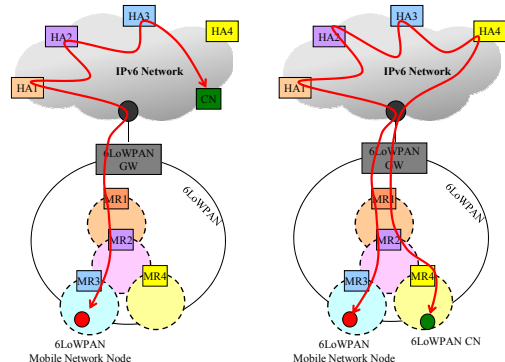
요 약

6LoWPAN 단위의 네트워크 이동성을 지원하는 6LoWPAN Mobile Router 들이 중첩된 네트워크를 형성하였을 때, 6LoWPAN 노드와 CN 간의 통신을 할 경우 패킷 전달을 위한 경로 최적화가 이루어지지 않는다. 특히 NEMO 프로토콜이 적용된 6LoWPAN 네트워크의 중첩된 레벨이 증가하는 경우 패킷 전달을 위한 루트가 더욱 복잡해지고 오버헤드가 커지는 문제가 발생한다. 따라서, 본 논문에서는 MANEMO 기술을 6LoWPAN 환경에 맞게 적용하여 중첩된 6LoWPAN 네트워크를 형성하지 않고 6LoWPAN Mobile Router 간에 Ad-hoc 네트워크를 형성하여 직접적인 통신이 가능하도록 네트워크를 구성함으로써 NEMO 환경에서의 터널링 오버 헤드 문제를 줄이고 통신 경로를 최적화하여 패킷 전송 지연을 최소화할 수 있는 방안을 제시한다.

1. 서론

6LoWPAN (IPv6 over Low power WPAN) [1][2]은 한정된 전력과 적은 처리량이 요구되는 어플리케이션들에게 무선연결환경을 제공하는 단순하고 간단한 저가형 통신 네트워크이다. 특히 센서 네트워크에 적합하며 IEEE 802.15.4 [3]를 PHY/MAC 으로 하는 저전력 WPAN 상에 IPv6 를 탑재하기 위한 기술이다. 이러한 6LoWPAN 에 NEMO (Network Mobility) [4]를 적용하면 센서 네트워크 단위의 이동성을 지원할 수 있다. 6LoWPAN MR (Mobile Router)을 통해서 6LoWPAN 기반의 센서 노드들로 구성된 센서 네트워크 단위의 이동성이 지원되며, 6LoWPAN MR 내부의 서버넷에 존재하는 센서 노드들에게 끊임없는 인터넷 연결을 제공할 수 있다. 6LoWPAN MR 은 외부 인터페이스를 통해 다른 NEMO 에 접속하여 중첩된 NEMO 를 형성할 수 있다. 그러나 NEMO 가 적용된 6LoWPAN MR 들이 중첩된 NEMO 를 형성하고 6LoWPAN 네트워크의 중첩 레벨이 증가할 경우 그림 1 과 같이 패킷 전달을 위한 경로가 더욱 복잡해지며 오버헤드가 증가하는 문제가 발생한다. 왜냐하면 NEMO 프로토콜은 MNN (Mobile Network Node)과 CN (Correspondent Node) 간의 통신을 할 경우, 항상 MR-HA Bi-directional Tunnel 을 통해서 패킷이 라우팅 되기 때문이다. 이로 인해 CN 이 가까이 위치함에도 불구하고 비효율적으로 긴 경로를 통해 패킷이 라우팅 되어 전송 지연 시간이 증

가하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 MANEMO (MANET for NEMO) [5] 기술을 적용하면, 6LoWPAN MR 의 외부 인터페이스를 MANET 으로 형성하여 6LoWPAN MR 들끼리 Ad-hoc 라우팅 프로토콜을 사용함으로써 최적화된 경로를 결정할 수 있다. 하지만, 현재 MANEMO 기술을 6LoWPAN 환경에 맞게 적용하기 위한 구체적인 방법이 존재하지 않는다. 따라서, 본 논문에서는 6LoWPAN 기반의 센서 노드들로 구성된 센서 네트워크에서 MANEMO 를 적용하여 단말들 간에 최적화된 경로를 설정한 후 최적화된 경로로 패킷을 송수신할 수 있는 기법을 제안한다.



(그림 1) 중첩된 6LoWPAN 네트워크에서 NEMO Basic Support 프로토콜의 편발 라우팅 문제

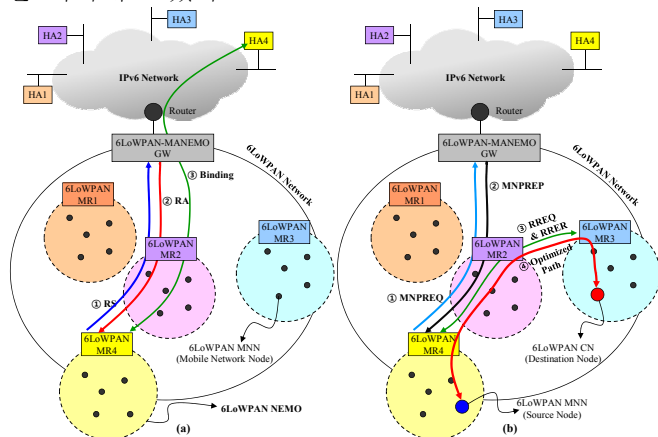
2. 제안하는 메커니즘

“This work was supported by the Korea Science and Engineering Foundation (KOSEF) grant funded by the Korea government(MEST)”
 (R01-2008-000-20801-0)

본 장에서는 6LoWPAN 기반 MANEMO 환경에 맞게 본 논문에서 새롭게 정의한 RS (Router Solicitation), RA (Router Advertisement), MNPREQ (Mobile Network Prefix Request), MNPREP (Mobile Network Prefix Reply) 메시지들을 통해 6LoWPAN 기반의 MANEMO 환경에서 통신 경로 최적화를 지원하는 방안에 대해 구체적으로 기술한다. 6LoWPAN 네트워크는 6LoWPAN-MANEMO 게이트웨이와 6LoWPAN NEMO 로 구성되어 있으며, 각 6LoWPAN NEMO 는 하나의 6LoWPAN MR 과 한 개 이상의 6LoWPAN MNN (Mobile Network Node)로 구성되어 있다. 6LoWPAN-MANEMO 게이트웨이는 6LoWPAN NEMO 에게 Default 게이트웨이의 역할을 수행한다.

2.1 6LoWPAN-MANEMO 게이트웨이 탐색

그림 2(a)는 본 논문에서 새롭게 정의한 RS 와 RA 메시지 교환을 통한 6LoWPAN MR 의 6LoWPAN 네트워크 등록 시나리오를 나타내고 있다. 6LoWPAN 네트워크는 6LoWPAN NEMO 를 구성하고 있는 3 개의 6LoWPAN MR1,2,3 들이 위치하고 있으며, 6LoWPAN MR4 가 이동하여 6LoWPAN 네트워크에 등록하기 위해 6LoWPAN-MANEMO 게이트웨이를 탐색하는 과정을 나타내고 있다.



(그림 2) (a)6LoWPAN-MANEMO 게이트웨이 탐색 시나리오 및 (b)MNP (Mobile Network Prefix) 탐색 시나리오

6LoWPAN MR4 는 Beacon 메시지의 PAN ID 정보를 통해서 새로운 6LoWPAN 네트워크로 이동했음을 감지한다. 기존의 PAN ID 와 비교하여 현재 Beacon 의 PAN ID 와 다르다면 새로운 6LoWPAN 네트워크로 이동하였다고 판단한다. 그리고, 접속한 6LoWPAN 네트워크에 등록하고 PAN 내부에서 사용 가능한 16 bits 주소를 6LoWPAN-MANEMO 게이트웨이로부터 할당받기 위해 RS 메시지에 본 논문에서 정의한 6LoWPAN MR4 의 MNP (Mobile Network Prefix) 옵션을 추가하여 Unicast 방식으로 송신한다. 인접 6LoWPAN MR2 는 RS 메시지를 6LoWPAN-MANEMO 게이트웨이로 릴레이 해준다. RS 를 수신한 6LoWPAN -MANEMO 게이트웨이는 6LoWPAN MR4 가 송신한 RS 메시지의 MAC 헤더를 통해 64 bits MAC 주소, IP 헤더를 통해 소스 주소 부분의 link-local 주소, RS 의 MNP 옵션을 통해 6LoWPAN MR4 의 MNP 정보를 확

득하고 저장한다. 6LoWPAN-MANEMO 게이트웨이는 6LoWPAN MR4 에게 현재 6LoWPAN 네트워크 내에 유일한 16 bits 주소를 할당하고 저장한다. 이때 6LoWPAN-MANEMO 게이트웨이는 자신이 관리하는 6LoWPAN 네트워크 내의 모든 노드의 정보를 저장하여 관리한다. 그리고, 6LoWPAN-MANEMO 게이트웨이는 6LoWPAN 네트워크의 prefix 옵션과 할당한 16 bits 주소 옵션이 포함된 RA 메시지를 6LoWPAN MR4 에게 Unicast 방식으로 송신한다. RA 메시지를 수신한 6LoWPAN MR4 는 Beacon 메시지로부터 수신한 PAN ID, RA 메시지의 prefix 옵션과 16 bits 주소 옵션을 통해 128 bits IPv6 CoA (Care-of Address)를 생성한다. CoA 주소는 현재 등록된 6LoWPAN 네트워크에서 사용할 수 있는 임시의 Global IPv6 주소로써 Binding 과정을 통해 자신의 HA 에 등록한다. 6LoWPAN 외부로 나가는 패킷의 IPv6 주소는 CoA 주소를 사용한다. 6LoWPAN-MANEMO 게이트웨이로부터 할당 받은 16 bits 주소는 6LoWPAN 네트워크 내부에서 통신할 경우 사용 가능한 임시의 주소이다. 즉, 6LoWPAN 네트워크 내부의 다른 6LoWPAN MR 과의 통신은 16 bits 주소를 사용할 수 있기 때문에 NEMO 와 같이 자신의 HA 까지 패킷을 전달할 필요가 없다.

2.2 MNP (Mobile Network Prefix) 탐색

그림 2(b)는 본 논문에서 정의한 MNPREQ (Mobile Network Prefix Request)와 MNPREP (Mobile Network Prefix Reply) 메시지 교환을 통한 6LoWPAN MR4 의 MNP (Mobile Network Prefix) 탐색 시나리오를 나타내고 있다. 6LoWPAN-MANEMO 게이트웨이 탐색 과정이 완료된 후 6LoWPAN MR4 내의 6LoWPAN MNN (Mobile Network Node)이 CN 과의 통신을 시도할 경우 CN 이 6LoWPAN 네트워크 내부에 위치하는지 외부에 위치하는지 탐색하기 위해서 MNP 탐색 과정을 수행한다. 만약 6LoWPAN 내부에 위치하는 6LoWPAN MR3 내에 CN 이 위치한다면 MNP 탐색 과정을 통해서 패킷이 HA4 와의 터널을 형성하지 않고 최적화된 경로로 송수신 될 수 있다. 소스 주소가 6LoWPAN MNN 이고 목적지 주소가 CN 으로 설정된 패킷이 6LoWPAN MR4 의 내부 인터페이스로 통과되면 6LoWPAN MR4 는 목적지 주소의 prefix 와 외부 노드 매핑 테이블을 검색하여 일치하는 prefix 가 존재하는지 판단한다. 만약 검색되지 않는다면, 6LoWPAN-MANEMO 게이트웨이에게 prefix 가 현재 6LoWPAN 네트워크 내부에 위치하는지 판단하기 위해서 CN's Prefix 정보가 포함된 MNPREQ 메시지를 생성하여 6LoWPAN-MANEMO 게이트웨이에게 Unicast 방식으로 송신한다. MNPREQ 메시지를 수신한 6LoWPAN-MANEMO 게이트웨이는 CN 의 Prefix 가 현재 6LoWPAN 네트워크 내에 존재하는지를 저장된 매핑 테이블에서 검색한다. 6LoWPAN-MANEMO 게이트웨이는 6LoWPAN 네트워크의 모든 6LoWPAN 노드와 MNP 가 포함된 6LoWPAN MR 들의 정보를 저장하고 있으므로 CN 의 Prefix 가 내부에 위치하는지 외부에 위치하는지 판단할 수 있다. 만약 CN 의 Prefix 가 검

색된다면, 6LoWPAN-MANEMO 게이트웨이는 CMR (Correspondent 6LoWPAN MR)'s 16 bits Address, 즉, CN 이 속한 6LoWPAN MR3 의 16 bits 주소가 포함된 MNPREP 메시지를 생성하여 6LoWPAN MR4 에게 Unicast 방식으로 송신한다. MNPREP 메시지를 수신한 6LoWPAN MR(4)은 CMR's 16 bits Address 정보를 통해서 CMR 간에 최적화된 경로를 확보하기 위해 RREQ 와 RREP 의 송수신을 통한 라우팅 프로토콜을 수행한다. 6LoWPAN MR4 과 CMR 간의 경로가 확보되면 6LoWPAN MNN 과 CN 간의 패킷 통신은 6LoWPAN MR4 와 CMR 간의 최적화된 경로로 송수신된다.

<표 1>은 6LoWPAN MR4 가 송신한 MNPREQ 패킷의 전체 포맷이다. 특히, MNPREQ 헤더의 Dispatch 헤더의 값을 "00 000001"로 설정하여 MNPREQ 헤더가 있음을 알려준다. 1 byte 의 Dispatch 헤더 다음에 64 bits 의 CN 의 Prefix 를 포함하여 전체 MNPREQ 패킷을 생성한다. <표 2>는 6LoWPAN-MANEMO 게이트웨이가 송신한 MNPREP 패킷의 전체 포맷이다. NPREP 헤더의 Dispatch 헤더의 값을 "00 000010"로 설정하여 MNPREP 헤더가 있음을 알려준다. 1 byte 의 Dispatch 헤더 다음에 CMR's 16 bits Address 를 포함하여 전체 MNPREP 패킷을 생성한다.

<표 1> MNPREQ 메시지 포맷 및 데이터

Header	Field	Data	Size
IEEE 802.15.4 MAC header	Source Address	6LoWPAN MR's 16 bits MAC address	2 bytes
	Destination Address	6LoWPAN Intermediate MR's 16 bits MAC address	2 bytes
6LoWPAN Mesh header	MD (Mesh Dispatch)	<ul style="list-style-type: none"> original address flag=16 bits Final address flag=16 bits Hop Left 	1 byte
	Original Address	6LoWPAN MR's 16 bits address	2 bytes
	Final Address	6LoWPAN-MANEMO Gateway's 16 bits address	2 bytes
MNPREQ header	DSP (Dispatch)	MNP Request (00 000001)	1 byte
	MNPREQ	CN's Prefix	8 bytes

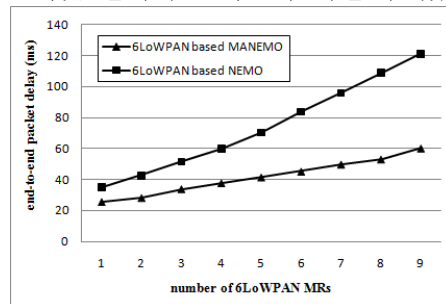
<표 2> MNPREP 메시지 포맷 및 데이터

Header	Field	Data	Size
IEEE 802.15.4 MAC header	Source Address	6LoWPAN-MANEMO Gateway's 16 bits MAC address	2 bytes
	Destination Address	6LoWPAN Intermediate MR's 16 bits MAC address	2 bytes
6LoWPAN Mesh header	MD (Mesh Dispatch)	<ul style="list-style-type: none"> original address flag=16 bits Final address flag=16 bits Hop Left 	1 byte
	Original Address	6LoWPAN-MANEMO Gateway's 16 bits address	2 bytes
	Final Address	6LoWPAN MR's 16 bits address	2 bytes
MNPREP header	DSP (Dispatch)	MNP Reply (00 000010)	1 byte
	MNPREP	CMR's 16 bits address	2 bytes

위와 같이 6LoWPAN-MANEMO 게이트웨이 탐색과 MNP 탐색 과정을 수행하여 CN 의 6LoWPAN MR3 주소를 획득할 수 있다. 그림 2(b)의 6LoWPAN MNN 과 6LoWPAN CN 간의 패킷 경로를 보면 알 수 있듯이 6LoWPAN MR4 와 HA4 간의 양방향 터널을 설정하지 않더라도 6LoWPAN MR 간의 MANET 라우팅 프로토콜을 통해 패킷 경로의 최적화가 가능하다.

3. 성능평가

성능평가를 위해 본 논문에서 제안한 6LoWPAN 기반 센서 노드들로 구성된 센서 네트워크에서 MANEMO 를 적용하여 센서 간에 최적화된 경로로 패킷을 송수신 하는 기법과 중첩된 NEMO 프로토콜이 적용된 6LoWPAN 환경의 end-to-end 패킷 딜레이를 측정하여 비교하였다. 그림 3 은 6LoWPAN 네트워크에 6LoWPAN MR 의 증가에 따른 6LoWPAN 센서 노드간의 end-to-end 패킷 딜레이 결과이다. 중첩된 6LoWPAN 네트워크에서 NEMO 프로토콜은 핀볼 라우팅 문제가 발생하기 때문에 6LoWPAN MR 의 중첩 레벨이 증가하면 할수록 패킷 전달을 위한 경로가 더욱 복잡해지며 end-to-end 패킷 딜레이가 증가한다. 반면에 MANEMO 가 적용된 6LoWPAN MR 은 핀볼 라우팅 문제가 발생하지 않고 6LoWPAN 센서 노드 간에 최적화된 경로로 패킷을 송수신 할 수 있으므로 end-to-end 패킷 딜레이를 최소화 시킬 수 있다.



(그림 3) End-to-end 패킷 딜레이

4. 결론

본 논문에서는 6LoWPAN 기반의 센서 노드들로 구성된 센서 네트워크에서 MANEMO 를 적용하여 센서들 간에 최적화된 경로로 패킷을 송수신할 수 있는 기법을 제시하였다. 본 논문의 제안 기법을 통해 6LoWPAN 기반 MANEMO 환경에서 6LoWPAN MNN 과 CN 간의 패킷 전송 경로를 최적화할 수 있다. 또한, 6LoWPAN MR 간에 Ad-hoc 네트워크를 형성하여 직접적인 통신이 가능하도록 네트워크를 구성함으로써 NEMO 환경에서의 터널링 오버 헤드 문제를 줄이고, 통신 경로를 최적화함으로써 패킷 전송 지연을 최소화할 수 있다.

참고문헌

- [1] N.Kushalnagar, G.Montenegro and C. Schumacher, " IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs): Overview, Assumptions, Problem Statement, and Goals ", IETF RFC 4919, Aug. 2007.
- [2] G.Montenegro, N.Kushalnagar, J.Hui and D.Culler, "Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks", IETF RFC 4944, Sep. 2007.
- [3] IEEE Computer Society. "IEEE Std. 802.15.4-2003". Oct. 2003.
- [4] V. Devarapalli, R. Wakikawa, A. Petrescu and P. Thubert, "Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol", IETF RFC 3963, Jan. 2005.
- [5] R. Wakikawa, T. Clausen, B. McCarthy, and A. Petrescu, "MANEMO Topology and Addressing Architecture," draft-wakikawa-manemoarch-01.txt, IETF, Jan. 2008.