

IP-USN에서 END 노드를 고려한 계층적 라우팅 프로토콜 연구

박준성, 김기형
아주대학교 정보통신전무대학원
e-mail : jun@ajou.ac.kr

Study of Hierarchical Routing Protocol of Suggest to End Node in IP-USN

Jun-sung Park, Ki-hyung Kim
Graduate School of Information & Communication, Ajou University

요 약

IP-USN은 U-city와 같이 대규모 혹은 모든 전자 장비에 IP기반의 서비스를 지원해줄 중요한 기술이다. IP-USN에서 IP의 할당과 무선 Ad-hoc 라우팅은 IP-USN의 핵심기술로 소형, 전력인 센서네트워크에서 중요고려 대상이다. 본 End 노드를 고려한 계층적 라우팅 프로토콜은 IP 할당 및 메모리를 최소화하는 주소할당 기법과 계층적 라우팅을 제안한다

1. 서론

IP-USN은 유비쿼터스 컴퓨팅을 실현하기 위한 기초 기술이다. 유비쿼터스 컴퓨팅의 기초 학문으로 현재의 센서네트워크의 응용은 주위에 산재해 있는 다양한 센서들의 데이터를 취합하여 응용하는 기술로 부각되고 있다.

IP-USN은 기존의 유선으로 구축된 센서를 IP 기반의 Wireless 네트워크로 대체 하는 기술로 센서를 통해 여러 가지 상태를 측정할 수 있는 센서와 이를 관리 하고 전송할 수 있는 센서 노드 그리고 데이터를 무선으로 목적노드 혹은 사용자에게 전송하는 라우팅 프로토콜이 있다. 목적 노드는 또 다른 IP-USN 노드 혹은 IP 기반의 PC 및 사용자가 된다. 따라서 센서 네트워크에서 발생된 데이터는 센서 네트워크에서 이종의 센서 네트워크 혹은 IP기반의 네트워크로 이동하게 되며 이를 IP-USN 라우터 혹은 IP-USN 게이트웨이의 역할로서 기 네트워크와 센서 네트워크의 통로 역할을 한다.

IP-USN의 목적은 1hop간의 통신이 아니라 멀티 홉 라우팅을 통하여 산재해 있는 센서간의 통신으로 특정지역의 센서 네트워크에서 센서 노드 간의 통신으로 유무선의 IP 기반의 네트워크를 통해 센서노드로부터 취득한 데이터를 취합함이 근본 목적이다. 따라서 각 센서 노드는 센서노드의 특성을 고려한 센서 노드간의 네트워크 형성과 IP주소 할당이 중요한 기술이다. 본 지에서는 IP-USN에서 IPv6주소를 할당하는 근본이 되는 센서 하나하나의 유일한 주소할당방법과 네트워크에 참여 하기 어려운 노드

들에 대한 주소할당으로 라우팅 테이블이 필요하지 않는 라우팅 기법에 대해 제안 하였다. 2장에서는 표준화동향을 3장에서는 제안하는 라우팅 프로토콜에 대한 소개를 나열 하고 4장에서는 결론을 맺는다.

2. IP-USN 표준화 동향

IP-USN의 표준화는 6LoWPAN 워킹 그룹에서 진행 중이다. IP-USN은 IEEE 802.15.4를 기반으로 IP를 이용하여 센서네트워크 구축의 일환으로서 IEEE 802.15.4를 기반으로 IP를 적용하기 위한 표준이 6LoWPAN을 통하여 진행 중에 있다.

6LoWPAN 워킹그룹의 표준화 범위는 두 개의 IETF 6LoWPAN 워킹그룹 드래프트에 정의 되고 있다. 첫 번째 문서는 6LoWPAN의 문제정의, 가정 그리고 목표 (6LoWPAN : Overview, Assumptions, Problem statement and Goals)[4]이며, 두 번째 문서는 IEEE 802.15.4 네트워크에서 IPv6 패킷 정의(Transmission of IPv6 Packets over IEEE)[5]이다

지금까지 센서 네트워크를 위한 무선 네트워크는 IEEE 802.15.4를 기반으로 ZigBee 기술의 경우와 같이 주로 기업들에 의해 주도 되어왔다. 그러나 최근 들어 유비쿼터스 센서 네트워크와 인터넷의 연결에 대한 요구가 늘어나게 되어 IEEE 802.15.4 기반 네트워크에 직접 IPv6를 적용하

고자 IETF 6LoWPAN 워킹그룹이 결성되었다.

6LoWPAN 워킹그룹은 2004년 11월 10일 미국 워싱턴에서 열린 61번째 IETF 정기 회의에서 BOF(Birds of Feather, IETF의 정식 워킹 그룹이 되기 전 그룹)활동을 시작하였으며, 2005년 3월 62번째 IETF 정기 회의부터 인벤시스(Invensys)사의 Geoff Mulligan을 의장으로 하여 워킹 그룹이 시작되었다.

3. 계층적 라우팅 프로토콜

계층적 라우팅 프로토콜은 IEEE 802.15.4의 MAC과 PHY를 기반으로 센서 네트워크를 ad-hoc 네트워크로 효율적으로 운영하는 라우팅 프로토콜이다.

계층적 라우팅 프로토콜은 센서노드가 네트워크에 참여하면서 할당 받은 주소를 기반으로 트리형태의 네트워크 토폴로지를 형성한다. 따라서 센서노드는 부모와 자식으로 관계를 가지고 할당 받은 주소를 이용하여 보내고자 하는 센서노드에게 데이터를 전송하는 역할을 한다. 이러한 특성으로 각 센서노드는 목적 노드에게 데이터를 전송하기 위하여 별도의 라우팅 테이블이 불필요하여 센서노드와 같이 하드웨어적 메모리가 부족한 시스템에 효율적인 프로토콜이다.

IP-USN에서는 하나의 네트워크에 유일한 주소의 생성이 필요하며 이를 기반으로 IPv6 주소를 할당하는 방법이 유리하다. 본 계층적 라우팅 프로토콜은 IPv6 주소할당과 많은 노드들에게 유일한 주소를 제공하면서 라우팅 테이블이 필요 없는 라우팅을 제공한다.

계층적 라우팅 프로토콜은 몇 가지 특징을 가지고 있다

1. 센서노드를 일정의 트리형태의 네트워크 토폴로지 형태를 가진다.
2. 센서노드는 부모와 자식의 관계를 가진다.
3. 상기 1번과 2번의 특성을 이용하여 라우팅 테이블이 없는 데이터 전송이 가능하다.

3.1 계층적 라우팅 프로토콜의 주소 할당 방법

센서 네트워크의 계층적 라우팅 프로토콜은 주소 할당 과정을 통하여 라우팅 테이블이 없는 라우팅 프로토콜을 가지기 위해서는 트리형태의 네트워크 토폴로지 형태를 가진다. 이러한 트리 형태를 만들기 위해서는 하나의 부모가 가질 수 있는 자식의 숫자(MC)를 가지게 된다.

최초의 센서노드가 네트워크를 구성하기 위해서는 기본적으로 MC를 기본 정책으로 MC 만큼의 자식을 가지게 된다. 예를 들어 MC를 '4'로 정의했다면 최초의 센서노드는 자신의 주소를 '0'으로 정하고 MC만큼의 자식을 가지게 된다. 본 예에서는 '4'로 정의하였기 때문에 4명의 자식노드를 가진다. 첫 번째 자식은 자신의 주소 X MC + 1을 더하여 첫 번째 자식 주소를 '1'로 부여하고 두 번째 자식은 첫 번째 자식 주소 + 1을 더하여 '2'를 부여한다. 세 번째 자식은 두 번째 자식 +1을 더하여 '3'을 부여하게 된다. 마지막 네 번째 자식은 세 번째 자식 +1을 하여 '4'를 부여한다. 주소 '0'의 자식은 따라서 '1','2','3','4'로 MC 만큼의 자식을 가졌다.

주소'0'의 첫 번째 자식'1'은 부모인 주소'0'으로부터 주소를 할당 받고 자신의 자식을 가지게 되는데 주소'1'의 첫 번째 자식은 자신의 주소 X MC +1을 하여 '5'를 주소 '1'의 첫 번째 주소를 가지게 된다. 두 번째 자식은 첫 번째 자식 주소 + 1을 더하여 '6'을 부여한다. 세 번째 자식은 두 번째 자식 +1을 더하여 '7'을 부여하게 된다. 마지막 네 번째 자식은 세 번째 자식 +1을 하여 '8'를 부여한다. 주소 '1'의 자식은 따라서 '5','6','7','8'로 MC 만큼의 자식을 가졌다.

본 예를 통해서 첫 번째 자식노드의 주소 할당 방법은 "자신의 주소 X MC +1"을 통하여 첫 번째 주소를 생성하고, 두 번째 자식은 "첫 번째 자식 +1"을 통하여 주소를 할당 받고 가지며 MC번째 자식은 두 번째 과정을 반복하여 주소를 생성한다.

3.2 계층적 라우팅 프로토콜에서 라우팅 역할이 제한된 센서노드의 주소 할당 방법

앞에서 서술한 주소할당 방식은 일반적인 모든 센서노드가 라우팅 역할을 수행 할 수 있으며 모든 노드가 네트워크에서 부모 노드로 자식 노드를 가질 수 있다는 전체의 이상적인 토폴로지를 나타낸 것이다.

센서 네트워크에서 특정 노드의 기능 제약으로 라우팅을 할 수 없는 노드가 존재 한다.

기능 제약으로 라우팅 역할이 제한될 수 있는 노드

1. 하드웨어의 제한으로 라우팅 기능을 수행 할 수 없는 노드
2. 센서 노드의 이동이 잦아 자식 노드를 가질 수 없는 노드
3. 에너지의 고갈로 오랫동안 네트워크 구성에 참여가

어려운 노드

4. 좁은 지역 많은 노드를 고려하여 자식노드를 높아 자식 노드는 많으나 자식의 깊이를 깊게 할 필요가 있을 경우.

최초의 센서노드가 네트워크를 구성하기 위해서는 기본적으로 MC를 기본 정책으로 MC 만큼의 자식을 가지게 된다. 예를 들어 MC를 '4'로 정의 했다면 최초의 센서 노드는 자신의 주소를 '0'으로 정하고 MC만큼의 자식을 가지게 된다. 앞서 서술한 바와 같이 본 예에서는 '4'로 정의하였기 때문에 4명의 자식노드를 가진다. 여기에서 라우터에 참여하는 자식(RC)가 '2'이면 부모 주소'0'은 4명의 자식을 가지지만 4명의 자식 중 다시 부모가 될 수 있는 노드가 2가되고 나머지2는 자식을 가질 수 없는 노드가 된다.

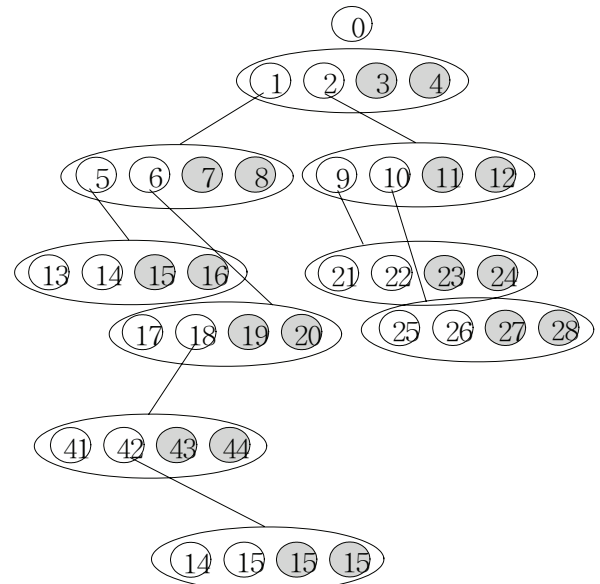
예를 들어 MC가 4이고 RC가 2이면 첫 번째 자식은 자신의 주소 X MC + 1을 더하여 첫 번째 자식 주소를 '1'로 부여하고 두 번째 자식은 첫 번째 자식 주소 + 1을 더하여 '2'를 부여한다. RC가 2이므로 두 번째 자식까지는 다시 부모로써 자식을 가질 수 있으나 세 번째 부터는 자식을 가질 수 없이 부모로부터 주소만 할당 받는 end 노드가 된다. 세 번째 자식은 두 번째 자식 +1을 더하여 '3'을 부여하게 된다. 마지막 네 번째 자식은 세 번째 자식 +1을 하여 '4'를 부여한다. 주소 '0'의 자식은 따라서 '1','2','3','4'로 MC 만큼의 자식을 가지고 주소 '3','4'번은 자식을 가질 수 없는 END 노드이다.

주소'0'의 첫 번째 자식'1'은 부모인 주소'0'으로부터 주소를 할당 받고 자신의 자식을 가지게 되는데 주소'1'의 첫 번째 자식은 (자신의 주소 X MC) - (((자신의 주소 - 1) / MC) X (MC - RC) X MC) +1을 하여 '5'를 주소 '1'의 첫 번째 주소를 가지게 된다. 두 번째 자식은 첫 번째 자식 주소 + 1을 더하여 '6'을 부여한다. 세 번째 자식은 두 번째 자식 +1을 더하여 '7'을 부여하게 된다. 마지막 네 번째 자식은 세 번째 자식 +1을 하여 '8'를 부여한다. 주소 '1'의 자식은 따라서 '5','6','7','8'로 MC 만큼의 자식을 가지고 '7','8'번은 자식을 가질 수 없는 END 노드이다.

본 예를 통해서 첫 번째 자식노드의 주소 할당 방법은 "(자신의 주소 X MC) - (((자신의 주소 - 1) / MC) X (MC - RC) X MC) +1"을 통하여 첫 번째 주소를 생성하고, 두 번째 자식은 "첫 번째 자식 +1"을 통하여 주소를 할당 받고 가지며 MC번째 자식은 두 번째 과정을 반복하

여 주소를 생성한다.(수식은 정수 연산만 한다.)

아래 그림은 본장에서 제안한 네트워크 토폴로지를 나타낸 그림이다. 본 (그림 1)에서 짙은 색의 센서 노드는 자식 노드를 가지지 못하는 제한된 노드를 나타낸다.



(그림 1) End 노드를 고려한 계층적 라우팅 프로토콜 주소할당 방법

3.3 계층적 라우팅 프로토콜에서 부모노드

계층적 라우팅 프로토콜에서 MC만큼의 자식을 가지는 트리형태의 네트워크 토폴로지가 생성된다. 따라서 자식노드는 자신의 주소를 이용하여 부모 주소와 자신이 몇 번째 자식인지 알아 낼 수 있다. 자신의 부모주소는 자신의 주소를 MC로 나눈 몫이 되고 나머지는 자신의 부모로부터 몇 번째 자식인지 알 수 있다.

계층적 라우팅 프로토콜의 주소할당 예에서 주소'7'의 부모주소는 자신의 주소 ('7') / MC (4) 의 계산으로 부모주소는 '1'이며 나머지를 통하여 3번째 자식임을 알 수 있다.

부모노드의 주소는 "자신의 주소 / MC = 부모주소(x번째 자식)"의 식이 나온다.

3.4 계층적 라우팅의 데이터 전송

계층적으로 할당 받은 주소는 목적 노드에게 데이터를 보내기 위해 목적 노드를 찾는 과정이 없이 자신의 주소와 목적 주소를 비교하여 부모 혹은 자식 노드에게 전달하여 목적 노드에게 데이터를 전송한다. 이러한 라우팅 방

식은 기존의 ad-hoc방식의 네트워크처럼 목적 주소를 찾기 위해 라우트 경로의 요청과 같은 과정이 없어 네트워크의 혼잡도가 낮고 주소를 이용한 라우팅으로 목적 노드의 경로를 저장하지 않아도 되어 제한적인 메모리를 가지는 센서 네트워크에 효율적이다.

센서 노드는 전송 받은 데이터를 부모 노드에게 혹은 자식노드에게 전송해 주어야 하며 자신에게 온 데이터는 자신이 취하는 형태이다.

1. 전송 받은 데이터는 첫 번째 목적 주소가 자신의 주소인지 확인한다.

2. 받은 데이터의 목적 주소가 자신의 주소보다 작으면 부모 노드에게 전송한다.

3. 받은 데이터의 목적 주소가 자신의 주소보다 크면서 자신의 자식노드와 비교한다.

3.1 자식의 첫 번째 노드 주소보다 작고 자신의 주소보다 크면 부모에게 전송한다.

3.2 목적 주소의 부모 주소를 자신의 자식주소 까지 추적하여 없으면 부모 노드에게 전송한다.

4장 결 론

본고에서는 IP-USN에서 End 노드를 고려한 계층적 라우팅 프로토콜에 대해 제안하였다. 사람의 손에 닿지 않으면서 자동적으로 네트워크를 생성하는 주소할당 방법으로 라우팅 역할을 수행 하지 못하는 End 노드에게 자식이 없는 기능을 제공함으로써 주소 할당에서의 낭비와 네트워크 규모의 유연성으로 IP-USN 발전의 기틀을 마련하였다고 생각된다.

본고를 통하여 IP-USN의 주소 할당 방법에서 고려되어야 할 다양한 요소에 대한 접근 방법과 해결 방안을 보여 주었으며 IP-USN에 산재해 있는 다양한 문제점을 해결 하는 다양한 관련 연구가 이루어질 것으로 기대한다.

참고문헌

- [1] IEEE Computer Society, "IEEE Std. 802.15.4-2003", October 2003.
- [2] ZigBee Alliance <http://www.zigbee.org>.
- [3] ZigBee Alliance, "ZigBee Specification 1.0", http://www.zigbee.org/en/spec_download/download_request.asp, December 2004.
- [4] N. Kushalnagar, G. Montenegro, "6LoWPAN:

Overview, Assumptions, Problem Statement and Goals," draft-ietf-6lowpan-problem-02.txt Feb. 2006.

[5] G., Montenegro, N. Kushalnagar, "Transmission of IPv6 Packets Over IEEE 802.15.4 Networks," Draft-ietf-6lowpan-format-02.txt, March. 2006.

[6] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin, J. Heidemann, and F. Silvia, "Directed Diffusion for Wireless Sensor Networking," in ACM/IEEE ToN, 2002

[7] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," in Proc. IEEE HICSS, Jan. 2000

[8] J. Kulik, W. R. Heinzelman, and H. Balakrishnan, "Negotiation in Wireless Sensor Networks," ACM Wireless Networks, 1999

[9] S. Lindsey and C. S. Raghavendra, "PEGASIS: Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems," in Proc. IEEEAC, MAR. 2002

[10] F. Ye, A. Chen, S. Lu, and L. Zhang, "Ascalable Solution to Minimum Cost Forwarding in Large Sensor Networks," in Proc, IEEE ICCCN, PP. 304-309, 2001

[11] D. Braginsky and D. Estrin, "Rumor Routing Algorithm for Sensor Networks," ACM WCNA, Sep. 2002

[12] Y. Yu, R. Govindan, and D. Estrin, "Geographical and Energy Aware Routing: a recursive data dissemination protocol for wireless sensor networks," UCLA