

6LoWPAN 에서 멀티 라우터 지원 방법

A Multi Router Support Mechanism in 6LoWPAN

정 석, 임채성, 정원도, 유승화, 노병희, 김기형
(Seuk Jung, Chae-seong Lim, Won-do Jung, Seung-wha Yoo, Byeong-hee Roh, Ki-hyung Kim)

Abstract : Typically a wireless sensor network consists of a number of nodes that sense surrounding environment and collaboratively work to process and route the sensing data to a sink or gateway node. We propose an architecture with support of multiple routers in IPv6-based Low-power Wireless Personal Area Network (6LoWPAN). Our architecture provides traffic load balancing and increases network lifetime as well as self-healing mechanism so that in case of a router failure the network still can remain operational. Each router sends its own Router Advertisement message to nodes and all the nodes receiving the messages can select which router is the best router with the minimum hop-count and link information. We have implemented the architecture and assert our architecture helps in traffic load balancing and reducing data transmission delay for 6LoWPAN.

Keywords: multi router, multi gateway, load balancing, sensor network.

I. 서론

근거리무선네트워크^[1] (Wireless Personal Area Network) 즉, 무선 센서네트워크 분야의 비약적인 발전으로 유비쿼터스(Ubiquitous)컴퓨팅, 웨어러블(wearable) 컴퓨팅 등 네트워크 및 임베디드 시스템 분야에 새로운 비전이 제시되고 있다. 이러한 비전은 현재 여러 응용 서비스로 구현이 되고 있으며, 홈 네트워크 서비스, 재난지역의 임시네트워크 구축, 전장지역의 군용 네트워크 구축 등 Ad-hoc 을 기반으로 한 응용서비스가 점차 늘고 있는 추세이다.

그러나, 현재 제공되는 대부분의 무선 센서네트워크 응용 서비스는 하나의 네트워크 내에서 하나의 게이트웨이만을 제공하고 있다. 다수의 센서 노드가 설치된 네트워크 내에서 트래픽 증가시 무선 환경 또한 급격히 저하되는 현상이 발생한다. [2][3] 이러한 문제점을 해결되기 위해서는 하나 이상의 게이트웨이가 센서 네트워크에 설치되어야 하며, 이 게이트웨이들간의 신뢰성있는 프로토콜이 필요로 한다.[4][5]

그러므로 본 논문에서는 현재 IP 기반의 저전력 무선 센서 네트워크 기술중 하나인 6LoWPAN(IPv6 over Low power WPAN) [6] 에 하나 이상의 게이트웨이 즉 멀티 라우터(Multi-Routers)를 지원하는 방법을 제안하고자 한다. 즉, 하나의 센서네트워크에 한 개 이상의 라우터와 다수개의 센서 노드들 간에 효율적인 상호 운용방법을 제공하며, 이러한 멀티 게이트웨이 간의 신뢰적인 상호운용 방법을 제안 할 것이다.

본론에서는 6LoWPAN 에 대해서 간략히 알아 볼 것이며, 서론에서 제시한 멀티 라우터를 지원하기 위한 방법을 설명 할 것이며, 이를 검증하기 위한 실험을 제시할 것이다. 마지막으로 결론에서는 실험결과와 멀티 라우터의 효율성 및 문제점에 대해 언급하며 본 논문을 마치고자 한다.

II. 본론

2.1 6LoWPAN (IPv6 over Low power WPAN)

6LoWPAN (IPv6-based Low-power Wireless Personal Area Networks)은 IPv6 프로토콜을 IEEE 802.15.4 을 기반으로 저전력, 저비용으로 구현한 IP 센서 네트워크 기술로서, 한정된 전력과 데이터 처리량이 많지 않고 IP 기반의 무선 환경 어플리케이션에 적합한 기술이다. 또한 적은 비용과 노력으로 기존의 BcN, IPv6, WiBro, 무선랜 등의 인터넷 인프라와 바로 연계될 수 있다는 장점을 가지고 있어 외부망과 상호 운용이 가능하여 여러 서비스를 함께 제공할 수 있다는 장점이 있다. 6LoWPAN 에서 사용되는 디바이스 노드는 IEEE 802.15.4 표준을 따르며 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

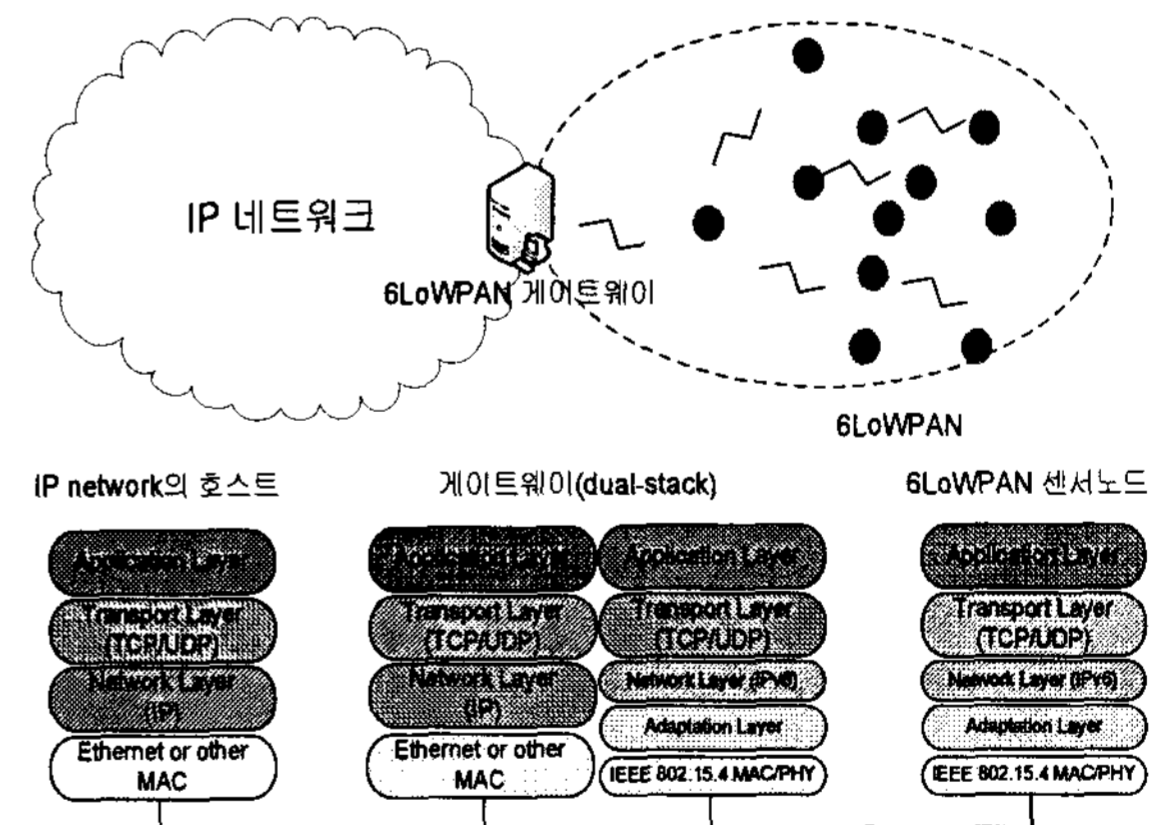


그림 1 - 6LoWPAN 스택구조 및 외부망 상호 운용

- ① IEEE 802.15.4 는 작은 크기의 전송 패킷 제한을 가진다. 즉, 물리적 계층의 패킷 크기가 최고 127 바이트로 제한된다.
- ② 16 비트의 short 형과 IEEE 의 64 비트 확장 형식의 MAC 주소를 지원한다.
- ③ 각 물리 계층의 2.4GHz, 915MHz, 868MHz 에 대해서 각각 250kbps, 40kbps, 20kbps 의 대역폭을 제공한다. 즉 최고 250kbps 의 저속 통신을 지원한다.
- ④ 스타, 메시 토폴로지를 지원한다.

논문접수 : 2007.07.21., 채택확정 : 2007. 07. 30.

정석, 임채성, 정원도, 유승화, 노병희, 김기형 : 아주대학교 정보통신 전문 대학원

(redplus99, crimsoni, yarang, swyoo, bhroh, kkim86 @ajou.ac.kr.)

※이 논문은 MIC/ITA 의 IT R&D [2007-S-027-01, IP 기반 센서네트워크(IP-USN) 연구] 지원을 받아 연구되었음..

- ⑤ 저 전력의 배터리로 동작하는 것을 기본으로 한다.
- ⑥ 6LoWPAN 네트워크에 사용되는 장비는 비교적 저가형 센서 등 비교적 단순한 처리, 작은 저장 공간 등을 가진다.
- ⑦ 6LoWPAN에 사용 되는 센서 기기들의 위치는 일반적으로 고정되지 않는다.

2.2 6LoWPAN 을 위한 멀티 라우터

2.2.1 전체 구조도

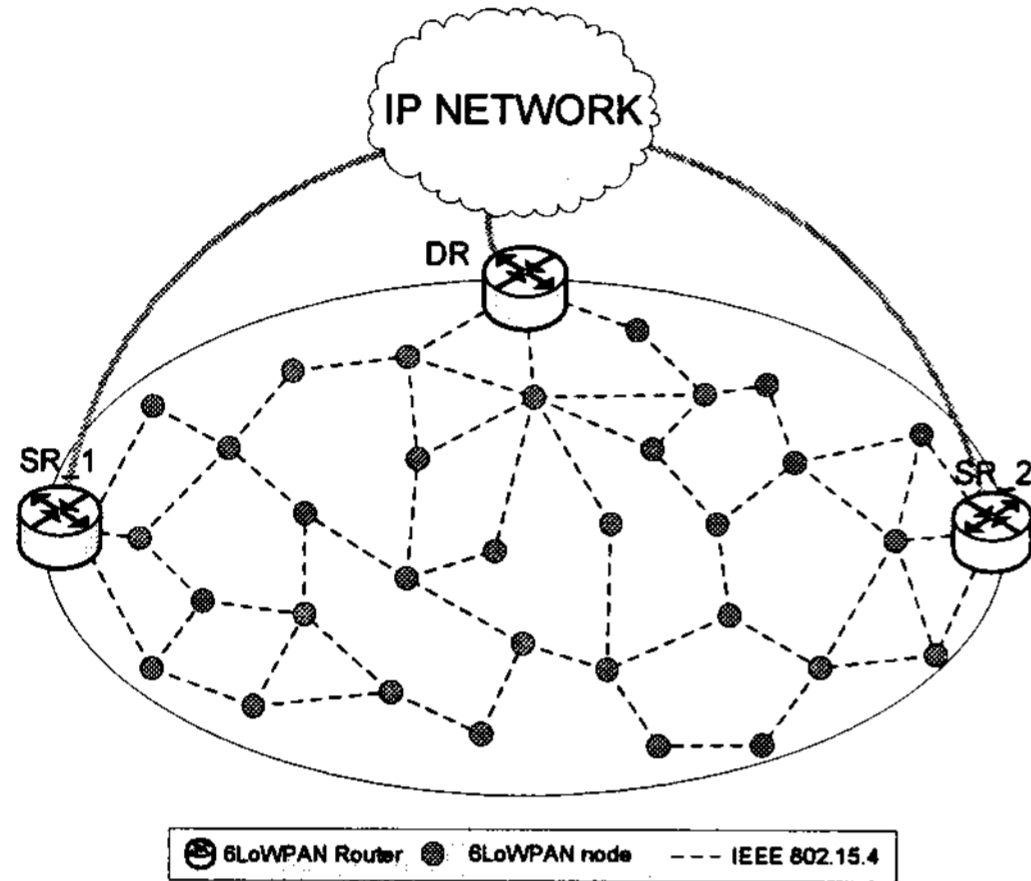


그림 2- 멀티라우터 지원을 위한 전체 구조도

위 그림 2 는 6LoWPAN 에 멀티 라우터를 적용하기 위한 전체적인 구조도이다. 하나의 센서 네트워크에는 모두 동일한 네트워크 프리픽스(Network Prefix) 를 사용하고 있으며, 기본적으로 DR(Default Router) 을 중심으로 센서 노드들이 IP 망과 연결될 수 있다. 이러한 센서 네트워크에 멀티 라우터를 적용하기 위해서는 반드시 하나 이상의 SR(Sub-Router) 이 필요하게 되며, SR 은 DR 을 중심으로 네트워크 내의 트래픽을 분산시키는 역할을 한다.

이 외에도 멀티라우터를 적용하기 위해서는 센서 노드상에서 이상적인 라우터를 선택하기 위한 알고리즘이 필요하며, 각 라우터에서는 센서 노드들에게 자신의 정보를 전송하기 위한 메시지가 필요하다.

이를 위해서는 센서 노드들은 DR 이외에 다수개의 라우터를 인식 했을 경우에 자신에게 가장 이상적인 라우터를 선택하기 위한 알고리즘이 필요하며, 각 라우터는 각 센서 노드들에게 특정 라우터를 선택 할 수 있도록 특별한 메시지를 전달해야 한다.

2.2.2 Router Advertisement Messages

하나의 센서 네트워크에 멀티 라우터를 적용하기 위해서는 모든 센서 노드들이 각각 자신에게 이상적인 라우터를 선택할 수 있는 정보를 주어야 한다. 6LoWPAN 의 네트워크 계층에서 제공되는 IPv6 Neighbor Discovery 메시지를 이용한다면 모든 센서 노드들에게 이상적인 라우터를 선택하기 위한 정보를 충분히 제공해 줄 수 있다.

0		1536		31	
Type(114)	Code(0)		Check Sum(2bytes)		
Cur Hop Limit	M	O	Reserved	Router Lifetime	
Reachable Time					
Retrans Timer					
Options(variable)					

그림 3 - Router Advertisement 메시지 형식

위 그림은 IPv6 Neighbor Discovery 에서 RA(Router Advertisement message) 의 기본 구조이다. 6LoWPAN 의 라우터는 센서 노드들의 IPv6 주소 설정을 위해 위 메시지를 주기적으로 전송한다. 위 의 메시지에는 네트워크 프리픽스가 들어 있으며 센서 노드들은 이 주소를 이용하여 자신의 고유한 IPv6 를 만들 수가 있다.

위 메시지는 Hop-by-Hop 으로 플러딩(flooding) 되는 메시지이다. 그러므로 각각의 센서 노드는 자신이 받은 RA 메시지가 어떤 라우터에서 몇 홉을 지나쳐 왔는지를 알 수가 있다. 이 정보는 센서 노드가 동일한 네트워크 프리픽스를 사용하는 여러 라우터 중 어떤 것을 자신의 이상적인 라우터로 선정할 수 있는지를 도와줄 수 있다.

2.2.3 센서노드 - 라우터 프로토콜

각 센서 노드는 여러 라우터로부터 전달 되는 RA 메시지를 이용하여 가장 이상적인 라우터를 선정할 수 있다. 이렇게 이상적인 라우터를 선정하기 위해서는 센서노드와 라우터 사이에 다음과 같은 프로토콜을 필요로 한다.

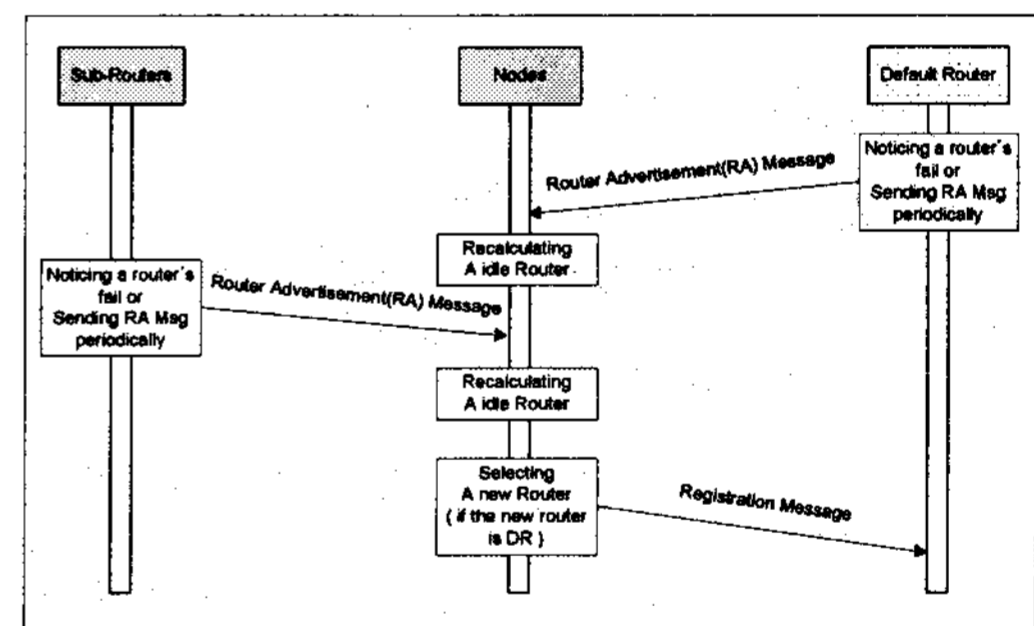


그림 4- 센서 - 라우터를 위한 프로토콜

각 센서노드들은 반드시 하나의 라우터를 알고 있어야 하며,이 라우터를 통해 IP 네트워크를 이용할 수 있다. 그러나 하나의 센서 네트워크에 하나 이상의 라우터가 존재 할 경우 센서 노드들은 자신만의 이상적인 라우터를 선택하기 위해 앞에서 언급된 프로토콜을 이용하게 된다.

네트워크 프리픽스가 동일한 RA 메시지를 여러 라우터로부터 전달 받게 될 경우, 각 센서 노드는 이상적인 라우터 선택을 위한 라우팅 테이블에 전달받은 RA 메시지 들을 관리하게 된다. 멀티 라우터를 위한 라우팅 테이블은 다음 그림과 같다.

Router IP Address	Next Hop Address	Hop Count
-------------------	------------------	-----------

표 1- 멀티 라우터 선택을 위한 라우팅 테이블 레이블

첫 번째 필드에 위치한 라우터의 IP 주소는 DR 및 SR 의

IP 주소를 의미하며, Next Hop Address 필드는 RA 메시지를 전달 받은 이웃한 노드의 IP 주소이다. 마지막으로 Hop Count 필드는 해당 RA 메시지가 라우터를 시작으로 현재까지 오기 위한 Hop 수를 의미한다. 각 센서 노드는 위와 같은 멀티 라우터를 위한 테이블을 항상 유지하고, RA 메시지를 받을 때마다 테이블에 RA 메시지를 등록 시키며 최상의 라우터를 선택하기 위한 절차로 들어가게 된다. 즉, 그림 3에서 보는 바와 같이 각 센서 노드는 RA 메시지를 받을 때마다 최상의 라우터를 선택하게 된다. 선택의 기준은 Hop count 를 기준으로 가장 짧은 Hop 수를 가지고 있는 라우터를 선택하게 된다.

예를 들어, 임의의 센서 노드 A 는 라우터 DR 을 자신의 최상의 라우터로 알고 있으며, 이때 라우터 DR 과 SR_1, SR_2 가 센서 네트워크의 모든 노드에게 다음과 같은 RA 메시지를 전송했을 경우 노드 A 는 라우터 SR_2 를 자신의 최상의 라우터로 선정하게 된다. 그런 다음 라우터 SR_2 에게 자신이 새로운 노드라는 것을 알리기 위해 등록 요청을 하게 되며, 등록이 수락 됐을 경우 노드 A 는 라우터 SR_2 을 이용하여 IP 네트워크를 이용할 수 있게 된다.

Router name	Router IP Address	Next Hop short Address	Hop Count
DR	2001:2b8:f3::1:215	12	5
SR_1	2001:2b8:f3::1:216	35	7
SR_2	2001:2b8:f3::1:217	25	2

표 2 - 센서 노드의 멀티라우터를 위한 테이블

노드 A 는 자신에게 가장 가깝게 위치한 라우터 SR_2 를 선택하게 되는데, 그 이유는 Hop 수를 줄여 데이터 전송 딜레이를 줄이며, Hop-by-Hop 메시지 포워딩에 의한 트래픽을 줄이기 위함이다. 이렇게 함으로써 하나의 라우터로 전송되던 데이터의 집중 현상을 막게 되고, 네트워크 트래픽 사용량을 줄일 수 있어 네트워크 내의 무선 환경을 개선시킬 수 있다는 장점을 얻을 수 있다.

2.2.4 라우터 - 라우터 프로토콜

앞에서 언급한 내용으로만은 센서 네트워크 내의 데이터를 IP 기반 네트워크로 분산 시켜 전송해주는 역할만 해줄 뿐이다. 그러나 외부에서 데이터가 유입되는 경우 이 데이터를 목적 노드에게 빠르게 전송하기 위해서는 데이터를 해당 노드가 있는 지역의 라우터까지 포워딩이 가능해야 한다. 이를 위해서는 각 라우터간의 라우팅 테이블을 교환하여 다른 지역의 노드 정보를 간단하게 알고 있을 필요가 있다.

또한 여러 개의 라우터 중 하나에 문제가 발생하여 전원이 차단되거나 예상치 못한 문제가 발생 할 경우 이를 위한 대비책이 필요하다. 이렇게 모든 센서 노드들에게 신뢰성 있는 서비스를 보장해주기 위해서는 라우터간의 상호운용을 필요로 한다.

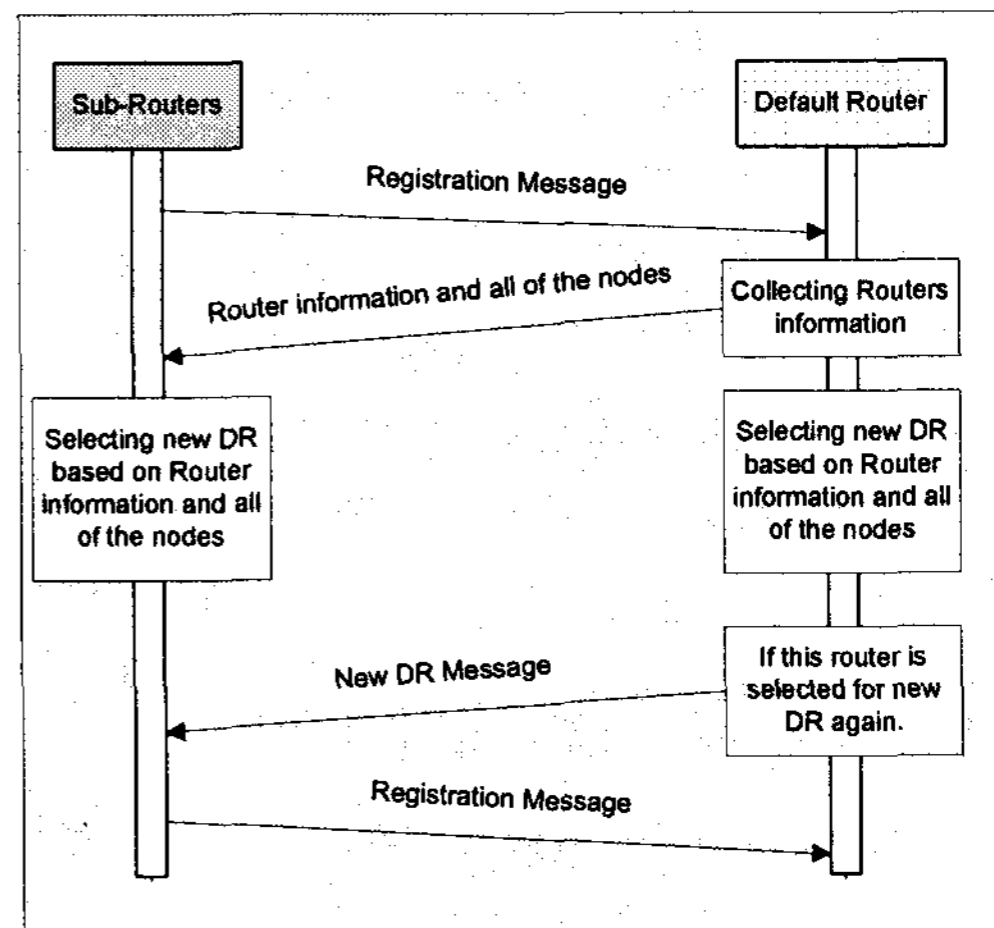


그림 5 - 라우터와 라우터를 위한 프로토콜

센서 네트워크 내에 라우터는 DR 과 SR 의 두 가지로 나누어 진다. SR 은 일반적인 라우터처럼 센서 네트워크 내의 라우팅 정보를 유지하고 이를 기반으로 유입되는 데이터를 목적 노드까지 포워딩하며, 센서네트워크 내의 모든 노드들이 IP 네트워크를 이용할 수 있도록 해준다.

또한 DR 은 SR 의 기능 이외에도 신뢰적인 서비스를 보장하고자 모든 SR 들을 관리하며, SR 에게 문제가 발생시 이를 다른 라우터들에게 알려주고 문제가 발생한 지역의 센서 노드들이 새로운 라우터를 선택할 수 있도록 모든 라우터들이 RA 메시지를 전송 할 수 있도록 유도한다.

그림 5 는 앞에서 언급한 문제 이외에 DR 에 문제가 발생했을 경우를 대비하기 위한 프로토콜로서, 신뢰적인 서비스를 보장하고자 새로운 DR 을 주기적으로 선출하는 과정을 설명하고 있다. DR 은 SR 들의 정보를 수집하여 그 내용을 주기적으로 모든 SR 들에게 전송한다. 이 때 각 SR 들은 전송 받은 데이터를 기반으로 많은 노드수를 가지고 있는 라우터를 새로운 DR 로 선출하게 된다.

2.3 실험 및 성능 분석

2.3.1 실험 환경

멀티 라우터의 성능 측정을 위해 시뮬레이션이 아닌 6LoWPAN 노드 30 개와 직접 구현한 멀티 라우터 DR 한 개와 SR 3개를 이용하여 직접 측정했다. 아래의 표는 실험 사용된 데이터 정보이다.

노드의 수	30 개
라우터의 수	4 개
전송 패킷 크기	512 bytes
전송 횟수	1000 번
라우팅 프로토콜	AODV

표 3 - 성능 측정을 위한 실험값

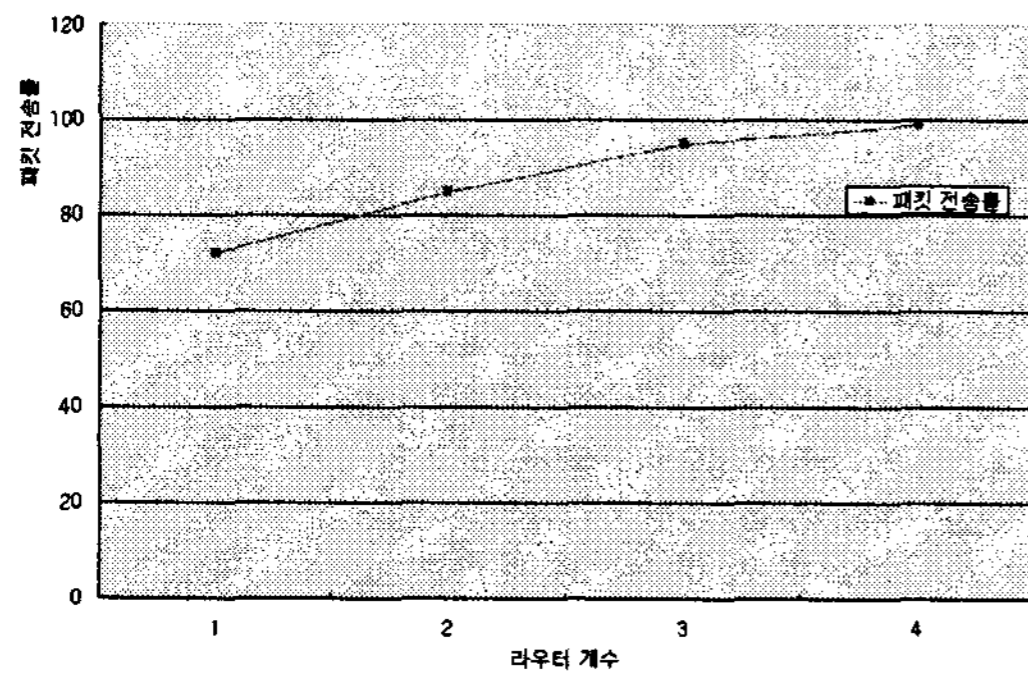


그림 6- 실험결과

실험의 신뢰성을 위해 각 라우터는 자신이 관리하고 있는 모든 노드들이 Test PC 에게 데이터 전송을 할 수 있도록 요청 메시지를 전송한다. 요청 메시지를 전송 받은 각 노드들은 UDP 를 이용하여 1000 번의 데이터를 Test PC 에게 전송하며, Test PC 에서는 전송 받은 데이터의 개수를 종합한다. 실험은 모두 같은 방법으로 3차례 이루어 졌으며, 라우터의 개수를 하나씩 늘려가면서 실험결과를 측정 하였다.

III. 결론

이 논문에서는 멀티 라우터를 센서 네트워크에 적용하기 위한 메시지의 정의와 라우터 및 센서 사이에서 필요한 프로토콜 등을 설명하고 있다.

6LoWPAN 은 IP 기반의 센서 네트워크로서 멀티 라우터를 적용하기 위한 특별한 메시지 정의가 필요 없었으며, 기존의 RA 메시지를 이용하고, 센서 노드의 IP 계층에서 멀티라우터를 위한 라우팅 테이블을 추가 함으로서 멀티 라우터를 쉽게 적용 할 수 있었다.

위의 실험 결과에서 알 수 있듯이 센서 네트워크 내에 멀티 라우터를 적용함으로써 센서 네트워크 내에서 발생하는 트래픽을 각각의 라우터로 분산 시켜 로드 밸런싱을 유도했다. 또한 임의 라우터에 문제가 발생시 이를 위한 대책이 구현되어 있어 신뢰성 있는 서비스가 제공 될 수 있다는 점도 커다란 장점 중 하나라고 할 수 있겠다.

그러나 예상과는 달리 실험 결과는 대규모 네트워크가 아닌 30여개의 센서 노드들을 대상으로 실험을 했기 때문에 예상외로 라우터의 개수가 적을 때와 많을 때의 차이가 크지 않았다. 또한 단순한 성능 측정에서 벗어나 여러 가지의 성능 측정을 위해 라우팅 프로토콜 변경 및 패킷의 전송 딜레이 측정 등 여러 측면에서 검증해볼 필요가 있다.

참고문헌

- [1] Per Johansson and Johan Sorensen, "Ad Hoc IP Networks over Bluetooth", 2001
- [2] Yi Fu, Kwang-Mien Chan, Kean-Soon Tan and Boon-Sain Yeo, "Multi-Metric Gateway Discovery for MANET", Vehicular Technology Conference (VTC) 2006-Spring, 777- 781 Vol. 2, 2006.
- [3] Yung Yi, Sanjay Shakkottai, "Hop-by-Hop Congestion Control over a wireless multi-hop network", IEEE INFOCOM 2004, 2548- 2558 vol.4, 2004.
- [4] Saikat Ray, Jeffrey B. Carruthers, David Starobinski, "RTS/CTS-Induced Congestion in Ad Hoc Wireless Lans", Wireless Communications and Networking (WCNC) 2003, 1516- 1521 vol.3, 2003.
- [5] Yi Fu, Kwang-Mien Chan, Kean-Soon Tan, Boon-Sain Yeo, "Multi-Metric Gateway Discovery for MANET", Vehicular Technology Conference, 2006. VTC 2006-Spring. IEEE 63rd, pp777- 781, vol.2, 2006.
- [6] <http://www.6lowpan.org>



정 석

2006년 아주대학교 정보 및 컴퓨터 공학부 졸업 (공학사).
2006년 ~ 현재 : 아주대학교 정보 통신 전문 대학원 석사과정 재학 중.
관심분야 : 무선 센서 네트워크, 임베디드



노병희

B.S. in Electronics Engineering, Hanyang University
M.S. in Electrical Engineering, KAIST
Ph.D. in Electrical Engineering, KAIST
2001년~현재 : 아주대학교 정보 및 컴퓨터 공학부 부교수

관심분야 : 멀티미디어 통신, 유무선 인터넷 엔지니어링



유승화

BS in Applied Mathematics, Seoul Univ., Korea
MS in Computer science, University of Kansas, USA
Ph.D in Computer science, University of Kansas, USA
1999년 ~ 현재 : 아주대학교 정보 및 컴

퓨터 공학부 조교수

관심분야 : 인터넷 프로토콜, 컴퓨터 구조, 컴퓨터 네트워크



김기형

Ph.D in Electronic Engineering, KAIST, Korea
MS in Electronic Engineering, KAIST, Korea
BS in ElectronicCommunication Engineering, Hanyang Univ., Korea
2005년 ~ 현재 : 아주대학교 정보 및 컴

퓨터 공학부 부교수

관심분야 : 센서 네트워크, 모바일 애드혹 네트워크, 분산시스템