

# WPAN에서 전송거리에 따른 성능 분석

박찬흠\*, 김종근\*  
 \*영남대학교 컴퓨터공학과  
 e-mail:shem@ynu.ac.kr

## Performance Analysis on Transmission distance in WPAN

Chan-Heum Park\*, Chonggun Kim\*  
 \*Dept. of Computer Science, Yeungnam University

### 요 약

현대 사회에서 유비쿼터스 센서 네트워크 환경을 제공하기 위해 활발한 활동이 이루어지고 있다. LR-WPAN 기술인 IEEE802.15.4가 표준화 되면서 유비쿼터스 센서 네트워크의 중심 기술로 자리 매김 하게 되었다. IEEE802.15 표준은 WPAN(Wireless Personal Area Network) 즉, 비교적 짧은 거리에서 휴대하여 이동할 수 있는 장치들이 근처의 다른 장치들과 통신이 가능하도록 만든 무선 네트워크 통신 표준이다. 이러한 IEEE802.15 표준들은 PHY와 MAC에 대해서만 표준을 정의 하고 있다. 센서 네트워크에서 가장 중요한 이슈중의 하나는 제한된 자원 즉, 센서 노드에 주어진 에너지를 활용하여 네트워크의 수명을 최대로 연장 하는 것이다. 본 논문에서는 NS-2 시뮬레이션을 통해 WPAN에서 노드의 전송 거리에 따른 에너지 효율을 분석한다.

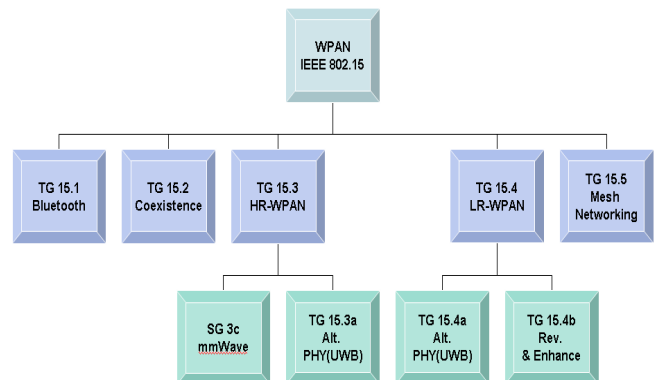
### 1. 서론

개인 영역 무선통신(WPAN)[1], Ad-hoc 네트워크[2] 등의 기술이 발전함에 따라 센서 네트워크 기술이 매우 활성화되고 있으며 미래의 유비쿼터스 컴퓨팅을 가능케 하는 핵심 기술로 인식되고 있다. 센서 네트워크의 특징을 살펴보면 첫째, 주변 환경 상태를 측정하기 위해 많은 수의 센서노드들로 구성된다. 둘째, 긴급 상황이나 중요 센싱 데이터의 경우 빠른 전송과 신뢰성을 요구한다. 셋째, 한정된 에너지 공급으로 인한 효율적인 에너지 관리 기술이 필요하다. 마지막으로 인프라가 없이 자가 구성 능력을 가지고 있는 Ad-hoc 네트워크 기술을 접목한 라우팅 기법이 요구된다. 이러한 무선 센서 네트워크의 특성 때문에, 일반 무선망 및 Ad-hoc 네트워크에서 사용되었던 통신 프로토콜들은 센서 네트워크에 적용할 경우 심각한 문제를 야기 할 수 있다. 예를 들어 IEEE802.11 WLAN 통신 기법을 센서 네트워크에 그대로 적용할 경우 센서 노드의 제한된 프로세싱 능력과 에너지로 인해 네트워크를 구성 하는데 많은 어려움이 야기된다. 따라서 무선 센서 네트워크의 특성에 맞는 새로운 무선 통신 기법의 연구가 필요하다. IEEE802.15.4는 LR-WPAN을 위한 국제 표준으로서 소형 경량의 MAC 프로토콜과 저전력 소모에 대한 개발 기술이 핵심 기술로 인식되고 있다. 이와 관련하여 저전력

소모를 위한 라우팅 기법과 MAC 프로토콜의 패킷 처리 등이 우선적으로 연구되고 있다.[3]

### 2. 관련연구

홈 네트워킹을 위한 WPAN 기술은 IEEE802.15 Working Group에서 정의 하고 있다. WPAN은 10m 내외의 비교적 짧은 거리에서 무선접속을 위해 물리계층과 데이터 링크계층에서 노드들 간의 통신을 지원함으로써 다양한 응용 서비스를 제공할 수 있도록 하는 무선 네트워크 기술이다. WPAN은 현재 널리 사용되고 있는 IEEE 802.11WLAN과 비교시 상대적으로 좁은 영역에서 활용되고 있다.



(그림 1) IEEE 802.15 Working Group

\* 본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역 혁신 인력양성사업으로 수행된 연구결과임

### 2.1 HR-WPAN(IEEE802.15.3)

IEEE802.15.3은 HR-WPAN(High Rate-WPAN)으로 불리며, 55Mb/s 이상의 고속의 데이터 전송률을 요구하는 응용에서 무선으로 연결된 저가형 통신 네트워크를 지향하고 있다. 그 응용은 Home Network에서 무선 멀티미디어 전송을 위한 것으로 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- ◆ 5m ~ 55m 의 짧은 거리
- ◆ 55Mbps 이상의 데이터 전송률
- ◆ 네트워크 구성 디바이스들의 동적인 토폴로지
- ◆ 스트림의 QoS 보장을 위한 TDMA 지원
- ◆ Peer-to-Peer connectivity

### 2.2 LR-WPAN(IEEE802.15.4)

IEEE802.15.4는 LR-WPAN(Low Rate-WPAN)으로 불리며, 고속의 무선 네트워크보다는 저가격, 저전력, 복잡도가 낮은 회로를 통해 배터리로 몇 개월에서 몇 년까지 기능을 계속 수행할 수 있는 네트워크 기술을 필요로 한다. IEEE802.11 및 IEEE802.15.3 기반 무선 네트워크와 마찬가지로 채널 할당에 CSMA-CA 방식을 사용한다. 실시간 데이터 전송이 필요한 경우를 지원하기 위한 선택적 GTS 할당 방식을 적용한다.

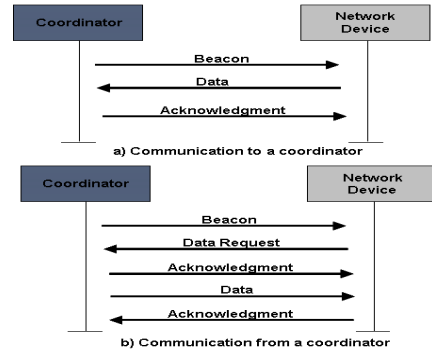
#### 2.2.1 IEEE802.15.4 PHY

IEEE802.15.4의 물리 계층은 868/915 MHz 및 2450 MHz 주파수 대역에서 동작한다. 물리계층은 라디오 채널을 통해 센싱 데이터의 송수신을 담당하며, 이외에도 라디오 송수신기의 활성화 제어, CSMA-CA 방식의 지원을 위한 빈 채널 검출, 채널 내부 에너지 검출 및 링크 성능 표시의 기능을 수행한다. 에너지 검출은 채널 대역 내의 수신 신호의 강도를 검출하며, 이는 네트워크 계층의 채널 선택을 위한 알고리즘에 이용된다. 링크 성능 표시는 수신된 패킷의 강도 및 품질을 측정하는 것으로 에너지 검출 또는 신호 대 잡음비 측정에 이용될 수 있다. 빈 채널 검출은 채널 내부 신호의 존재 유무를 파악하며 에너지 검출, 반송파 감지 또는 두 방법 모두를 사용할 수 있다. 데이터의 전송은 동작 주파수 대역에 따라 각기 다른 변조 방식과 전송 속도를 가진다.

#### 2.2.2 IEEE802.15.4 MAC SubLayer

IEEE802.15.4에서는 완전기기(FFD: Full-Function Device)와 축소기기(RFD: Reduced-Function Device)형태의 두 가지 Device를 정의 하고 있다. FFD는 어떠한 네트워크 구조에도 사용될 수 있고, RFD 및 다른 FFD들과 통신할 수 있으며, PAN 코디네이터(Coordinator), 코디네이터, 단순 디바이스 세 가지 중 하나의 모드로 동작할 수 있다. 하지만, RFD는 스타형 네트워크에서만 사용 될 수 있으며, 응용의 요구사항에 따라 Mesh 형태와 Cluster

Tree 형태로 구성할 수 있다. IEEE802.15.4의 WPAN은 beaconless mode과 beacon enabled mode로 동작 할 수 있다. beacon enable mode는 PAN coord가 주기적으로 Device들에게 beacon에 필요한 정보를 포함시켜 프레임을 전송한다.(그림 2) beaconless mode는 Device의 요청이 있을 시에만 전송 하므로 슈퍼프레임 구조를 갖지 않으며, 수신된 beacon을 기준으로 통신을 위한 동기화가 이루어진다.

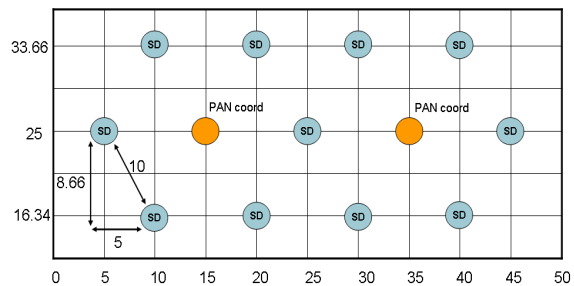


(그림 2) Beacon-enabled network

현재까지 IEEE802.15.4 표준에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. IEEE802.15.4의 성능을 평가하기 위한 연구로 CBR 트래픽을 사용하여 MAC의 성능을 평가 하였다.[4]

### 3. 실험

센서 노드의 전송거리에 따른 에너지 효율을 측정하기 위하여 NS-2 시뮬레이션을 사용 하였다. 시뮬레이션 환경은 NS-2의 WPAN을 사용하여 50m X 50m 영역에서 PAN coord 노드 2개와 SD(Sensor Device) 11개를 배치 하였다. 각각의 노드 사이의 거리를 10m로 일정하게 유지 하였다. 따라서 실험 대상 네트워크 토폴로지는 (그림 3)와 같다. 라우팅 프로토콜은 AODV[5] 메커니즘을 따른다.

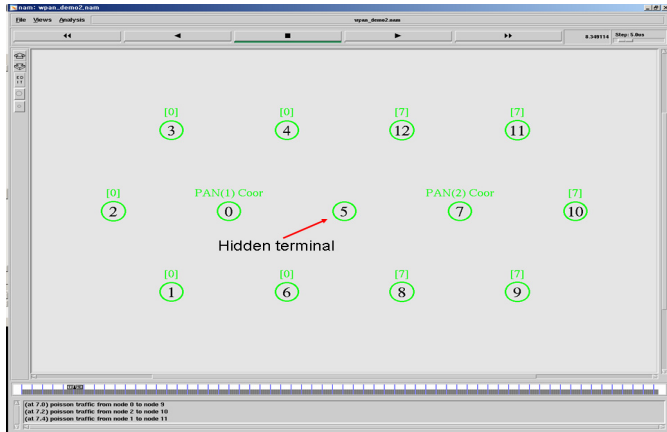


(그림 3) 네트워크 토폴로지

실험 시나리오에서는 3번의 연결을 시도 하게 된다.

- 1) PAN(1) coord -> 9번 노드
- 2) 2번 SD -> 10번 SD
- 3) 1번 SD -> 11번 SD

PAN coord 노드와 SD의 전송거리를 5m, 10m, 15m, 20m 로 설정하여 노드 각각의 에너지 효율과 네트워크에서 발생하는 트래픽 Load를 비교 분석 실험한다.



(그림 4) Hidden terminal

(그림 4)에서 알 수 있듯이 WPAN 환경에서 2개의 PAN coord로 구성된 네트워크에서 5번 노드의 경우 각각의 PAN 영역에 속하지 못하는 문제가 발생하게 된다. 0번 (PAN(1) coord)노드와 다른 7번(PAN(2) coord)노드 지역의 9번 노드와 통신을 할 경우 5번 노드는 Hidden Terminal 로서 제 역할을 하지 못한다. 즉 어떤 PAN 영역에서든 5번 노드의 존재를 알지 못하기 때문에 라우팅에 참여하지 못한다. 따라서, (그림 5)과 (그림 6)에서 확인 할 수 있듯이 5번 노드가 참여하지 못하기 때문에 우회경로인 6번 노드와 8번 노드를 통해서 통신을 시도 하게 된다.

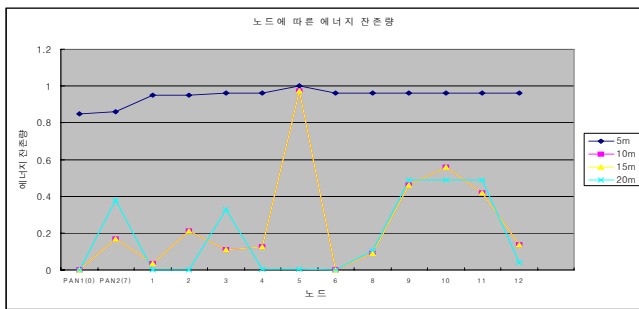
실험에서 5m의 전송거리에서는 노드와 노드 사이의 거리가 10m이기 때문에 통신을 하지 못한다. 따라서 에너지는 거의 소모하지 못하고 발생한 패킷 또한 최소한의 통신 시도에 의한 패킷만 발생하게 된다. 또한 2번 노드와 10번 노드의 통신을 위해 가장 짧은 거리로 통신을 요구 되지만, 5번 노드의 Hidden Terminal 문제로 인해 우회 경로 즉, 4번 노드와 12번 노드를 경유 하게 된다. 따라서 통신에 참여 하지 않는 노드들에 비해 에너지 소모량과 패킷 발생이 많은 것을 알 수 있다.

4. 향후 연구 방향 및 결론

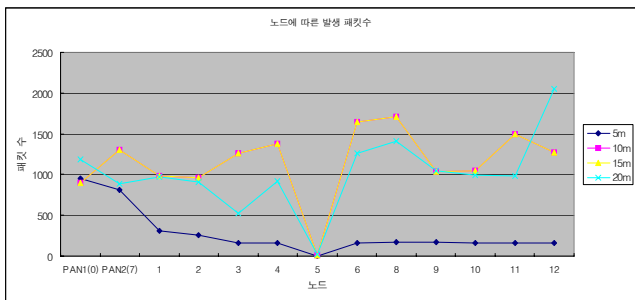
본 논문에서는 IEEE802.15에 대한 표준에 대해서 알아보고 WPAN 환경에서 거리에 따른 통신 노드들의 에너지 효율에 대하여 실험 하였다. 실험을 통해 야기된 문제점의 해결 방안을 향후 과제로 남겨 두고, 더 나아가 센서 네트워크에서 이기종 단말끼리 통신을 위한 동기화 유지기법에 대한 연구가 요구된다. 또한 Hidden Terminal 문제를 해결해야 할 것이다.

참고문헌

[1] IEEE 802.15 Working Group for WPAN, <http://www.ieee802.org/15/>  
 [2] C. E. Perkins and E. M. Royer, "Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing," IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp. 90-100, Feb. 1999  
 [3] Kemal Akkaya, Mohamed Younis, "A survey on routing protocols for wireless sensor networks," ELSEVIER, Ad Hoc Networks, 2003.  
 [4] Gang Lu, Bhaskar Krishnamachari and Cauligi Raghavendra, "Performance Evaluation of the IEEE 802.15.4 MAC for Low-Rate Low-Power Wireless Networks," Workshop on Energy-Efficient Wireless Communications and Networks (EWCN '04), held in conjunction with the IEEE International Performance Computing and Communications Conference (IPCCC), April 2004.  
 [5] C. Perkins, E. Belding-Royer, and S. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing", RFC 3561, July 2003.



(그림 5) 노드에 따른 에너지 잔존량



(그림 6)노드에 따른 발생 패킷수