

# 무선 센서 네트워크에서 이기종 단말간 통신기법 연구

박찬흠\*, 이복만\*, 김종근\*  
\*영남대학교 컴퓨터공학과

e-mail:shem@ynu.ac.kr

## A Study on Heterogeneous Node communication for Wireless Sensor Networks

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

### 요 약

유비쿼터스 컴퓨팅 기술의 진보로 무선 센서 네트워크의 관심이 높아지고 있다. 센서 네트워크는 MAC 프로토콜에서 정해진 전송 스케줄에 따라 주기적인 수면(sleep)을 통해 에너지를 절약하는 연구가 진행되어 왔다. 그리고 센서 노드가 센싱한 데이터를 BS(Base Station)로 전달하기 위한 라우팅 경로 기법과 클러스터링 기법 등이 제시되고 있다. 센서 네트워크에서 가장 중요한 이슈중의 하나는 제한된 자원 즉, 센서 노드에 주어진 에너지를 활용하여 네트워크의 수명을 최대로 연장 하는 것이다. 본 논문에서는 S-MAC 프로토콜의 스케줄관리 기법을 이용하여 무선 센서 네트워크에서 서로 다른 그룹 간의 통신을 원활하게 하기 위한 통신기법을 제시한다.

### 1. 서론

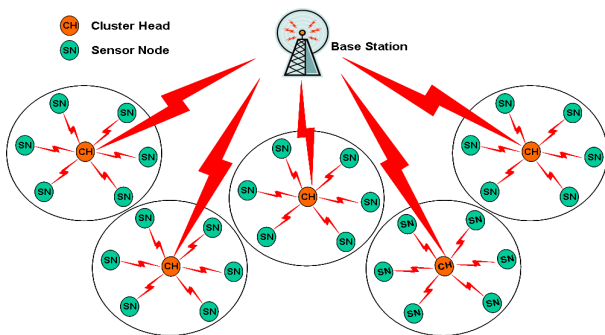
무선 센서 네트워크는 특정지역에서 발생하는 데이터를 수집하고 측정하여 무선 통신을 이용하여 데이터를 사용자에게 전송하는 네트워크이다. IEEE 802.15.4[1]는 저속의 저전력을 목표로 하는 프로토콜로서 현재 센서 네트워크 구현에 가장 적합한 통신기술로 인식되고 있다. 개인 영역 무선통신(WPAN, Wireless Personal Area Network)[2], Ad-hoc network[3] 등의 기술이 발전함에 따라 센서 네트워크 기술이 매우 활성화되고 있으며 미래의 유비쿼터스 컴퓨팅을 가능케 하는 핵심 기술로 인식되고 있다. 무선 센서 네트워크에서는 특정한 영역에 수많은 센서 노드들이 임의적으로 배치될 수 있고 근접한 센서 노드들이 유사한 정보를 감지하는 특성에 의해 일부 센서 노드의 동작이 실패하거나 기능이 소멸되는 경우에도 네트워크의 전체적인 동작에는 영향을 미치지 않는 장점을 가진다. 그러나 저속의 무선 매체, 오류가 심한 전송 특성 및 제한된 전원 공급, 센서 노드의 임의 배치로 인한 교체 불가능 등의 문제점을 가진다. 그러므로 무선 센서 네트워크를 위한 프로토콜은 에너지 소비를 네트워크 전체에 분산시켜 수명을 증가시키는 방향으로 설계되어야 하며, 센서 네트워크의 동적인 변화에 빠르게 대응할 수 있어야 한다. 센서 네트워크는 인프라가 없이 자가 구성 능력을 가지고 있는 Ad-hoc network 기술을 접목한 라우팅 기법이 요구되는데 기존의 Ad-hoc network에서 제안된 기법은 적합하지 않다. 그러므로 제한된 에너지와 센싱된 데이

터 중심적인 특성을 고려한 프로토콜 개발이 요구된다. 무선 센서 네트워크에 적용될 Ad-hoc 라우팅 기법은 크게 평면 라우팅(flat routing)과 계층적 라우팅(hierarchical routing)프로토콜로 나뉜다. 평면 라우팅은 노드가 참여하고 있는 네트워크 전체를 하나의 영역으로 간주하여 모든 노드들이 동등하게 라우팅에 참여할 수 있고 1홉 이상의 멀티 홉 라우팅을 가능하게 한다. 하지만 경로를 찾고 그 경로를 유지하기 위해서는 많은 에너지 소모가 발생하게 된다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 데이터 취합(aggregation)을 통한 라우팅 기법이 제안되었는데 대표적인 라우팅 기법으로는 Directed Diffusion[4], SPIN(Sensor Protocols for Information via Negotiation)[5], SAR(Sequential Assignment Routing)[6] 등이 있다. 또한 계층적 라우팅 프로토콜은 네트워크를 클러스터링을 기반으로 다수의 영역으로 분할하여 각각의 영역 내에서 특정 센서 노드에 헤드의 역할을 부여하여 라우팅을 수행하도록 한다. 대표적인 계층적 라우팅 기법으로는 LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)[7], TEEN(Threshold sensitive Energy Efficient sensor Network protocol)[8], APTEEN(Adaptive Periodic Threshold sensitive Energy Efficient sensor Network protocol)[9] 등이 있다.

### 2. 관련연구

센서 네트워크는 Ad-hoc network와는 달리 노드의

이동성이 거의 없고 한번 네트워크를 구성하게 되면 추가적인 에너지 공급이 되지 않는다. 따라서 센서 네트워크의 가장 중요한 이슈는 제한적인 에너지를 잘 활용하여 네트워크의 수명을 최대로 연장 하는 것이다. 일반적으로 센서 노드의 라디오 모듈은 수면, 대기, 전송, 수신 상태가 있고, 각 상태에 따라 에너지를 다르게 소모한다. 센서 노드가 사용하는 에너지의 대부분은 라디오 모듈이 차지하고 있기 때문에 노드가 통신에 참여하지 않을 때에는 라디오 모듈을 비활성화 하게 된다. 기존의 많은 연구들은 노드의 라디오 모듈을 비활성화 시키는 노력을 하였다. 센서 네트워크의 MAC protocol[10]에서도 이러한 노력이 계속되어 왔다. 특히 MAC protocol은 직접 라디오 모듈을 제어하기 때문에 노드의 에너지 소모에 큰 영향을 미친다. 따라서 MAC protocol이 얼마나 효율적인가에 따라 네트워크 수명을 결정짓게 된다. MAC protocol은 공유된 채널에 노드들이 언제 접속할지를 결정하고, 다른 노드들과의 충돌을 없애기 위해 일정시간 라디오 모듈을 꺼놓거나 시그널을 사용하여 수면 상태의 노드를 깨운다(wake-up). 스케줄링 기반의 MAC protocol에서는 스케줄링을 통해 전송이 있을 때만 깨어나도록 하여 에너지의 소모를 줄이는 기법들을 사용한다. 에너지 소모를 줄이고 많은 양의 데이터를 BS(Base Station)에 전달하기 위한 대표적인 방법으로는 (그림 1)와 같은 클러스터링(clustering)기법[11]이 있다. 이는 모든 센서 노드가 BS에 데이터를 전송하는 것이 아니라 하나 이상의 클러스터를 구성하여 센서 노드가 센싱한 데이터를 선출된 CH(Cluster Head)로 전송하고 데이터를 수신한 CH는 클러스터의 대표로서 BS에게 데이터를 전송함으로써 데이터 전송에 소모되는 에너지를 줄이는 방법이다. 클러스터링 방식의 프로토콜로서 가장 대표적인 LEACH 프로토콜은 Round 시간동안 취합(aggregation)한 데이터를 전송하여 에너지 소모를 줄이는 방법이다. 또한 클러스터 구성을 BS가 관여하여 CH를 선출하는 LEACH-C(Centralized)가 있다.

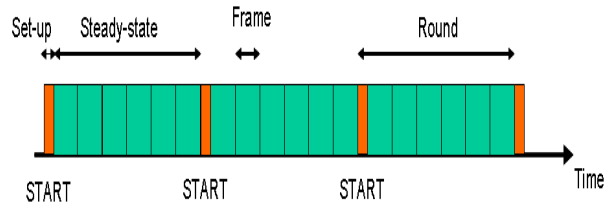


(그림 1) 클러스터링 기법

### 2.1 LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)

LEACH는 대표적인 클러스터링 기법으로서 BS는 모든

센서 노드에 직접 통신이 가능하지만, 센서 노드는 BS에 데이터를 전송하지 못하는 비대칭 통신 구조를 가진다. 센서 노드는 자신이 CH로 선출될 확률에 따라 스스로 CH가 될 것인지 결정한다. 일단 CH가 정해지면 CH는 다른 센서 노드들에게 CH가 되었다는 사실을 브로드캐스트해서 알려주게 된다. 일정 시간(round time)이 지나면 센서 노드들은 새로운 CH를 선출하게 된다. (그림 2)는 LEACH의 오퍼레이션을 Time line으로 보여준다.

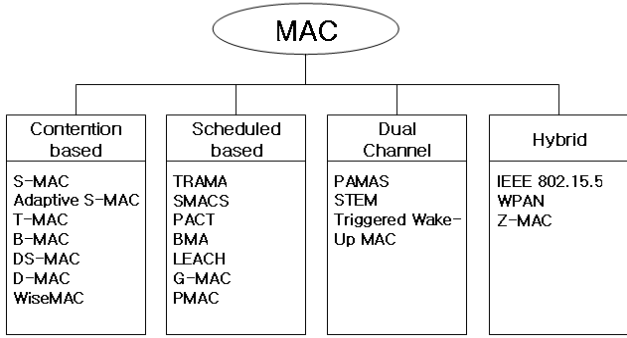


(그림 2) LEACH Time Line

LEACH의 동작은 Rounds로 나누어지고, 각 Round는 set-up 시간과 steady-state 시간으로 구성되어 있으며 set-up 시간에 CH가 선출된다. steady-state 시간 동안에는 센싱된 데이터가 CH에서 BS으로 전송된다. LEACH의 주된 특징은 센서 노드들의 에너지 소모를 분산시키기 위해 클러스터를 구성하며, 네트워크 전체의 에너지 소모량을 줄이기 위해 CH에서 센싱된 데이터를 모아 지역적으로 취합하는 것이다. 또한 각 Round 마다 새로운 CH를 선출함으로써 에너지 소모를 분산시킨다. BS로 데이터 전송 단계에서는 모든 센서 노드가 radio on 할 필요가 없기 때문에 일정기간 라디오 모듈을 꺼놓을 수 있는 구조인 TDMA(Time Division Multiplexed Access)를 적용하여 자신에게 주어진 시간에만 데이터 전송이 이루어지고 자신의 주기가 아닌 노드들은 수면(sleep)을 통하여 노드 간 간섭을 피하고, 에너지 소모를 줄인다.

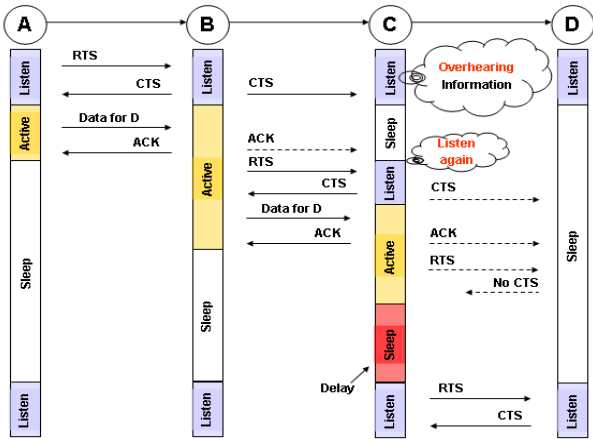
### 2.2 S-MAC and Adaptive S-MAC

S-MAC[12]은 센서 네트워크의 환경을 고려하여 제안된 경쟁 기반의 프로토콜로 가장 큰 특징은 주기적인 active 시간과 sleep 시간을 갖는 것이다. 노드들은 가상의 클러스터를 구성하여 SYNC 메시지를 이용하여 클러스터 내에 속해 있는 센서 노드끼리 active 시간과 sleep 시간을 동기화하고 일정한 시간(duty cycle)동안만 네트워크를 구성하여 통신을 하게 된다.



(그림 3) MAC 프로토콜

Adaptive S-MAC[13]은 802.11 MAC과 유사하게 동작을 한다. 즉, 송신측과 수신측은 RTS/CTS/DATA/ACK 순서로 신호를 교환하며, active 순간이 되면 이웃 노드간 SYNC 신호를 주고받은 후 충돌을 피하기 위해 CSMA(Carrier Sense Multiple Access) 방식으로 약간의 경쟁 시간 지난후 RTS를 보내게 된다. SYNC 신호는 이웃 노드들과 active 순간을 조정하기 위한 신호로써 RTS 보다 작은 프레임 형식을 가지며, 비정기적으로 주고받는다. Overhearing을 피하기 위해 다른 노드의 RTS나 CTS를 듣게 되면 다른 노드가 먼저 통신하게 되는 것을 알게 되므로 바로 sleep 상태로 들어간다. 자신과 상관없는 다른 노드의 신호를 듣지 않으므로 에너지 낭비를 막을 수 있다.



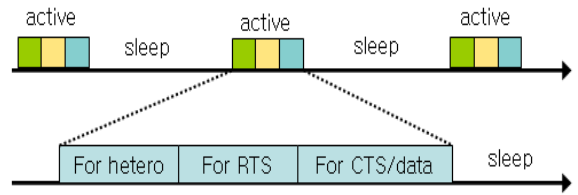
(그림 4) Adaptive S-MAC의 동작

(그림 4)에서는 S-MAC의 Early sleeping으로 인해 발생하는 Delay를 해결하기 위해 가변적인 active 구간을 제공함으로 홉간의 지연을 감소 시켜 S-MAC의 단점을 보강하였지만 active 구간의 증가로 전력 소모가 다소 증가하였다.

### 3. 제안하는 센서망 구성 기법

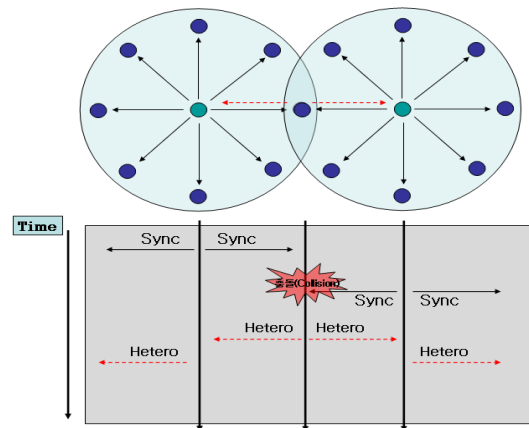
S-MAC은 SYNC 메시지를 통해 가상의 클러스터를 구성하게 되는데 이때 구성된 네트워크는 Intra-cluster(클러스터 내부)에서만 통신이 가능하다. 또한 SYNC메시지

에 포함된 동기화 시간에 의해 한번 결정된 시간은 고정적으로 유지하게 된다. 즉, SYNC 메시지를 받은 노드만 동기화를 통해 통신에 참가할 수 있게 된다. 이럴 경우 SYNC를 받지 못한 또 다른 Intra-cluster는 또 다른 SYNC를 보내게 되는데 (그림 6)에서와 같이 다른 네트워크에서 발생하는 SYNC로 인해 충돌이 발생되거나 현재 자신이 가지고 있는 SYNC 메시지의 정보를 버리고 새로운 SYNC 메시지로 인해 다른 Intra-cluster로 이동하게 되는데 이를 극복하기 위해 기존의 SYNC 메시지와 충돌을 감지한 노드는 hetero 메시지를 보내어 Inter-cluster(외부 클러스터)간의 동기화를 통해 문제점을 해결하고자 한다.



(그림 5) hetero 메시지

(그림 5)는 SYNC 메시지의 충돌이 감지된 노드가 hetero 메시지를 생성하여 보내게 되는데 hetero 메시지는 이기종 네트워크의 동기화에 사용된다.



(그림 6) Sync의 충돌감지

### 4. 향후 연구 방향 및 결론

본 연구에서는 무선 센서 네트워크에서 이기종 노드간 통신을 위해 제안되었다. 제안된 기법은 Intra-cluster 네트워크 뿐만 아니라 Inter-cluster 네트워크까지 통신이 가능하게 하며, 기존의 S-MAC 프로토콜을 개량하여 802.11 MAC에서 동작하는 대표적인 클러스터링 기법인 LEACH와 LEACH-C에 적용할 계획이다. 또한 다양한 시뮬레이션을 통해 성능향상이 됨을 보일 것이다.

### 참고문헌

- [1] Website IEEE802.15, <http://www.ieee802.org>
- [2] IEEE 802.15 Working Group for WPAN, <http://www.ieee802.org/15/>
- [3] 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
- [4] C. Intanagonwiwat et al., "Directed diffusion for wireless sensor networking," Ieee/Acm Transactions on Networking, Vol.11, No.1, Feb. 2003, pp.2-16.
- [5] W.R. Heizelman et al., "Adaptive Protocols for Information Dissemination in Wireless Sensor Networks," Proc. ACM Mobicom' 99, 1999, pp.174-185.
- [6] K. Sorabi et al., "Protocols for Self-Organization of a Wireless Sensor Network," IEEE Personal Communication, Vol.7, No.5, 2000, pp.16-27.
- [7] Wendi B. Heinzelman et al., "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks," IEEE Trans. on Wireless Communications, Vol.1, No.4, Oct. 2002, pp.660-670.
- [8] Arati Manjeshwar et al., "TEEN: A Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks," Proc. Second Int'l Workshop Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile Computing, 2001.
- [9] Arati Manjeshwar et al., "APTEEN: A Hybrid Protocol for Efficient Routing and Comprehensive Information Retrieval in Wireless Sensor Networks," IEEE Proc. Of the Int'l. Parallel and Distributed Processing Symposium(IPDPS'02), Apr. 2002, pp.195-202.
- [10] A.Nasipuri, S.Ye,J.You,R.E.Hiromoto, "A MAC protocol for mobile ad-hoc networks using directional antennas", In Proceedings of IEEE Wireless Communications and Networking Conference(WCNC), Chicago, I L, Sep.23-28 2000
- [11] V. Kawadia and P. R. Kumar, "Power Control and Clustering in Ad Hoc Networks," in Proceedings of IEEE INFOCOM, April 2003.
- [12] INFOCOM(2002) "An Energy-Efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Network"
- [13] IEEE/ACM(2004) "Medium Access Control With Coordinated Adaptiv Sleeping for Wireless Sensor Network"