

IEEE 802.15.4 동기화 저전력 USN 프로토콜 향상 기법

엄홍식, 강정훈, 고원식, 고정권 이민구, 임호정, 윤명현
전자부품연구원

IEEE 802.15.4 Synchronized Low-power USN Protocol Scheme

Heung Sik Eom Jung Hoon Kang Won Sik Ko Min Goo Lee Ho Jung Lim Myung Hyun Yoon
KETI
gardin.kang@keti.re.kr

요 약

센서 네트워크는 유비쿼터스 컴퓨팅 구현을 위한 기반 네트워크로 초경량, 저전력의 많은 센서들로 구성된 무선 네트워크이다. 센서 노드는 제한된 에너지를 가지는 배터리로 동작하므로 센서 네트워크 프로토콜에서 전력 소모는 가장 중요한 설계 이슈이다. 저전력 센서네트워크 프로토콜에는 모든 노드가 동시에 active/sleep을 하는 동기화 방식과 송신을 원하는 데이터가 있는 노드만 주위 노드의 스케줄에 맞춰 송신하는 비동기 방식이 있으며 본 논문에서는 동기화 저전력 센서네트워크 프로토콜을 사용하였다. 그리고 TinyOS의 Delta 어플리케이션을 이용하여 개발환경을 구축하였고 실제 소모되는 전력량과 패킷 수신 성공률을 측정하였다. 각각의 센서노드는 200uA 이하의 적은 전력을 사용하여 통신을 하였으며 Duty Cycle이 크고 Period가 긴 경우에 더 좋은 패킷 수신 성공률을 보여 주었다.

1. 서론

센서 네트워크는 유비쿼터스 컴퓨팅 구현을 위한 기반 네트워크로 초경량, 저전력의 많은 센서들로 구성된 무선 네트워크이다. 센서 노드는 제한된 에너지를 가지는 배터리로 동작하므로 센서 네트워크 프로토콜에서 전력 소모는 가장 중요한 설계 이슈이다. 저전력 기술 및 효과적인 전력 소모 기술은 각 노드의 수명뿐만 아니라 전체 네트워크와의 수명과 직결, 시스템 차원의 저전력 기술이 중요하다. 저전력 소모를 위한 H/W 설계방법 및 공정뿐만 아니라 통신 방식, 프로토콜, 소프트웨어 개발 시에도 에너지 소모를 줄여주는 방법으로 설계되어야 한다. 또한 USN을 구성하는데 저전력과 신뢰성을 확보하기 위해서는 프로토콜의 검증을 위한 시뮬레이션 기술뿐만 아니라 실제 구현 단계에서부터 시스템의 트래픽 특징, MAC, 라우팅 프로토콜의 효율 및 동작검증 등이 필요하다.[1][2]

2. 관련연구동향

센서 네트워크의 프로토콜 기술은 응용의 특성상 저가격의 저전력 무선 통신 기술, 저전력 라우팅 기술, 그리고

이중 센서 네트워크 및 인터넷과 같은 상위 네트워크와의 상호 운용성 등을 필요로 한다. 물리 계층은 간단하면서도 강력한 변조, 저전력 송신 및 수신 트랜시버 기술 등을 목표로 연구되고 있고, 다양한 환경에서 이동성을 가지고 동작하는 센서 노드의 특성 때문에 데이터 링크 계층 기능인 매체 액세스 기술 (MAC)도 저전력 소모를 우선시하고, 충돌을 최소화하는 방안으로 연구되고 있다. 또한, 네트워크 계층은 최소 에너지 소모를 보장하는 라우팅 기법, 데이터 기반의 주소 기법을 활용한 데이터 기반 라우팅 기법, 그리고 센서 노드의 위치를 기반으로 하여 전력소모를 최소화 시켜주는 위치 기반 라우팅 기법 등이 많이 연구되고 있다[2].

3. 저전력 USN 프로토콜

3.1 비동기 저전력 USN 프로토콜

그림 1은 비동기 저전력 USN 프로토콜로서 주기적인 Sampling으로 비전송 구간에서의 전력 소모를 최소화하였다. 주기적인 센서 데이터를 외부 메모리 저장하고 요청 시에 전송하는데 200uA 이하의 전력이 소모된다.

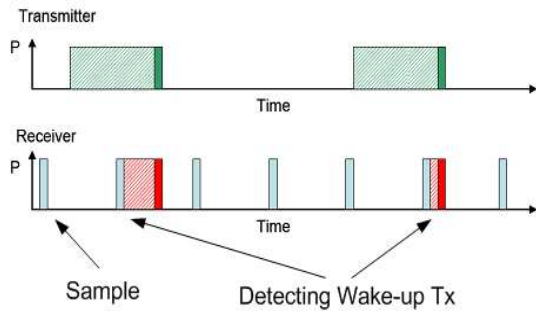


그림 1 비동기 저전력 USN 프로토콜

3.2 동기 저전력 USN 프로토콜

그림 2는 동기 저전력 USN 프로토콜로서 멀티 홉 네트워크에서 Time Sync를 유지하여, Active/Sleep 스케줄링을 한다. 32kHz로 동작하는 자신의 타이머를 이용하여 타임스탬프를 얻고 자신의 타임 정보를 브로드캐스팅한다. 타임 정보를 담고 있는 Sync 메시지를 받은 노드들은 자신의 타임 정보와 수신된 타임 정보를 비교하여 업데이트 한다.

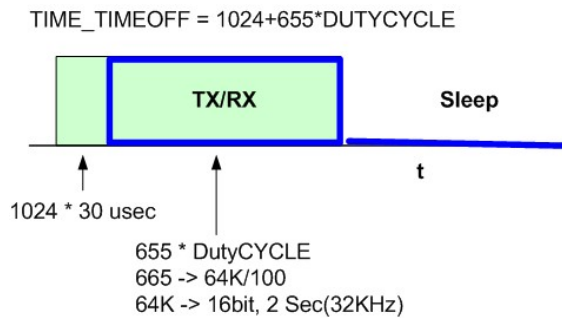


그림 2 동기 저전력 USN 프로토콜

이 프로토콜은 상시 모니터링 시스템에 적합하고 5% Duty Cycling으로 매 5분마다 150uA로 전송하였을 경우 약 660일 동안 지속 되었다. 본 논문에서는 동기 저전력 USN 프로토콜을 사용하였다.[1]

4. Testbed 환경 및 결과

TinyOS의 Delta 어플리케이션을 이용하여 테스트하였으며 분석은 sf2 프로그램을 수정하여 실험하였다. 테스트베드 환경은 아래의 표 1과 같이 구축하였다. 그림 3은 주기변경과 Duty Cycle의 변경을 표현한 것이다. 동일한 패킷을 동일한 시간에 송신하였을 경우 패킷의 수신률이 주기와 Duty Cycle에 따라 어떻게 달라지는지 알아보았다. Period 1인 경우 2초의 주기 동안 Duty cycle이 0.1초이며 Period 2인 경우에는 4초의 주기에 Duty Cycle이 0.2초 그리고 Period 3는 8초의 주기에 Duty Cycle이 0.4초이다. 물론 모든 노드들은 위의 그림처럼 Active/Sleep의 동기화를 이루도록 구현 하였다

다

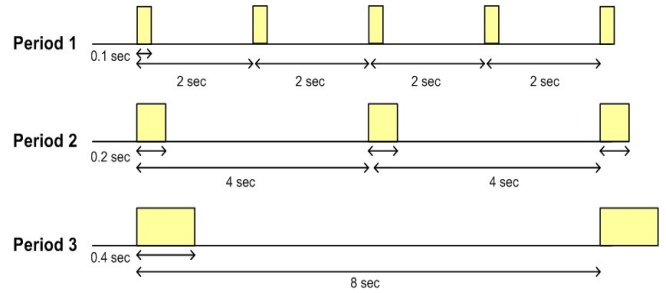


그림 3 주기변경

- Routing Message : Minimum Cost를 계산하여 라우팅 패스를 결정하기 위한 메시지
- Sync Message : 타임 동기화를 위한 메시지(자신의 시간 정보를 브로드캐스팅)
- Period : 2초, 4초 간격으로 Active / Sleep을 반복하도록 설정
- Duty Cycle : 2초중에 10%인 0.2초만 동작하도록 설정, 4초중에 10%인 0.4초만 동작하도록 설정

표 2 Testbed environment

Application	TinyOS Delta
Sensor Node	Telosb Kmote
Number of Nodes	21
Data Message	60 sec
Routing Message	8 sec
Sync Message	10 sec
Period	2 sec
Duty Cycle	10% (0.2sec)
Test Time	2 H
Power	0x1F

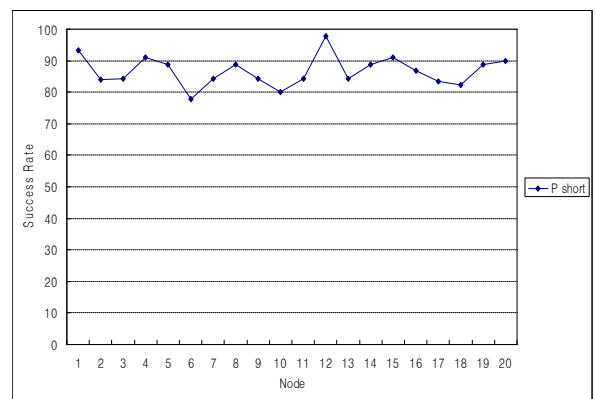


그림 4 Period 2초 Duty Cycle 0.2초인 경우

그림 4를 보면 80%이상의 패킷 수신 성공률을 보이고 있다. 하지만 테스트 중 13번 노드는 패킷 송신률이 저조해서 확실한 테스트 결과를 확인할 수 없었다.

표 3 Testbed environment

Application	TinyOS Delta
Sensor Node	Telosb Knode
Number of Nodes	21
Data Message	60 sec
Routing Message	8 sec
Sync Message	10 sec
Period	4 sec
Duty Cycle	10% (0.4초)
Test Time	2 H
Power	0x1F

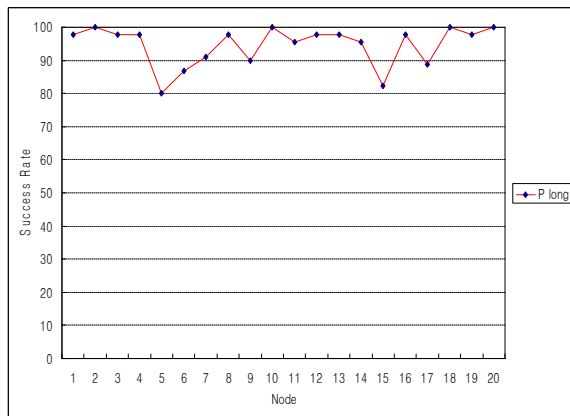


그림 5 Period 4초 Cycle 0.4초인 경우

그림 5에서는 많은 노드들이 90%이상 100% 가까운 패킷 수신 성공률을 보여주었다. 그래서 주기가 길고 Duty Cycle이 큰 경우에 더 좋은 성능을 보여주고 있음을 알았다.

5. 결론

센서 네트워킹 기술의 응용 분야가 광범위한 만큼 모든 응용을 만족시키도록 많은 연구가 필요하다. 특히 센서 네트워크는 유비쿼터스 컴퓨팅 구현을 위한 기반 네트워크로 초경량, 저전력 구동을 위한 많은 노력이 이뤄지고 있다. 본고에서는 저전력 센서네트워크 프로토콜중에 모든 노드가 동시에 active/sleep을 하는 동기화 저전력 센서네트워크 프로토콜을 사용하였다. 그리고 TinyOS의 Delta 어플리케이션을 이용하여 개발환경을 구축하였고 실험 소모되는 전력량과 패킷 수신 성공률을 측정하였다. 각각의 센서노드는 200uA 이하의 적은 전력을 사용하여 통신을 하였으며 Duty Cycle이 크고 Period가 긴 경우에 더 좋은 패킷 수신 성공률을 보여 주었다. 하지만 모든 노드에서 균일한 패킷 성공률을 보이지 못했고 패킷을 보내지 못하는 노드들이 생기기도하였다. 앞으로 센서 네트워크에서 발생할 수 있는 다양한 환경에 대해 더 적용해보고 수신 성공률을 높일 수있는 방법에 대하여 계속

연구할 예정이다.

6. 참고 문헌

- [1] 고원식 외6명 " IEEE 802.15.4 기반 저전력 멀티-홉 메시 센서 네트워크 프로토콜,"2008 통신학회 하계학술대회, 2008
- [2] 전재성, 이병호 " Sensor Network에서 환경변화에 따른 저전력 알고리즘 연구,"KARUS CONTEST, 2005
- [3] 김대영 외 4명 "센서 네트워크 저전력 네트워크 프로토콜 기술," 인터넷정보학회지 제5권 제4호 pp87-98
- [4] System Software Techniques for Low-Power Operation in WSN, Prabal K.Dutta, ICCAD, 2005
- [5] Smart Sensors to Network the World, David E.Culler, Scientific American, 2004.
- [5] <http://tinyos.net>