

무선센서네트워크에서 센서노드 에너지 절약을 위한 OC-MAC 기반의 전송횟수 감소 기법

황보람*, Duc Tai Le*, 손민한*, 추현승*

*성균관대학교 정보통신대학

e-mail : {boramhw, ldtai, minari95, choo}@skku.edu

OC-MAC with Reducing the Number of Transmission to save energy in Wireless Sensor Networks

Boram Hwang, Minhan Shon, Hyunseung Choo

Dept. of Information and Communication Engineering Sung-Kyun-Kwan University

요 약

무선센서네트워크에서 센서노드가 에너지를 적게 사용하여 네트워크 시간을 연장하는 것은 중요한 이슈이다. 센서노드의 에너지 소비를 줄이기 위해 듀티사이클이 제안되었고 낮은 비동기식 듀티 사이클에서 각 센서노드는 독립적으로 활성화되며 트래픽이 적은 경우에 에너지를 효율적으로 줄인다. 하지만 전송할 데이터가 증가하면 낮은 듀티사이클로 인해 송신노드는 수신노드의 활성화시간 까지 많은 시간을 기다려야 한다. 이때 사용하는 에너지는 데이터 전송에 사용되는 에너지보다 크다는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해 전송노드는 자신보다 잔여 에너지가 큰 이웃노드에게 데이터를 전송하고 비활성상태로 전환되고 데이터를 모아 전송하는 OC-MAC 기법이 제안되었다. 하지만 OC-MAC 기법은 데이터를 위임할 이웃노드 선택시 자신보다 잔여 에너지가 큰 노드들 중 잔여 에너지가 제일 적은 노드를 선택한다. 이에 따라 센서노드들이 에너지를 균형있게 사용하지 못하는 문제점이 발생한다. 따라서 본 논문이 제안하는 기법은 이웃노드 중 잔여 에너지가 큰 이웃노드에게 데이터를 전송함으로써 센서노드의 에너지를 균형 있게 사용하고 무선센서네트워크 수명을 연장한다.

1. 서론

무선센서네트워크에서 네트워크시간 연장을 위해 센서노드는 에너지를 절약해야 한다. 이를 위해 듀티 사이클 기법이 제안되었고 이는 센서노드를 활성화상태와 비활성화상태로 나누어 상태를 변환함으로써 센서노드의 에너지 사용을 줄인다[1]. 듀티사이클은 동기식과 비동기식으로 분류되며 동기식 듀티사이클[2], [3]은 모든 센서노드의 활성화 시간과 비활성화 시간이 정해져 있어 활성화 시간에 데이터를 수신한다. 비동기식 듀티사이클에선 센서노드가 각기 다른 활성화 시간을 갖으며 데이터 전송을 위해 수신노드의 활성화 시간까지 기다려야한다. 따라서 비동기식 듀티 사이클[4], [5], [6], [7]은 데이터 양이 적을 경우 동기식 듀티사이클에 비해 우수한 성능을 보인다. 하지만 데이터 양이 증가할 경우에 송신노드는 수신노드의 활성화시간까지 기다려야 하는데 이 때 사용되는 에너지가 데이터 전송에 사용되는 에너지보다 크다. 이러한 문제점으로 인해 OC-MAC(Opportunistic Cooperation MAC)기법[8]이 제안되었다. OC-MAC 기법은 송신노드들 간에 기회적 데이터 협력을 통해 데이터를 이웃노드에게 전송하고 자신은 비활성모드로 전환되어 에너지 소모를 줄인다. 하지만 데이터 협력에 참여할 센

서노드는 자신의 이웃노드들 중 가장 적은 에너지를 갖는 센서노드가 선택된다. 선택된 센서노드는 전송 받은 데이터와 자신의 데이터를 주변의 협력센서노드에게 전송하고 만약 더 이상 협력할 센서노드가 없다면 수신노드의 활성화시간에 위임받은 데이터와 자신의 데이터를 전송한다.

본 논문은 기존의 OC-MAC 기법에서 잔여에너지가 많은 이웃노드에게 데이터를 전송함으로써 센서노드의 에너지 사용을 줄여 무선센서네트워크의 수명을 오래 유지한다.

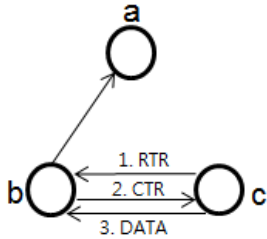
2. 관련 연구

OC-MAC(Opportunistic Cooperation MAC)기법 [8]

무선센서네트워크 수명을 연장하기 위해 듀티사이클이 제안되었고 이에 관련된 기법들이 연구되었다. 듀티사이클에서 송신노드는 데이터 전송을 위해 수신노드의 활성화시간까지 idle listening 상태로 기다린다. 낮은 듀티사이클 일때 수신노드의 활성화 상태까지 기다리는데 소모되는 에너지는 데이터 전송에 사용되는 에너지보다 크다는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해 비동기식 듀티사이클에서 OC-MAC 기법은 송신노드와 이웃노드들의 협력 통신을 통해 에너지 사용

을 줄인다.

그림 1 과 같이 두 개의 송신노드 b, c 는 데이터 전송을 위해 수신노드인 a 가 일어나기를 기다린다. 센서노드 c 는 자신의 데이터를 위임받을 이웃노드를 찾기 위해 RTR(Request To Receiver) 메시지를 브로드캐스팅한다. RTR 을 수신한 센서노드 b 은 자신의



(그림 1) OC-MAC 기법

잔여 에너지와 센서노드 c 의 잔여에너지를 비교한다. 자신의 잔여에너지가 요청노드의 잔여에너지보다 적을 경우에는 RTR 요청을 무시하고 자신이 갖고 있는 데이터를 위임하기 위해 RTR 메시지를 브로드캐스트 하게 된다. 만약 자신의 잔여 에너지가 클 경우에는 아래 수식 1 에 의해 산출되는 backoff 만큼 기다렸다가 데이터 위임을 허락하는 CTR(Clear To Receiver) 메시지를 전송한다.

$$(자신의 잔여에너지 / (자신의 잔여에너지 + 협력통신을 요청한 센서노드의 잔여에너지)) * 응답요청 대기시간 \quad (1)$$

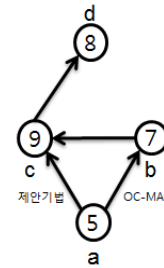
CTR 메시지를 수신 받은 센서노드 2 는 자신의 데이터를 센서노드 1 에게 전송하고 비활성화상태로 전환하여 에너지 소모를 절약한다. 센서노드 1 은 자신의 데이터와 전송받은 센서노드 2 의 데이터를 위임하기 위해 RTR 을 브로드캐스팅한다. 이 과정은 더 이상 협력해 줄 이웃노드가 없을 때까지 반복되게 되며 수신노드가 일어났을 경우 데이터를 전송한다.

3. 제안 기법

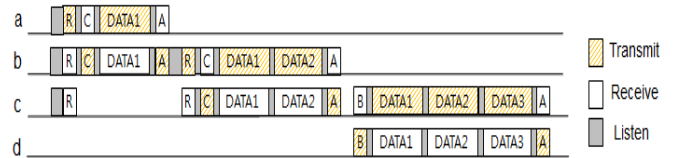
본 논문은 자신의 데이터를 이웃노드에게 위임하는데 있어 OC-MAC 기법처럼 가장 적은 잔여 에너지 값을 갖는 센서노드가 아닌, 잔여 에너지가 많은 센서노드에게 데이터를 전송하여 센서노드의 에너지 사용을 균형있게 사용하는 기법을 제시한다.

그림 2 와 같이 센서노드가 배치되어 있을 때 그림 3 은 OC-MAC 기법의 전송과정이며 그림 4 는 제안기법의 전송과정을 보여준다. 그림 3 과 4 에서 R 은 RTR 을 의미하고 C 는 CTR, A 는 ACK, B 는 Beacon 메시지를 의미한다. 그림 2 에서 원 안의 수는 잔여 에너지를 뜻한다. 센서노드 a 는 소스노드고 센서노드 d 는 목적지 노드이다. 그림 2 의 환경에서 그림 3 은 OC-MAC 기법의 전송과정이다. 전송할 데이터가 발생한 센서노드 a 는 RTR 메시지를 브로드캐스트함으로써

협력통신을 요청하고 이를 수신한 센서노드 c 과 b 는 수식 1 에 의해 산출된 시간만큼 backoff 뒤 CTR 메시지를 전송한다. 수식 1 에 의해 잔여에너지가 적은 센서노드 b 가 c 보다 먼저 a 에게 CTR 메시지를 전송한다. CTR 을 수신한 센서노드 a 는 자신의 데이터를 센서노드 b 에게 전송한다. 이후 센서노드 b 는 협력요청을 위해 RTR 을 브로드캐스트하고 이를 수락한 센서노드 c 는 센서노드 a 과 센서노드 b 의 데이터를 전송받는다. 이후 수신노드 d 번이 활성화 되었을 때 자신이 갖고 있는 데이터를 모두 전송한다.



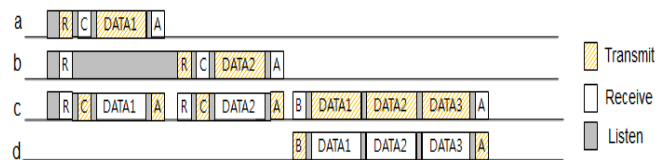
(그림 2) 토폴로지



(그림 3) OC-MAC 의 전송과정

제안기법의 전송과정은 그림 4 와 같다. 제안기법에서는 CTR 을 보내는 backoff 시간을 수식 2 와 같이 수식 1 에 역수를 취해 구한다. 수식 2 의 결과값으로 이웃노드들 중 잔여 에너지가 가장 큰 센서노드가 먼저 CTR 을 전송한다.

$$((자신의 잔여에너지 / (자신의 잔여에너지 + 협력통신을 요청한 센서노드의 잔여에너지)) * 응답요청 대기시간)^{-1} \quad (2)$$

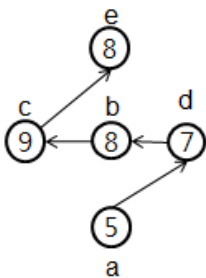


(그림 4) 제안기법의 전송과정

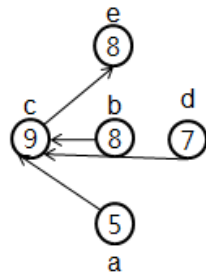
그림 4 를 예로 설명하면 다음과 같다. 데이터를 위임하길 원하는 센서노드 a 는 기존기법과 같이 RTR 을 브로드캐스트한다. 이를 수신한 센서노드 c 과 센서노드 b 는 제안기법의 공식에 의해 잔여 에너지가 큰 센서노드 c 가 CTR 을 센서노드 b 보다 먼저 전송한다. 이를 수신한 센서노드 a 는 자신의 데이터를 센서노드 c 에게 전송한다. 이후 센서노드 b 는 센서노드 c 에게 데이터를 전송하는데 기존의 기법에서는 데이터 1 과 데이터 2 를 두 번 전송하지만, 이와 다르

게 자신의 데이터인 데이터 2 만 전송함으로써 데이터 전송 횟수를 줄인다. 무선센서네트워크에서 데이터 전송에 사용되는 에너지 비용은 크며 전송횟수를 줄인다면 센서노드는 에너지를 절약할 수 있다. 기존기법은 이웃노드 중 적은 잔여 에너지를 갖는 노드에게 데이터를 전달한 다음 잔여 에너지가 큰 노드에게 순차적으로 데이터를 전달하게 된다. 하지만 제안기법은 잔여에너지가 큰 노드에게 데이터를 바로 전달하게 되어 중간노드들의 전송횟수를 줄인다. 데이터 전송시 에너지 1 이 소모된다고 가정하면, 기존기법에서 센서노드 b 는 데이터전송에 2 의 에너지를 사용하지만 제안기법에서는 전송 횟수가 줄어 1 만의 에너지를 사용한다.

제안기법은 밀도가 높은 환경일수록 좋은 성능을 보인다. 다음의 예는 이를 증명한다. 아래의 그림 5, 6 과 같은 같은 토폴로지가 있고 센서노드 e 가 목적지 노드이며 센서노드 b, c, d 는 활성화되어있으며 전송할 데이터를 갖고 있다고 가정한다. 이 때 OC-MAC 기법은 그림 5 와 같이 데이터를 전송하고 제안기법은 그림 6 과 같이 데이터를 전송한다. OC-MAC 기법에서는 센서노드 a 가 RTR/CTR 을 통해 센서노드 d 에게 자신의 데이터를 전송하고 센서노드 d 는 자신의 데이터와 a 의 데이터를 b 에게 전송한다. 데이터를 수신한 센서노드 b 는 위의 과정과 같이 센서노드 c 에게 데이터를 전송하고 목적지 노드인 e 가 활성화 되었을 때 a, b, c, b 의 데이터를 e 에게 전송하여 총 10 번의 전송횟수가 발생한다. 하지만 제안 기법은 그림 6 과 같이 센서노드 a, b, d 가 c 에게 데이터를 전송하게 되어 총 7 번의 전송횟수가 발생하여 3 번의 전송횟수를 줄인다.



(그림 5) OC-MAC 기법



(그림 6) 제안기법

본 장에서는 적은 개수의 센서노드만을 예로 들었지만 위의 예시와 같이 밀도가 높아 이웃노드의 수가 증가하면 중간노드들의 데이터 전달 전송 횟수가 감소한다. 이는 센서노드의 에너지 사용을 줄임으로 네트워크 수명을 연장한다. 또한 잔여 에너지가 적은 센서노드가 데이터 전달에 참여 하여 에너지를 소모하지 않고 잔여 에너지가 큰 센서노드가 데이터를 바로 전달받음으로 센서노드의 에너지를 균형 있게 사용한다.

4. 결론 및 향후연구과제

비동기식 듀티사이클 무선센서네트워크환경에서 센서노드는 데이터를 전송하기 위해 긴 시간을 기다려야 하고 이 때 소모되는 에너지는 데이터 전송에 사용하는 에너지 보다 크다. 본 논문은 이를 해결하기 위해 데이터 협력기법을 제안하는 OC-MAC 기법에서 이웃노드 중 잔여에너지가 큰 센서노드가 데이터 위임에 참여함으로써 에너지를 균형있게 사용한다.

향후 연구로는 제안한 기법에 관해 시뮬레이션을 수행하여 제안기법의 우수성을 검증할 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 육성지원사업 및 교육과학기술부(한국연구재단) 중점연구소지원사업의 일부지원으로 수행되었음(NIPA-2012-(H0301-12-3001), 2011-0018397)

참고문헌

- [1] 무선 센서 네트워크에서 중복 메시지 수신 회피를 통한 에너지 소비절감 매체 접근 제어, 한정안, 이문호, 한국데이터베이스학회, 정보기술과 데이터베이스 저널 제 12 권 4 호, pp. 13 ~ 24, 2005.
- [2] W. Ye, J.Heidemann, and D. Estrin, "An energy efficient mac protocol for wireless sensor networks," in Proc. of the 21st IEEE INFOCOM, 2002.
- [3] T. van Dam and K. Langendoen, "An adaptive energyefficient mac protocol for wireless sensor networks," in 1st ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys), 2003.
- [4] J. Polastre, J. Hill, and D. Culler, "Versatile low power media access for wireless sensor networks," in Proc of the 2 nd ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys), 2004.
- [5] M. Buettne, G. Yee, E. Anderson and R. Han, "X-MAC: a short preamble MAC protocol for duty-cycled wireless sensor networks," in Proc. of the 4 th ACM Conference on Embedded Sensor Systems (SenSys), 2006.
- [6] Y. Sun, O. Gurewitz, and D. B. Johnson, "RI-MAC: A receiver initiated asynchronous duty cycle MAC protocol for dynamic traffic load," in Proc of the 6 th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys), 2008.
- [7] A.E. Hoiydi et.al, "RI-MAC: A receiver initiated asynchronous duty cycle MAC protocol for dynamic traffic load," in Proc of the 1st ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys), 2003.
- [8] X. Wang, X. Zhang, and G. Chen, "Opportunistic Cooperation in Low Duty Cycle Wireless Sensor Networks," in the IEEE ICC, 2010.