

WSN 환경에서 에너지 밸런스 향상을 위한 협력 전달 통신기법 제안

서지원, 이재호*, 최봉대, 엄두섭
고려대학교, *서원대학교 정보통신공학과

wins2001@korea.ac.kr, *izeho@seowon.ac.kr, queue@korea.ac.kr, eomds@korea.ac.kr

Cooperative MAC protocol for Energy Balance Enhancement on WSN Environment

Ji Won, Seo, Jae Ho, Lee*, Bong Dae, Choi, Doo Seop, Eom
Korea Univ., *Dept. of Information and communications, Seowon Univ.

요약

본 논문에서는 네트워크의 전력 소모를 평균화 하기 위해 프리앰블(preamble)과 전달헤더(Invite header)를 이용하는 송신기 주도(sender-initiated) MAC 을 설계한다. 기존의 송신기 주도 방식 MAC 의 경우 송신 노드가 프리앰블(preamble)을 송신하는 동안 수신 노드가 웨이크업 하지 않으면 불필요한 채널 점유와 에너지 소모로 인한 에너지 효율이 떨어지는 단점이 있다. 본 논문에서는 웨이크업 상태의 이웃노드를 이용함에 따라 송신 노드의 전송에너지를 협력하여 소모함으로써 이러한 단점을 보완하였고 그 결과 에너지 밸런스가 향상됨을 확인하였다.

I. 서론

최근 무선 센서 네트워크는 다양한 분야에서 센서를 활용해 데이터를 수집하고 수집한 데이터를 이용하는 서비스가 늘어나고 있다. 무선 센서 네트워크는 센서를 독립적으로 사용하기 보다는 여러 센서들로 구성된 무선 센서 망을 이용하여 관련 기술이 개발되고 있다.

무선 센서 네트워크 분야에서는 에너지 효율을 증대시키기 위하여 다양한 MAC 프로토콜에 대한 연구가 진행되고 있다. 그중 주변 노드와 듀티 사이클을 동기 시키지 않는 비동기식 MAC 프로토콜 X-MAC 은 송신기에서 타깃 노드를 내재한 프리앰블을 전송하여 동기를 맞추어 에너지 소모를 줄인다. 그러나 X-MAC 의 경우, 타깃 노드가 웨이크업 상태가 되기 전까지 불필요한 프리앰블을 전송한다. 또한 타깃 노드가 아닌 이웃 노드들이 웨이크업 상태일 경우 불필요한 Idle Listening 상태를 유지하는 단점을 지니며, 이러한 과정에서 특정 노드들이 다른 노드에 비하여 배터리가 빠르게 소모되는 문제가 발생할 수 있으며, 또한 각 노드의 수명은 네트워크 전반에 미치는 영향이 클 수 있다.

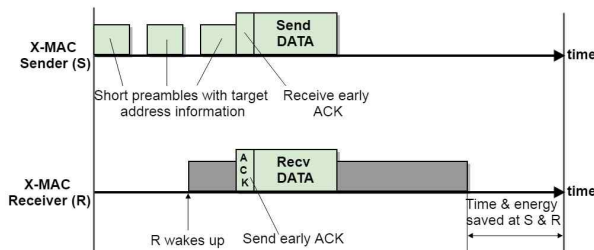


그림 1. X-MAC 의 동작 구조

본 논문에서는 duty cycle 기반의 무선 센서 네트워크 MAC 기술에 대하여 알아보고 기존의 X-MAC 과 제안하는 MAC 프로토콜의 성능을 비교하여 에너지 밸런스를 높일 수 있는 무선 센서 네트워크 프로토콜에 대해서 설계한다.

II. 본론

제안하는 알고리즘은 동일 채널에서 웨이크업 상태인 이웃 노드가 송신 노드의 프리앰블(preamble)과 헤더 정보를 대신 전달한다. 또한 각 노드는 이웃 노드와 수신 노드의 이웃 정보 판단을 위하여 이웃 노드 테이블을 구성하고 있다. 이때, 각 노드는 이웃 노드 테이블로부터 얻은 노드 n 의 이웃 상태 정보를 $B(n)$ 이라고 하고 식 (1)과 같은 규칙을 적용한다.

$$B(n) = \begin{cases} 2, & \text{destination node} \\ 1, & \text{delivery is available} \\ 0, & \text{delivery is unavailable} \end{cases} \quad (1)$$

각 노드는 과도한 전달 전송을 방지하기 위하여 프레임에 시퀀스 넘버 (Sequence Number)를 적용한다. 이는 현재로부터 일정 횟수만큼의 반복을 지정할 수 있으며, 현재 몇 회의 반복을 거친 신호인지 판단할 수 있는 장점이 있다. 이때, 원 송신 노드의 시퀀스 넘버 (Sequence Number)는 n 으로 정의하며 전송을 반복하며 1 씩 줄여든다. 시퀀스 넘버가 0 이 되면 전송을 마친 후 반복하지 않는다.

$$\begin{cases} \text{delivery,} & n \geq seq \geq 0 \\ \text{not delivery,} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

모든 노드는 이웃 상태정보와 시퀀스 넘버 정보를 반영하기 위하여 그림 2 와 같이 기존의 프리앰블 (Preamble) 대신 프리앰블과 source, destination, sequence 정보를 포함한 헤더를 함께 전송하며 이를 invite 헤더라 정의한다.

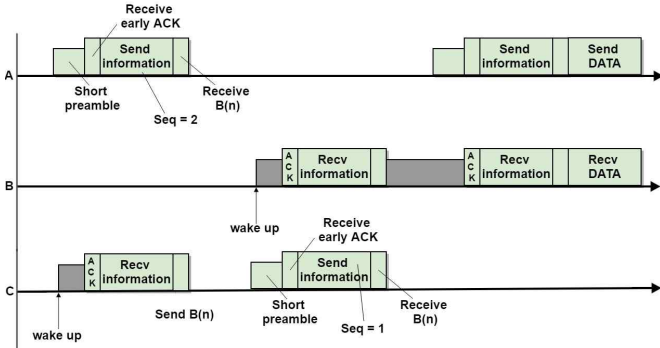


그림 2. 제안하는 MAC 의 동작 구조

그림 2 는 송신노드 A, 수신노드 B 그리고 전달노드 C 로 구성된다. A 는 데이터를 발행한 source 이며 B 는 destination 이고 C 는 A, B 와 이웃한 상태이며 통신할 데이터가 없는 상태이다.

노드 A 에서 는 데이터를 전송하기 전 invite 헤더를 통하여 자신과 목적 노드, 시퀀스넘버를 전송한다. 이 헤더는 기존의 무선 센서 네트워크의 프리앰블과 유사한 역할을 한다. 송신노드는 전송한 프리앰블에 응답한 노드에 목적지에 대한 정보를 전송한다. 목적지 정보를 수신한 노드는 식(1)과 식(2)로 전송가능 여부를 판단 한 후 일정기간 동안 송신노드 역할을 대행한다. 전송가능한 새로운 노드와 통신하게 되면 앞 선 전달과정을 인계할 수 있다. 전달 노드는 이 과정을 수행하며 식(2)의 not delivery 상태가 되면 전달을 중단하며, 원 송신노드가 다시 웨이크업 할 때, 원 송신노드가 invite 헤더를 전송한다.

그림 2 의 C 역할을 하는 전달노드가 동시에 둘 이상이 되지 않도록 하기 위하여 반드시 invite 를 인계한 후에는 전송을 중단한다. 시퀀스 넘버는 채널의 밀도 (density)나 듀티사이클의 상황을 고려하여 변경하며, 기본값을 2 로 정의한다.

수신노드는 자신이 목적지로 설정된 invite 헤더를 받으면, Idle listening 상태를 유지한다. 이때, 수신노드는 Backoff 를 제거하여 경쟁에서 우선권을 갖는다.

정보 전달과정에서 수신 노드가 웨이크업하지 않는 경우 오히려 불필요한 에너지 소모가 발생 할 수 있지만 특정 한 노드의 과도한 에너지 소모를 줄일 수 있다.

III. 성능평가

본 장에서는 제안한 MAC 프로토콜 성능을 평가하기 위하여 네트워크 시뮬레이터 NS-3를 이용하였으며, X-MAC과 제안하는 MAC 프로토콜을 각각 구현하여 비교하였다. 비교 항목은 각 노드의 에너지 소비량, 평균 에너지 소비량 그리고 네트워크의 수명이다. 모든 노드는 듀티사이클을 1초, 웨이크 타임은 0.3초로 설정하고 데이터 발생은 무작위로, 전달 정보헤더 크기는 1Byte, 전송한 데이터 크기는 각 1MB로 발생시켰다.

상태	에너지 소비량
채널 접근	$0.839 \times 10^{-6} J$
프리앰블	$1.659 \times 10^{-6} J$
데이터	$0.1856 \times 10^{-1} J / MB$

표 1. 상태별 노드 전력 소모

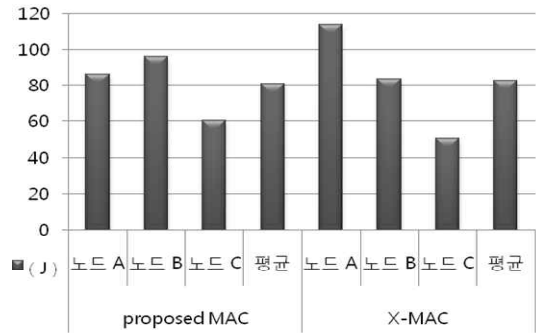


그림 3. 노드별 에너지 소모량 비교

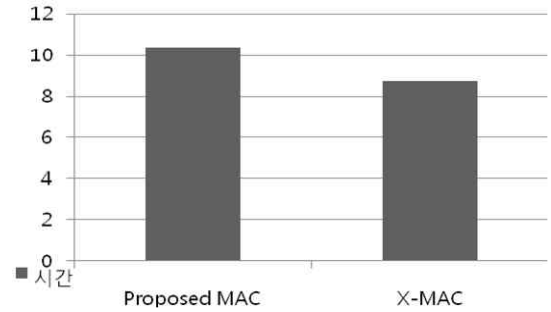


그림 4. 네트워크 수명 비교

그림 3 과 그림 4 는 10 초 동안 노드 A 에서 데이터가 무작위로 두 번 발생한 상황이다. 제안하는 MAC 프로토콜과 X-MAC 에서 에너지 평균 소모량은 비슷한 수준이었으며, 상시 전원으로 사용되는 전력의 경우는 고려하지 않았다. 네트워크에서 가장 많은 전력을 소비하는 노드의 수명이 다 하는 시간 까지를 네트워크 수명으로 정의하였다. 실험 결과 가장 에너지를 많이 소비한 노드는 X-MAC 에서는 A, 제안하는 MAC 에서는 B 였으며, 단위시간당 이 노드들의 에너지 소모량을 비교한 결과 제안하는 MAC 프로토콜에서 X-MAC 대비 약 23.35%의 네트워크 수명이 증가하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 네트워크의 에너지를 평균화하는 MAC 프로토콜을 제안하고 실험을 통해 그 성능을 보였다. 제안한 MAC 프로토콜은 특정 노드가 통신이 불가해 질 경우 무선 센서 망 전체에 걸쳐 통신이 불가해 지는 상황을 고려하여 노드의 에너지 소모를 평균화하였으며, 이를 통하여 부가적인 노드의 에너지 소모를 통하여 전체적인 네트워크의 수명이 연장될 수 있음을 확인할 수 있었다. 추후 연구로 본 논문에서 제안한 프로토콜을 네트워크 수명 이외에 다른 측면의 기능을 추가하여 성능을 향상시킬 계획이다.

참고 문헌

[1] Buettner, Michael, et al. "X-MAC: a short preamble MAC protocol for duty-cycled wireless sensor networks." Proceedings of the 4th international conference on Embedded networked sensor systems. ACM, 2006.

[2] Razaque, Abdul, and Khaled Elleithy. "Modular energy-efficient and robust paradigms for a disaster-recovery process over wireless sensor networks." Sensors 15.7 (2015): 16162-16195.