

에너지하베스팅 무선센서네트워크를 위한 전력효율적인 매체접근제어 프로토콜

심규욱 · 박형근*

한국기술교육대학교

Power-efficient MAC protocol for energy harvesting wireless sensor networks

Kyu-Wook Shim · Hyung-Kun Park*

KOREATECH

E-mail : qkqh2519@koreatech.ac.kr / hkpark@koreatech.ac.kr

요 약

에너지 하베스팅 무선센서네트워크에서 end-to-end delay를 줄이기 위해 멀티홉 라우팅기법을 적용한 매체접근제어 프로토콜 등이 연구되었다. 실제 환경에서는 소비되는 에너지 보다 충분히 많은 에너지 수집이 어려운 상황이 많이 발생하게 된다. 따라서 멀티홉 전송에서 전력이 고갈되지 않고 노드들이 안정적으로 데이터를 릴레이 할 수 있도록 하는 MAC프로토콜의 설계가 요구된다. 본 논문에서는 네트워크 수명을 증가시키기 위해 잔여전력과 에너지 수집율에 따라 릴레이노드를 선택할 수 있는 전력효율적인 MAC프로토콜을 제안하고 시뮬레이션을 통해 그 성능을 비교분석하였다.

ABSTRACT

In order to reduce end-to-end delay in EH-WSN (energy harvestin wireless sensor netowk), medium access control protocols using multi-hop routing technique have been studied. In a real environment, there are many situations where it is difficult to harvest enough energy than the energy consumed. Therefore, it is required to design a MAC protocol that allows nodes to reliably relay data without exhausting power in multi-hop transmission. In this paper, we propose a power-efficient MAC protocol that can select the relay node according to the residual power and the energy collection rate to increase network lifetime.

키워드

energy harvesting, wireless sensor network, mac, network lifetime

1. 서 론

EH-WSN의 설계에 있어서 MAC프로토콜은 throughput, delay, 에너지 소모 등의 성능을 결정하는 매우 중요한 역할을 한다[1]. 에너지 수집 무선센서네트워크는 자연환경으로 부터 에너지를 수집하여 동작하도록 설계되어 있으나 실제 환경에서는 소비되는 에너지 보다 많은 충분한 에너지 수집이 어려운 상황이 많이 발생하게 된다. 따라서 잔여전력과 에너지 수집율을 고려하여 릴레이노드

를 선택할 수 있는 MAC 프로토콜의 설계가 요구된다. 이를 통해 에너지 수집율이 낮은 노드들로 하여금 충분한 충전이 될 수 있도록 슬립구간을 적응적으로 늘려줌으로써 릴레이 노드들을 효율적으로 사용할 수 있다. 릴레이 노드들 개별적으로 매체접속이 이루어지면 에너지 수집상태에 따라 동작불능상태로 갈 수 있게 되지만 주변 노드들의 전력상태를 고려하게 되면 릴레이 노드들 전체적으로 전력적으로 안정상태를 유지할 수 있게 되고 멀티홉 전송에 의한 데이터 지연을 감소시킬 수 있다.

* corresponding author

II. 파이프라인 포워딩 MAC

그림 1와 같이 가장 간단한 flooding방식으로 데이터를 전송할 때 n 번째 레벨의 노드들은 $n-1$ 레벨의 노드들로부터 데이터를 받아 $n+1$ 의 노드로 데이터를 중계해주는 중계노드로서의 역할을 수행한다. 따라서 모든 노드들이 중계노드로 참여할 필요는 없으며 노드의 에너지 상황에 따라 특정노드들에 의한 데이터 중계가 이루어지면 된다. 따라서 MAC단계에서 노드의 에너지 상황에 따라 매체접근의 기회를 적절히 제한한다.

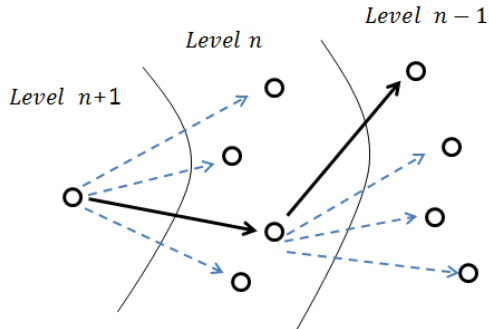


그림 1. 노드레벨에 따른 중계노드의 동작

파이프라인 포워딩 MAC에서 n 레벨의 노드는 $n+1$ 레벨의 노드로부터 데이터를 수신한다. 데이터를 수신한 후에는 $n+1$ 레벨의 노드에 ACK패킷을 전송한다. 이때 ACK패킷은 $n-1$ 레벨의 노드들에게 까지 전달되고 이를 수신한 $n-1$ 의 노드들은 비콘을 전송하여 데이터를 수신할 준비가 되었음을 알린다. 이때 $n-1$ 레벨에는 여러 노드들이 존재하고 서로 데이터를 송신받기위해 경쟁한다. $n-1$ 레벨에 존재하는 각각의 노드들은 자신의 잔여에너지와 에너지 수집율을 기반으로 하여 자신의 우선권 P_i 값을 계산하고 P_i 값에 따라 backoff값을 설정하여 비콘전송을 시도한다.

잔여전력과 에너지 수집율을 동시에 고려하기 위해 식 1와 같이 단위 sleep구간 T_0 시간 후의 예상 잔여전력을 노드의 우선권 P_i 으로 설정하였다.

$$P_i = E_{r,i} + R_{h,i} T_0 \quad (1)$$

이때 $E_{r,i}$, $R_{h,i}$ 는 각각 i 번째 노드의 잔여전력과 에너지 수집률이다. i 번째 노드의 P_i 값이 특정 문턱값보다 높으면 모드1 그렇지 않으면 2노드라 하자. CW(Contention Window)를 두개의 구간 CW1과 CW2로 나누고 모드1 노드는 CW1의 구간에서 채널접속을 시도하게 되며 모드 2 노드는 CW2의 구간에서 경쟁을 하게 된다. 따라서 CW1의 구간에 경쟁하는 노드들이 존재하게 되면 CW2의 노드들은 CW1의 구간에서 에너지를 충분히 갖는 노드들이 존재함을 확인하게 되고 바로 sleep구간으로 들어가게 된다. 만약 CW1에 어떤 패킷도 감지되지

않으면 모두2의 노드들은 CW2의 구간에서 경쟁하게 되는데 이때 우선권에 따라 백오프확률을 다르게하여 우선권이 높은 노드들로하여금 채널에 접속될 확률을 높이게 된다.

이렇게 $n-1$ 레벨에 있는 노드들 중 하나의 노드가 비콘을 전송하게 되고 데이터를 전송받는다. 데이터를 전송받은 후에 ACK를 전송할 때 ACK패킷내에 다음에 깨어날 시간정보를 함께 전송한다. 이 시간정보를 바탕으로 하여 낮은 레벨의 노드들은 다음 주기에 ACK가 전달되기 전에 일어나도록 스케줄링 된다. 데이터를 수신한 릴레이노드는 다시 하위 레벨의 노드들에 앞에서와 동일한 방식으로 데이터를 전송한다. 전체적으로 데이터를 수신하고 송신하는 동안 노드는 깨어있게 되고 데이터를 송신하고 ACK를 수신한 후 sleep모드에 들어가게 된다. 이와 같이 sleep-wake up 주기에 맞춰 하위 레벨로 순차적으로 데이터를 전송하는 파이프라인 포워딩 구조를 갖게 된다.

III. 결론

본 논문에서는 EH-WSN에서 멀티홉 라우팅을 고려한 MAC프로토콜을 제안하였다. 제안된 MAC 프로토콜은 멀티홉 전송에서 파이프라인 포워딩 방식으로 데이터를 중계하며 노드들의 잔여전력과 에너지수집능력을 고려하여 중계노드로 동작하는 노드들의 매체접근 가능성을 조절하였다. 즉, 낮은 잔여전력과 에너지 수집능력이 작은 노드는 중계노드로 동작할 확률을 줄임으로서 긴 슬립구간을 갖게하고 에너지 상황이 좋은 노드에게는 중계노드로서의 역할을 보다 빈번히 수행하도록 함으로써 중계노드들이 전력부족상태에 놓이지 않도록 하여 안정적이고 지연이 작은 데이터 중계가 가능하도록 하였다.

References

- [1] P. Ramezani, M. R. Pakravan, "Overview of MAC protocols for energy harvesting wireless sensor networks," in proceeding of the IEEE 26th Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, Hongkong, pp. 2032-2037, August 2015.