

무선 센서 네트워크에서 패킷 간에 충돌을 줄이면서 전송지연을 감소시키는 MAC 프로토콜

*정운표, 엄두섭
고려대학교 전자전기공학과
e-mail : wpjung@korea.ac.kr, eomds@korea.ac.kr

MAC Protocol for Achieving Collision-free by Interference and End-to-end Delay Minimization in Wireless Sensor Networks

*Woon-Pyo Jung, Doo-Seop Eom
Department of Electronic and Electrical Engineering
Korea University

Abstract

무선 시스템에서는 수신도 송신처럼 에너지를 소모한다. 이러한 전력소모는 배터리를 전원으로 오랜시간 동작해야하는 센서 망에서는 치명적이다. 특히 센서 네트워크를 위해 제안된 경쟁기반 방식의 MAC은 에너지 소모를 야기하는 패킷간의 충돌을 최소화 하고 전송지연을 줄이는 프로토콜이 필요하다. 본 논문에서는 adaptive S-MAC의 방식을 그대로 사용하면서 간섭에 의한 충돌을 줄이는 알고리즘을 이용하여 한 SYNC interval 내에서 최대 3홉까지 전송 가능한 MAC 프로토콜을 제안하였다. NS2의 시뮬레이션을 통해 제안한 MAC 프로토콜의 성능을 기존 MAC과 비교하여 증명하였다.

I. 서론

센서 네트워크에서 센서노드의 에너지 소모를 줄여 네트워크의 수명을 늘리는 것이 가장 큰 이슈가 되고 있다. 무선시스템입장에서 에너지소모를 야기하는 요소를 살펴보면 간섭에 의한 collision, Overhearing, Idle listening, control packet overhead 등이다.

본 논문에서는 경쟁기반 방식의 MAC에서 간섭에 의한 충돌을 최소화하고 전송지연을 줄여 수율을 향상시키는 알고리즘을 제안한다. 논문의 구성은 다음과 같이 2장에서 기존 센서 네트워크 MAC 프로토콜을 살펴보고, 3장에서는 충돌과 전송지연을 최소화하는 MAC 알고리즘의 개념에 대하여 상세히 설명한다. 4장에서는 제안한 알고리즘의 성능을 기존 MAC과 비교분석하고 5장에서 본 논문의 결론에 대해서 알아본다.

II. 본론

2.1 제안하는 MAC 프로토콜

일반적으로 센서 네트워크에서 발생한 데이터 트래픽은 multi-hop을 통해 소스 노드로부터 sink 노드로 전달되기 위한 것이 대부분이다. 특히 S-MAC에서 sleep time이 큰 경우, 노드와 노드 간 데이터 전송지연이 커

지고, 무선 환경에서 간섭에 의한 충돌이 발생하면 multi-hop 데이터 전송시 지연시간은 더욱 증가한다. 이를 위해 본 논문에서는 무선 센서네트워크에서 데이터 전송시 간섭범위안의 충돌을 최소화하는 방안을 이용하여 한 SYNC interval 내에서 전송 가능한 홉 수의 범위를 증가시키는 다음 알고리즘을 제안한다.

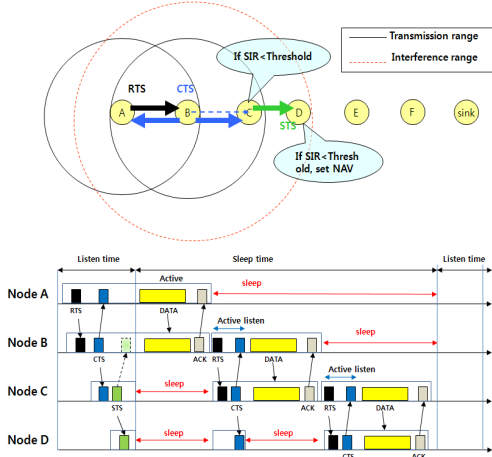
2.2 패킷 충돌과 전송지연을 감소시키는 알고리즘

전송할 데이터가 있는 노드(이하 전송 노드)는 DIFS를 기다린 후에 Random backoff를 한 후 RTS를 보낸다. 데이터의 목적지가 되는 노드(이하 목적 노드)는 자신이 RTS를 받은 파워를 측정하고 CTS에 이 정보를 함께 실어 SIFS 후에 전송 노드에 보낸다. 이때 RTS를 엿들은 노드는 NAV를 설정하여 전송을 미루어 데이터에 충돌이 발생하지 않게 한다. CTS를 엿들은 이웃 노드들은 자신이 CTS를 받은 파워와 CTS 패킷안에 적혀있는 목적 노드가 RTS를 받은 파워로 목적 노드에서의 SIR(Signal To Interference Ratio)을 계산한다. SIR은 (데이터를 받는 파워/간섭을 일으킬 수 있는 다른 데이터를 받는 파워)로 네트워크상에서 모든 노드는 균등하다고 가정하기 때문에 목적 노드에서의 SIR은 (전송 노드로부터 데이터를 받는 파워/이웃 노드로부터의 간섭 파워) = (RTS를 받은 파워/이웃 노드가 CTS를 받은 파워)로 계산된다. 이때 SIR이 SIR 임계값보다 클 경우에는 간섭에 의한 충돌이 일어날 확률이 적으므로 NAV만을 설정하고 작을 경우에는 NAV를 설정하면서 이웃 노드에 STS(Sure To Send) 패킷을 전송한다. STS 패킷 안에는 CTS를 받은 파워 정보와 CTS패킷 안에 적혀있는 RTS를 받은 파워 정보를 함께 적어보낸다. STS를 받은 노드는 STS 패킷안에 적혀 있는 파워정보와 자신이 STS를 받은 파워를 이용하여 SIR을 계산한다.

이 SIR이 임계값보다 작으면 NAV를 설정하여 간섭에 의한 충돌이 발생하지 않도록 한다.

전송 노드는 CTS를 받고 나서 Listen time 후에 데이터를 전송한다. 그리고 데이터 전송이 끝나면 목적노드는 SIFS를 기다린 후에 ACK을 보내 전송이 성공적

으로 이루어 졌음을 알리고 전송노드는 ACK를 받고 Sleep모드로 전환된다. 여기서 STS 패킷은 Listen time 기간에만 적용되고 각각의 RTS, CTS, STS 패킷 안에는 데이터 전송에 필요한 Duration이 기록되어 있어 전송이 완료된 시점에 이를 수신한 노드는 깨어날 수 있다. 이런 방식으로 노드A와 B의 전송이 끝나는 시간에 맞추어 CTS를 엿들은 노드C와 STS를 엿들은 노드D는 다시 깨어나 RTS와 CTS를 교환하여 데이터를 전송한다. 여기서 노드D는 다시 CTS를 엿들고 데이터 전송이 끝나는 시점에 다시 깨어나 노드C와 데이터를 교환한다. 이 과정을 다음 <그림4>에 나타내었다.



<그림 1> 충돌을 줄이며 다중 홉을 지원하는 알고리즘

이렇게 각 노드들의 SYN interval이 같다고 가정한다면 그림4와 같이 각 노드간의 간섭에 의한 충돌을 줄이면서 Sync Interval간 최대 3홉까지 데이터를 전송하여 지연을 감소시킬 수 있다. 물론 노드C에서 SIR이 SIR 임계값보다 클 경우(간섭에 의한 충돌이 일어날 확률이 적은 경우)에는 STS 패킷을 보내지 않기 때문에 기존 adaptive S-MAC과 같다.

III. 구현

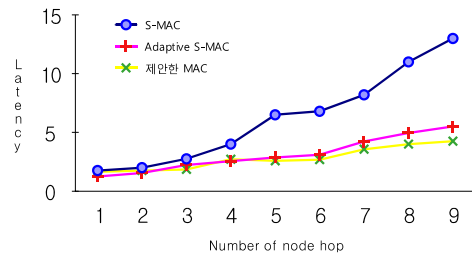
3. 성능 평가

본 논문에서는 멀티 홉 환경에서 전송 지연 시간과 수율(throughput)을 측정하여 기존 S-MAC, adaptive S-MAC과 비교 어느 정도 성능 향상을 보여줄수 있는지 NS-2환경에서 SMAC을 수정하여 실험하였다. 10개의 노드들을 30m 간격으로 linear한 형태로 배열하고 데이터(100Kbytes)는 5초간격으로 발생하여 첫 번째 노드(source node)에서 마지막 노드(sink node)로 전송된다. NS-2 시뮬레이션에 RX threshold parameter는 $3.652e-10(40m)$ 로 데이터 전송 범위를 정하고 에너지 소모 모델은 adaptive S-MAC문헌을 참고하여 센서노드의 활성상태에서 소모되는 평균 전력 소모는 초당 송신시 24.75mW, 수신시 13.5mW이고 수면상태에서의 평균 전력 소모는 15μW로 가정하고 S-MAC의 duty cycle은 10%로 설정한다. <그림 2>은 노드의 홉 수에 따른 평균 전송지연 시간의 결과를 보여주고 있다. 추가 패킷(STS)를 보내기 때문에 제안한 MAC이 1-2홉에서는 지연이 증가하나 3홉 이상에서는 전송지연 감소 효과를 보인다. 그리고 <그림 3>에서 제안한 MAC이

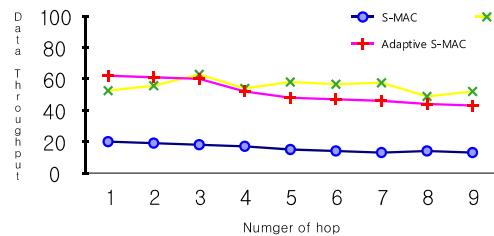
기존 MAC보다 수율이 좋은 것으로 나타났다. 물론 전송지연 감소 효과도 있겠지만 노드간의 간섭에 의한 충돌을 조금이나마 줄였기 때문이라고 생각된다. 물론 간섭에 의한 영향이 얼마나 작용하는지 직접 확인해 보지 못했지만 시험결과 제안한 MAC이 지연시간 감소와 수율을 더욱 향상시킴을 알 수 있다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 adaptive S-MAC[8]의 방식을 그대로 사용하면서 간섭에 의한 충돌을 줄이는 알고리즘을 이용하여 한 SYNC interval 내에서 최대 3홉까지 전송 가능한 MAC 프로토콜을 제안하였다. NS-2의 시뮬레이션을 통해 제안한 MAC 프로토콜의 성능을 기존 MAC과 비교하여 증명하였다. 기존 S-MAC과 유사한 전력을 소비하면서도 데이터 전송 시 지연을 감소시켜 센서네트워크에서 에너지 효율적이며 수율을 향상시키는 알고리즘을 제안하였다. 이는 군 환경 및 긴급 의료 서비스 등에 필요한 프로토콜이며 향후 다양한 멀티 홉 환경에서 심층적이 성능평가를 통해 더욱 전력 소비량을 줄이고 지연시간을 줄이는 방안에 대해 연구할 계획이다.



<그림 2> 노드의 홉 수에 따른 전송지연 시간측정



<그림 3> 각 홉에서 데이터 수율 측정

참고문헌

- [1] I. F. Akyildiz et. al., "A survey on Sensor Networks," IEEE Communication Magazine, pp.102-114, 2002(8).
- [2] I. Demirkol, C. Ersoy and F. Alagöz, "MAC Protocols for Wireless Sensor Networks: A Survey," IEEE Communication Magazine, pp.115-121, 2006(4).
- [3] T. van Dam and K. Langendoen, "An Adaptive Energy-Efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Networks," in Proc. of SenSys'03, pp.171-180, 2003
- [4] 김지은, 김세한, 정운철, 김내수, "USN 센서노드 기술 동향", 전자통신동향분석 제22권제 3호, 2007년 6월