

TDMA 기반 비 경쟁 접속 방식 프로토콜을 사용하는 무선 센서 네트워크를 위한 에너지 효율적인 전송 기법

유재원*, 이승찬*, 이광림*, 주양익*, 차균현*

*고려대학교 전자공학과, 통신시스템 연구실 (e-mail : won9067@korea.ac.kr)

Energy-efficient Transmission Scheme for Wireless Sensor Networks with a TDMA-based Contention-Free Access Protocol

Jae Won Yoo*, Seung Chan Lee*, Kwang Lim Lee*, Yang Ick Joo*, Kyun Hyon Tchah*

*Communication Systems Lab., Dept. of Electronics Eng., Korea University

요 약

에너지 효율적인 통신은 무선 센서 네트워크나 WPAN (Wireless Personal Area Networks) 기기들과 같이 에너지원이 제한된 기기들의 수명을 최대화하는데 있어 필수적이다. 또한 채널 접속을 위해 TDMA (Time Division Multiple Access) 방식을 사용하는 WPAN의 경우 각 할당된 시간 슬롯에 반영된 QoS (Quality of Service) 가 실제 전송에서 만족되는 지도 중요할 것이다. 따라서 본 논문에서는 TDMA 기반의 WPAN을 위한 에너지 효율적이고 QoS를 고려하는 전송 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 에너지 소비를 최소화시키고 동시에 각 할당된 시간 구간에서 요구되는 QoS를 만족시키는 최적의 전송 전력, 전송률, 그리고 분할 크기의 조합을 결정한다. 본 알고리즘을 통해 개선된 성능은 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 보였다.

1. 서 론

최근 유니쿼터스 (ubiquitous) 통신 연결에 대한 요구가 성장함에 따라 좁은 범위의 개인 무선 연결 기술의 필요성이 부각되고 있다. WPAN 은 이의 좋은 예라 할 수 있다. WPAN 기기들은 일반적으로 에너지 구속적인 환경에서 동작하므로 기존의 무선 네트워크 기기들 보다 매우 낮은 전력으로 동작을 해야 한다. 즉, 각 기기들은 제한된 배터리 수명을 가지고 있고 무선 센서 네트워크와 같은 경우 넓은 지역에 분포한 많은 수의 기기들의 빈번한 배터리 교체가 실질적으로 불가능하므로 WPAN 기기에게는 에너지 효율적인 동작이 필수적이라 할 수 있다. 또한 TDMA 기반 채널 접속 WPAN 의 경우 각 기기에 할당된 시간 슬롯에서의 QoS 또한 만족되어야 한다. 이러한 사항들은 물리 계층과 MAC 간의 최적의 전송 파라미터 조합을 선택함에 따라 만족될 수 있다.

최근 다년간 비경쟁 채널 접속 프로토콜 기반의 무선 통신 시스템에서의 에너지 효율적인 전송 기법에 대한 많은 연구들이 있었다 [1]-[4]. [3]에서는 에너지 소비를 줄이기 위해 데이터 전송률을 최적화시키는 알고리즘이 제안되었다. 하지만 이 알고리즘은 채널의 상태를 고려하지 않았고 클러스터 (cluster) 헤드와 같은 다른 기기들로부터 데이터를 수집하는 기기들에서만 유효하다. [4]에서 제안된 패킷 전송 스케줄링 알고리즘은 지연 시간의 구속에 따라 전송 에너지 소비를 최소화하지만 회로 소비 에너지를 무시하였고 패킷이 일정한 시간 구간에서만 도착한다고 가정하였다. [1]과 [2]에서는 WLAN 환경에서 전송 전력과 전송률을 동시에 최적화하는 에너지 효율적인 전송 기법을 제안하였다. 그러나 이 기법은 전송 파라미터의 선택 절차를 매 프레임마다 수행하므로 채널의 변화가 거의 없을 경우 불필요한 에너지 소모가 발생하고 MSDU (MAC Service Data Units) 전체에 대한 QoS 가 고려되지 않았다.

또한 이 알고리즘은 분할의 크기가 에너지 소비에 미치는 영향을 고려하지 않았다. 결과적으로 [1]-[4]에서 제안된 기법들은 비경쟁 채널 접속 프로토콜 기반의 WPAN 시스템에는 부적합하다고 볼 수 있다.

따라서 본 논문에서는 TDMA 기반의 WPAN 에서 에너지 소비를 최소화하는 최적의 전송 전력, 데이터 전송률, 분할 크기 조합을 선택하는 새로운 방안을 제시하였다. 본 알고리즘은 요구되는 스루풋 (throughput) 과 최대 허용 지연과 같은 QoS 와 관련된 다양한 요인들과 채널의 상태를 동시에 고려하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2 장에서는 TDMA 기반의 비경쟁 접속 방식의 시스템 모델을 설명하고, 3 장에서 전송 에너지 소비를 분석하였다. 4 장에서는 TDMA 기반의 WPAN 을 위한 에너지 효율적이고 QoS 를 고려하는 전송 알고리즘을 제안하였고 5 장에서 이 알고리즘에 대한 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 보였다. 그리고 6 장에서 본 논문의 결론을 내렸다.

2. 시스템 모델

본 논문에서는 다수의 기기들로 구성되어 있는 피코넷 (piconet) 을 시스템 모델로 사용하였다. WPAN 표준에서 피코넷은 무선 애드-혹 (ad-hoc) 네트워크로 다수의 독립 기기들의 상호 통신을 가능하게 하고 보통 반경 10m 이내의 작은 구역으로 한정된다 [5]. 피코넷 내의 기기 중 적어도 하나의 기기는 피코넷 코디네이터 (PNC) 역할을 하고, 피코넷 코디네이터는 비콘 (beacon) 을 이용하여 피코넷에 타이밍을 제공하고 QoS 를 관리하게 된다.

WPAN 표준의 피코넷에서는 슈퍼프레임 (superframe) 구조를 사용하고 이는 비콘과 CAP (Contention Access Period) 그리고 CFP (Contention Free Period) 로 구성된다. CFP는 CTA (Channel Time Allocation) 로 나뉘어 각 기기