

IoT 무선 네트워크에서의 백스캐터 기반 고효율 통합 프로토콜

최은진, 김경민, 이태진

성균관대학교 정보통신대학

{ej.choi, sisrla, tjlee} @skku.edu

Backscatter-based High-efficiency Integrated Protocol in IoT Wireless Networks

Eun-Jin Choi, Kyoung Min Kim, and Tae-Jin Lee

College of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University.

요약

사물인터넷 단말 기반의 무선 네트워크에서 기존 Active 단말은 PB (Power Beacon)로부터 에너지를 수신하여 동작을 수행할 수 있다. 또한, Emitter 신호를 활용하여 무전원 데이터 전송이 가능한 백스캐터 (Backscatter) 통신 방법이 연구 단계에 있다. 본 논문에서는 기존의 범용 네트워크에서 Tag를 결합하여 에너지 공급원인 PB가 Emitter의 역할을 수행하는 통합 네트워크를 제안하고, Active 단말과 Tag가 주기적으로 데이터 전송을 수행할 수 있는 매체접근제어 방법을 제안하였다. 본 논문의 제안 방법을 통해 에너지 사용량 대비 처리율 성능을 향상시킬 수 있다.

I. 서론

사물인터넷 (IoT, Internet of Thing) 단말로 구성된 네트워크에서, 단말은 주기적으로 AP (Access Point)와 통신하며 데이터를 전송할 수 있어야 한다. 최근, 사물인터넷 기술의 관심이 증가함에 따라 단말의 수가 급격하게 증가하였으며, 이에 따라 네트워크 내 다수의 단말이 에너지 효율적인 데이터 전송을 수행할 수 있는 방법이 연구되고 있다 [1]. 백스캐터 (Backscatter) 방식은 단말의 에너지 효율적인 동작을 보조하는 기술로서, 외부 신호를 반사시켜 저전력의 데이터 전송이 가능하다 [2]. 여기에 백스캐터 단말의 통신 거리를 확장시키기 위하여 주변의 Emitter 신호를 활용하여 통신을 수행하는 Bistatic 백스캐터 방식으로 다양한 환경에서 백스캐터 기반 네트워크를 구현할 수 있게 되었다.

백스캐터 통신을 수행하기 위해서는 백스캐터 통신 단말인 Tag와 Emitter, Reader로 이루어진 별도의 네트워크가 구성되어야 한다. 현재 Wi-Fi 기반 무선 네트워크는 PB (Power Beacon), AP, Active 단말로 구성되어 있는 환경이며, 단말은 AP로 데이터를 전송하거나 PB로부터 에너지를 수신할 수 있다. 위와 같은 네트워크에서 데이터 신호와 에너지 신호 간 간섭 문제를 해결하기 위하여 PB와 단말 간 협력하는 매체접근제어 (MAC, Medium Access Control) 방법이 제안되었다 [3]. 하지만, 에너지 전송을 위한 채널 선점 과정에서 하나의 PB만이 주변 단말에게 데이터를 전송할 수 있으므로 일부 단말은 에너지 소모량 대비 수신량이 충분하지 못할 수 있다. 또한, W-Fi 기반 무선 네트워크와 Bistatic 백스캐터 기반 단말이 공존하는 환경에서 Emitter와 PB가 공존하면서 에너지가 낭비될 수 있다.

본 논문에서는 기존 AP와 PB, 단말로 구성된 무선 네트워크 환경에 Tag를 결합한 통합 네트워크를 제안한다. 제안 프로토콜에서 AP와 단말 간 DCF (Distributed Coordination Access) 경쟁을 진행하며 AP가 채널 선점에 성공할 경우 네트워크 내 모든 PB에게 Wake-up 신호를 전송하여 다수의 단말이 동시에 에너지를 수신할 수 있도록 하였다. 또한, 채널 경쟁에 참여하지 않고 sleep 상태로 대기 중인 Tag들이 PB 신호를 활용하여 무전원의 데이터 전송이 가능하도록 하였다. 이를 통해, 무전원의 동작을 수행할 수 있는 Tag가 기존의 범용 네트워크 단말과 공존하며 상호 동작을 수행할 수 있으며, PB가 단말과 Tag에게 에너지를 전송하므로 네

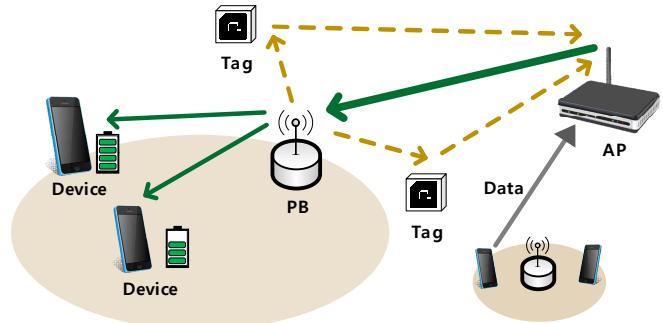


그림 1. 제안 프로토콜의 통신 네트워크 구성

트워크의 에너지 효율 또한 향상시킬 수 있다.

II. 제안 방법

제안 네트워크는 하나의 AP와 다수의 PB, 다수의 단말, 그리고 다수의 Tag로 구성되어 있는 환경이다 (그림 1). 제안 프로토콜에서, AP는 네트워크 내 단말과 DCF 경쟁을 수행한다. 여기에, AP의 최소 경쟁 윈도우 크기를 단말의 최소 경쟁 윈도우 크기의 절반으로 설정하여 AP의 채널 선점 확률을 높였다. 만일 단말이 채널 선점에 성공하면 해당 단말은 에너지를 소모하며 AP로 데이터를 전송한다. 반면, AP가 채널 선점에 성공하면 네트워크 내에 있는 모든 PB에게 Wake-up 신호를 전송한다.

제안 프로토콜에서 PB는 데이터 전송 거리 확장의 역할을 수행하는 Emitter와 단말에게 에너지를 전송하는 역할을 수행하는 PB의 역할을 모두 수행할 수 있다. 따라서 Wake-up 신호를 수신한 PB는 주변의 모든 단말에게 에너지를 전송하며 동시에 Tag에게 신호를 전송한다. 제안 네트워크에서는 AP의 Wake-up 신호를 수신한 모든 PB가 에너지를 전송하기 때문에 다수의 단말이 에너지를 동시에 수신할 수 있다. 또한, PB의 신호를 받은 Tag는 AP로 신호를 반사시켜 데이터를 전송하여 에너지 효율적인 데이터 전송을 수행할 수 있다.

그림 2는 제안 프로토콜과 기존 방법의 동작 방식의 예시를 나타낸다. 기존 네트워크는 하나의 AP와 다수의 PB, 다수의 단말로 이루어진 네트워크와 하나의 Reader와 다수의 Emitter, 다수의 Tag로 구성된 두 가지 네

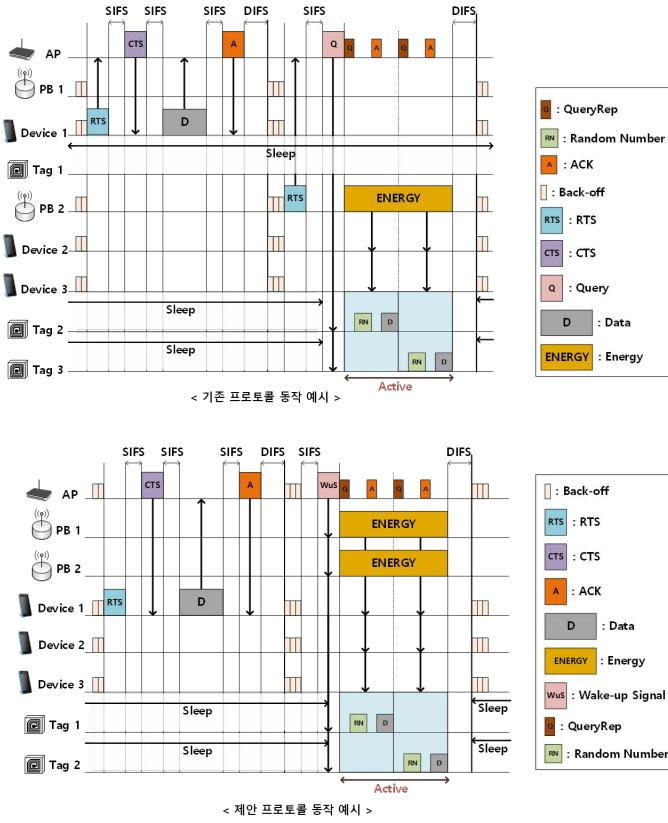


그림 2. 기존 방법 및 제안 프로토콜 동작 예시

트워크가 공존하는 환경이다. 네트워크 내 단말은 AP로 데이터를 전송하고, Tag는 Reader로 데이터를 전송하여 PB와 Emitter로부터 에너지를 수신할 수 있다. 제안 프로토콜에서는 AP와 단말이 DCF 경쟁을 수행하며 먼저 채널 선점에 성공한 단말이 AP로 데이터를 전송한다. 다음 채널 경쟁에서 AP가 채널 선점에 성공하였기 때문에 네트워크 내 모든 PB와 Tag에게 Wake-up 신호를 전송한다. PB를 통해 신호를 수신한 단말은 에너지를 충전하여 다음 채널 경쟁에 참여할 수 있으며, Sleep 모드로 대기하고 있던 Tag는 Wake-up 신호 수신시 Active 모드로 동작하여 백스캐터 방식으로 데이터를 전송할 수 있다. 이를 통해, 네트워크 내 단말이 자체 에너지를 사용하여 데이터를 전송함과 동시에 Tag의 부가적인 무전원의 데이터 전송이 가능하다.

III. 성능 평가

본 논문에서 제안 프로토콜과 기존 방법의 성능을 비교하기 위해 데이터 전송에 성공한 단말을 바탕으로 네트워크 처리율 성능을 확인하였다. 네트워크 환경 내 단말의 수를 10~100개로 증가시키면서 Tag의 수는 네트워크 내 단말 수의 절반으로 시작하여 단말 수가 증가함에 따라 함께 증가시켰다. 보유 에너지양이 임계값 이하인 단말은 AP로부터 에너지를 수신할 때까지 채널 경쟁에 참여할 수 없도록 제한하였으며, 프로토콜 동작 시간을 미리 설정하여 프로토콜 종료 시점까지 AP가 수신한 데이터를 바탕으로 네트워크 처리율을 확인하였다. 시뮬레이션에서 사용한 파라미터는 표 1과 같다.

그림 3은 단말 수 변화에 따른 기존 방법과 제안 프로토콜의 네트워크 처리율 성능을 비교한 그래프이다. 단말의 최소 경쟁 윈도우 크기를 증가 시킬수록 충돌 확률이 감소하기 때문에 높은 처리율을 가지는 것을 확인할 수 있었으며, 기존 프로토콜을 대비 제안 프로토콜에서 AP의 채널 선점 확률이 높으므로 더 많은 단말이 채널경쟁에 참여하여 데이터를 전송할 수 있었다. 또한, AP가 채널을 선점하였을 경우 네트워크 내 모든 Tag가

데이터 전송이 가능한 환경이므로 더 높은 처리율을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터

Parameter	Value
단말의 최소 경쟁 윈도우, W_{\min}	32, 64, 128, 256
네트워크 단말 수	10 ~ 100
데이터 크기	8184 bit
백스캐터 데이터 크기	800 bit
잔여 에너지 임계값	30 %

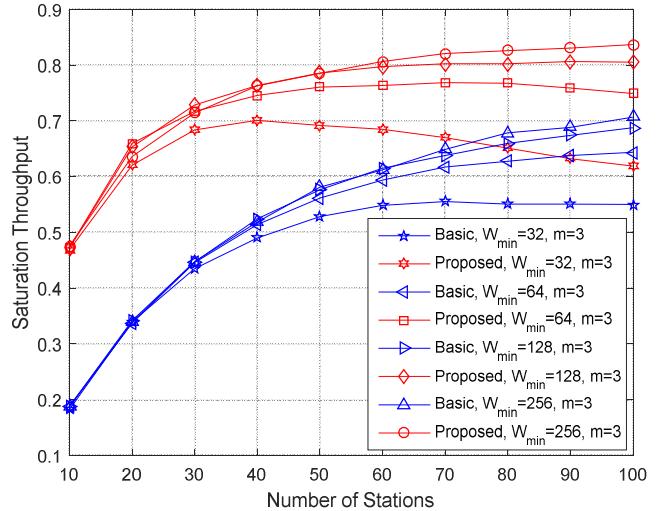


그림 3. 단말 수 변화에 따른 처리율 성능

IV. 결론

본 논문에서는 기존의 Wi-Fi 기반 무선 네트워크에서 Tag를 결합한 통합 네트워크를 구성하고, 단말과 Tag 모두 통신을 수행할 수 있는 프로토콜을 제안하였다. 구체적으로, AP와 단말이 채널 경쟁을 진행하며 AP가 채널 선점 시 단말과 Tag 모두를 동작시켜 Tag의 데이터 전송과 기존 단말의 에너지 전송을 동시에 수행할 수 있다. 제안 방법에서 AP는 채널 선점 매체에 관계없이 단말이나 Tag로부터 데이터를 수신할 수 있으며 네트워크 상에서 에너지를 전송하는 PB와 Emitter의 역할을 통합시켜 네트워크의 에너지 효율 또한 높일 수 있다. 제안 방법을 통해, 에너지 효율적인 데이터 전송을 수행하는 Tag를 포함하는 네트워크에서 처리율을 높일 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2018R1A2B6009348, 2014R1A5A1011478).

참 고 문 헌

- [1] J. Pullmann and D. Macko, "Increasing Energy Efficiency by Minimizing Collisions in Long-Range IoT Networks," in *Proc. of 2019 42nd International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)*, pp. 178–181, Jul. 2019.
- [2] G. Yang, D. Yuan, Y. Liang, R. Zhang, and V. C. M. Leung, "Optimal Resource Allocation in Full-Duplex Ambient Backscatter Communication Networks for Wireless-Powered IoT," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 2612–2625, Apr. 2019.
- [3] H. Lee, Y. Kim, J. H. Ahn, M. Y. Chung, and T.-J. Lee, "Wi-Fi and Wireless Power Transfer Live Together," *IEEE Communications Letters*, vol. 22, no. 3, pp. 518–521, Mar. 2018.