

주변 Wi-Fi 단말을 활용한 확장 IoT 백스캐터 통신 프로토콜

박지호, 김경민, 이태진

성균관대학교 정보통신대학

{wlgh621, sisrla, tjlee}@skku.edu

Extended IoT Backscatter Communication Protocol Utilizing Surrounding Wi-Fi Devices

Ji-Ho Park, Kyoung Min Kim, and Tae-Jin Lee

College of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

요약

Bistatic 백스캐터 통신을 수행하는 사물인터넷 디바이스들은 주변의 Emitter 신호를 사용하여 백스캐터 통신 방법으로 데이터를 전송함으로써 에너지 효율적인 동작을 수행할 수 있다. Bistatic 백스캐터 디바이스 중 Emitter로부터 원거리에 배치되어 있는 태그는 신호 감쇄 영향으로 데이터 전송에 실패할 확률이 높다. 본 논문에서는, Emitter로부터 거리가 먼 디바이스가 주변 Wi-Fi 단말의 신호를 데이터 전송을 위한 보조 신호로 사용하여 백스캐터 통신을 수행할 수 있는 프로토콜을 제안하였다. 이를 통해 사물인터넷 디바이스의 데이터 처리율 성능을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

I. 서론

다수의 사물이 연결되어 통신을 수행하는 연구가 진행되면서 사물인터넷(IoT, Internet of Things) 디바이스 수가 급격히 증가하고 있다. 일반적으로 사물 인터넷 디바이스들은 근거리통신망(Wi-Fi, Bluetooth)과 장거리 통신으로 Cellular Network를 통해 데이터를 전송할 수 있다. 또한, 제한적인 배터리 성능을 개선하기 위해 사물인터넷 디바이스들이 백스캐터 방식으로 데이터를 전송하게 되면 저전력 동작을 수행할 수 있으며 [1], 에너지 하베스팅 기술을 통해 에너지를 공급받아 자율적 배터리 충전이 가능하다 [2]. 백스캐터 통신을 통해 사물인터넷 디바이스들은 에너지 효율적으로 데이터를 전송할 수 있지만, 짧은 통신 범위의 한계를 갖는다. 짧은 통신 범위를 확장하기 위해, 디바이스 주변에 Emitter를 설치하고 Emitter에서 전송하는 신호를 반사하여 통신을 수행하는 Bistatic 백스캐터 기술이 연구되고 있다 [3].

본 논문에서는 Bistatic 백스캐터 네트워크에서 Emitter로부터 먼 거리에 있어 데이터 전송 효율이 떨어지는 사물인터넷 디바이스가 주변 Wi-Fi 단말의 신호를 활용해 데이터를 전송하여 데이터 처리율 성능을 증가시킬 수 있는 프로토콜을 제안한다. Reader는 AP로부터 Wi-Fi 단말들이 데이터를 전송하는 자원 정보를 수신하며, 시간 슬롯의 시작을 알리는 Query Rep 메시지를 통해 태그에게 Wi-Fi 단말이 데이터를 전송하는 시점을 알릴 수 있다. 이를 통해, 사물인터넷 디바이스는 주변 Wi-Fi 단말의 데이터 신호를 이용하여 데이터를 전송할 수 있다.

II. 본론

그림 1은 제안 네트워크의 구성 예시를 나타낸다. 하나의 Reader와 다수의 사물인터넷 디바이스, Emitter로 구성된 Bistatic 백스캐터 네트워크 주변에 하나의 AP와 다수의 Wi-Fi 단말이 공존할 수 있다. Reader의 Query 메시지를 수신한 사물인터넷 디바이스들은 프레임 크기 내 랜덤한 시간 슬롯을 선택하고 주변 Emitter의 신호를 활용하여 백스캐터 방식으로 Reader로 데이터를 전송할 수 있다. 하지만, Emitter로부터 거리가 먼 곳에 배치된 사물인터넷 디바이스들은 수신하는 신호의 세기가 약하여 데이터를 전송에 실패할 수 있다. Emitter로

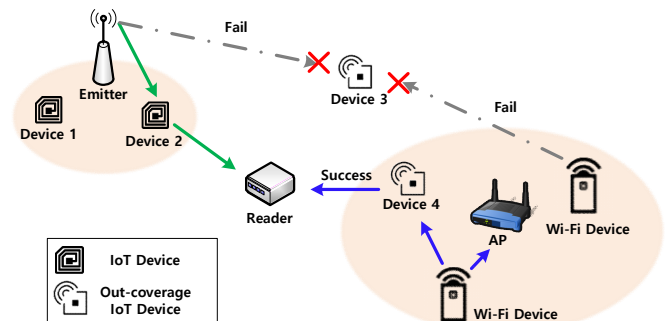


그림 1. 제안 네트워크의 구성

부터 먼 거리에 배치된 사물인터넷 디바이스들의 데이터 전송을 보조하기 위해 Reader는 주변 Wi-Fi 단말이 전송한 RTS(Request to Send) 메시지의 응답으로 전송되는 AP의 CTS(Clear to Send) 메시지를 통해 Wi-Fi 단말의 Uplink 데이터 전송 시점을 획득할 수 있다. 따라서, Reader는 Wi-Fi 단말의 데이터 전송 시점에 사물인터넷 디바이스로 데이터 전송을 유도할 수 있으며, 주변 Wi-Fi 단말 신호의 수신 세기가 임계값 이상인 경우의 사물인터넷 디바이스는 해당 신호를 활용하여 Reader로 데이터를 전송할 수 있다. 리더는 Query Rep. 1, 2 메시지를 통해 해당 시간 슬롯 내 Wi-Fi 단말의 데이터 전송 여부에 대한 정보를 Tag에게 전송할 수 있다. Query Rep. 2 메시지를 수신한 사물인터넷 디바이스 중 Emitter로부터 가까운 거리에 배치된 사물인터넷 디바이스들은 해당 슬롯을 선택하지 않으며, 먼 거리에 배치된 사물인터넷 디바이스들은 해당 슬롯에서 데이터를 전송을 위해 경쟁하게 된다.

그림 1에서 사물인터넷 디바이스 1, 2는 Emitter로부터 가까이 배치되어 데이터 전송에 문제가 없지만, 사물인터넷 디바이스 3, 4는 Emitter로부터 거리가 멀어 데이터 전송에 어려움이 있다. 하지만 사물인터넷 디바이스 4는 주변에 Wi-Fi 단말이 있어서 단말이 전송하는 신호를 보조로 사용하는 Ambient 백스캐터 방식으로 데이터 전송을 원활하게 수행할 수 있다.

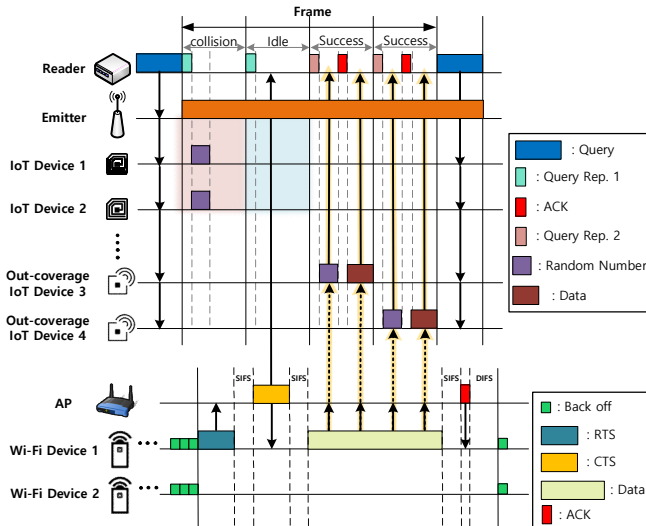


그림 2. 제안 프로토콜의 동작

그림 2는 제안 프로토콜의 동작 예시를 나타낸다. Reader는 프레임 크기 정보를 담은 Query 메시지를 사물인터넷 디바이스들로 전송한다. Emitter로부터 가까운 거리에 배치된 디바이스 1, 2는 프레임 크기 내에서 랜덤하게 슬롯을 선택하며, 먼 거리에 배치된 디바이스 3, 4는 슬롯을 선택하지 않는다. AP의 CTS 메시지를 수신한 Reader는 다음 슬롯이 시작할 때 Query Rep. 2 메시지를 전송하여 주변 Wi-Fi 단말이 데이터를 전송하고 있음을 태그에게 알린다. 해당 슬롯에서 디바이스 3과 4는 해당 슬롯 구간에서 데이터 전송여부를 확률적으로 결정할 수 있다. 또한, Emitter로부터 가까운 거리에 배치된 사물인터넷 디바이스들은 해당 슬롯에서 데이터 전송을 시도하지 않는다. 이를 통해 Emitter로부터 원거리에 배치된 사물인터넷 디바이스들의 데이터 전송을 보조할 수 있다.

III. 성능 평가

본 논문에서 제안한 프로토콜의 성능을 확인하기 위해 Emitter로부터 원거리에 배치된 사물인터넷 디바이스의 데이터 전송 확률에 따른 데이터 처리율 성능을 확인하였다. 시뮬레이션에서 사용한 파라미터는 표1과 같다. Reader와 AP를 중심으로 사물인터넷 디바이스와 Wi-Fi 단말을 분포시켰다. 사물인터넷 디바이스는 항상 전송할 데이터가 있어 모든 디바이스가 채널 경쟁에 참여한다고 가정하였으며, Wi-Fi 단말의 수를 변경하며 결과를 측정하였다. 비교 프로토콜에서 먼 거리에 배치된 사물인터넷 디바이스들은 데이터 전송을 시도하지만 Reader에서 데이터 수신 신호의 세기가 약하여 데이터를 수신하지 못할 수 있다.

그림 3은 사물인터넷 디바이스의 데이터 전송 확률과 Wi-Fi 단말 수에 따른 제안 프로토콜과 비교 프로토콜의 데이터 처리율 성능을 비교한 그래프이다. 제안 프로토콜에서 Wi-Fi 단말의 수가 증가할수록 먼 거리에 배치된 사물인터넷 디바이스가 데이터를 전송할 확률이 증가하기 때문에 데이터 처리율 성능이 향상되었다. 또한, 제안 프로토콜에서는 먼 거리에 배치된 사물인터넷 디바이스들이 주변 Wi-Fi 단말의 Uplink 데이터 신호를 활용하여 확률적으로 데이터를 전송할 수 있기 때문에 전송 확률에 따라 처리율 성능이 다르다. 전송 확률이 너무 높을 경우 데이터 전송 간 충돌이 발생할 확률이 증가하게 되며, 너무 낮을 경우 데이터 전송을 시도하지 않을 수 있기 때문에, 태그 수에 따라 적절한 전송 확률을 선택이 필요하다.

Parameter	Value
Wi-Fi 단말 개수	100, 300, 500
데이터 전송 확률	0.1 ~ 0.9
근거리 Tag 개수	50
원거리 Tag 개수	5

표 1. 시뮬레이션 파라미터

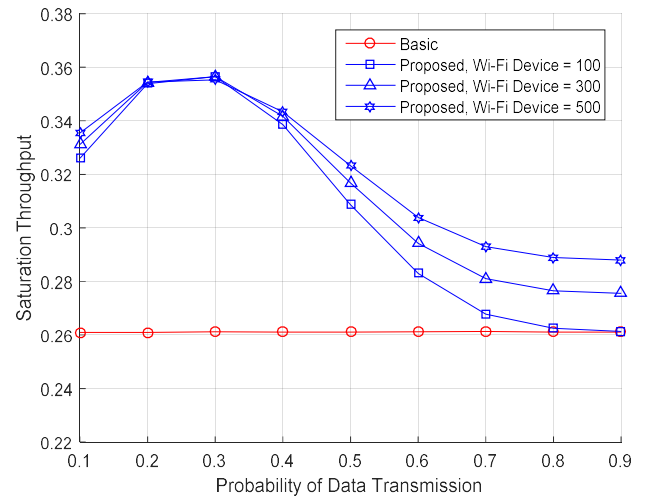


그림 3. 데이터 전송 확률에 따른 처리율

IV. 결론

본 논문에서는 Reader, Emitter, 사물인터넷 디바이스로 구성된 Bistatic 백스캐터 네트워크와 Wi-Fi 단말, AP가 공존하는 무선 센서 네트워크에서 Wi-Fi 단말의 보조를 통해 사물인터넷 디바이스의 처리율 성능을 향상시킬 수 있는 프로토콜을 제안하였다. Reader는 Wi-Fi 단말의 Uplink 자원 정보를 수신하고, 해당 정보를 포함한 Query Rep. 메시지를 전송하여 사물인터넷 디바이스에게 알릴 수 있다. 또한, Query Rep. 메시지를 수신한 사물인터넷 디바이스는 먼 거리에 배치되더라도 Wi-Fi 단말의 보조를 통해 데이터를 전송할 수 있다. 이를 통해, 사물인터넷 디바이스의 데이터 처리율을 향상시킬 수 있으며 에너지를 효율적으로 활용할 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2018R1A2B6009348, 2014R1A5A1011478)

참고 문헌

- [1] Y. Xie, Z. Xu, Y. Zhong, J. Xu, S. Gong, and Y. Wang, "Backscatter-Assisted Computation Offloading for Energy Harvesting IoT Devices via Policy-based Deep Reinforcement Learning," in *Proc. of 2019 IEEE/CIC International Conference on Communications Workshops (ICCC Workshops)*, Changchun, May 2019.
- [2] Z. Yang, L. Feng, Z. Chang, J. Lu, R. Liu, M. Kadoch, and M. Cheriet, "Prioritized Uplink Resource Allocation in Smart Grid Backscatter Communication Networks via Deep Reinforcement Learning," *Electronics*, vol. 9, no. 622, pp. 1–16, Apr. 2020.
- [3] B. Ji, B. Xing, K. Song, C. Li, H. Wen, and L. Yang, "The Efficient BackFi Transmission Design in Ambient Backscatter Communication Systems for IoT," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 31397–31408, Feb. 2019.