

UWB 동시 전송 시스템의 성능 분석

박지민, 박종연, 박세웅
서울대학교, 전기정보공학부 뉴미디어통신연구소

jmpark@netlab.snu.ac.kr, jypark@netlab.snu.ac.kr, sbahk@snu.ac.kr

Analysis and Performance Evaluation of UWB Concurrent Transmission

Jimin Park, Jongyeon Park, Saewoong Bahk
Department of Electrical and Computer Engineering, INMC, Seoul National University

요약

동시전송을 통한 UWB (ultra-wide bandwidth) 기반의 데이터 수집 시스템은 별도의 MAC 프로토콜과 routing 방식 없이 기존 IoT 시스템에서 제공하는 서비스를 대체 할 수 있다. 본 논문에서는 실제 테스트베드에서의 실험을 통해 UWB 기반 데이터 수집 시스템의 성능을 확인하고, 물리적 거리에 따라 수신기의 우선순위가 결정되는 문제점을 확인했다.

I. 서론

최근 UWB (ultra-wide bandwidth)는 뛰어난 거리 측정 정확도를 바탕으로 다양한 IoT (internet of things) 응용 분야에서 활용되고 있다. 또한 높은 처리량을 요구하는 통신 시스템에 대한 수요가 증가함에 따라, 동시전송을 기반으로 UWB 를 활용한 다양한 연구가 진행되고 있다.

동시전송 관련 연구는 Glossy[1]를 기점으로 zigbee 를 포함한 기존의 무선 통신 기술 분야에서 진행되어 왔다. 동시 전송 기술은 높은 정확도, 낮은 지연 시간, 그리고 효율적인 에너지 사용을 가능하게 한다. 하지만 동시전송이 요구하는 정밀한 시간 동기화는 기존 통신 기술만으로 달성하기 어려우며, 이로 인해 기존 통신 시스템에서의 동시전송은 실용성이 제한되고 있다. 반면, UWB 는 매우 높은 시간 정밀도를 제공하여 동시전송을 사용하기 적합하며, 이를 통해 별도의 MAC 프로토콜과 routing 방식 없이 UWB 통신의 성능을 향상시킬 수 있다.

하지만 동시전송기반 UWB 데이터 수집 시스템은 아직 해결되지 못한 여러 문제들을 내포하고 있다. 본 논문에서는 실험을 통해 해당 시스템의 문제 상황을 확인하고 이에 대한 원인을 분석하고자 한다.

II. 본론

본 논문에서는 UWB 기반의 최신 데이터수집 기술인 Weaver[2]를 이용하여 UWB 기반의 동시전송 성능을 분석했다. Weaver 는 capture 효과와 보강간섭을 활용한 many to one 형태의 데이터 수집 시나리오를 기반으로 한다. 또한 트래픽이 매우 적고 비주기적으로 발생하는 센서 네트워크 환경에서 높은 신뢰도와 높은 에너지 효율성을 보장하고 있다.

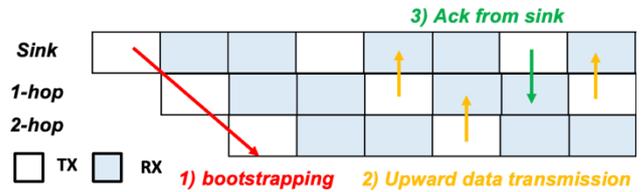


그림 1. Weaver 의 프레임워크

Weaver 는 epoch 단위로 동작을 하며, 하나의 epoch 의 시스템구조는 그림 1 과 같이 부트스트래핑 과정과 데이터 및 ACK (acknowledgement) 전송 과정을 포함한다. 부트스트래핑 과정에서는 네트워크 전체 시간 동기화를 조정하고, 각 노드들의 싱크와의 홉 거리를 설정한다. 이후 TX-RX-RX 슬롯 구조를 활용하여 데이터 및 ACK 전송을 수행한다. 이러한 슬롯 구조는 1 홉 거리의 전송에 대해 하위 홉에서 올라오는 upward 데이터의 수신과 상위에서 하위로 내려오는 downward ACK 데이터 수신 사이의 간섭을 제거했다. 이를 통해 Weaver 는 더 빠르고 높은 신뢰도를 보장하는 UWB 기반의 데이터수집 시스템을 구축했다.

하지만 동시전송의 특성상, 트래픽이 늘어남에 따라 충돌 확률이 증가하고 많은 재전송을 필요로 한다. 본 논문에서는 실험을 통해 Weaver 의 성능을 분석하고 throughput 과 에너지 효율성을 제한하고 있는 Weaver 의 구조적인 문제점을 파악했다.

실험은 EVB1000 보드로 구성된 Cloves testbed [3]에서 이루어졌다. 하나의 sink 노드와 35 개의 originator 노드를 최대 3 홉 거리를 형성하도록 배치했다. 각 epoch 에서 35 개의 originator 노드가 싱크로 향하는 패킷을 생성하고, 싱크가 모든 패킷을 수신하면 해당 epoch 를 종료했다. 총 500 번의

epoch 에 대한 반복 실험을 수행했으며, 결과는 그림 2 와 같다.

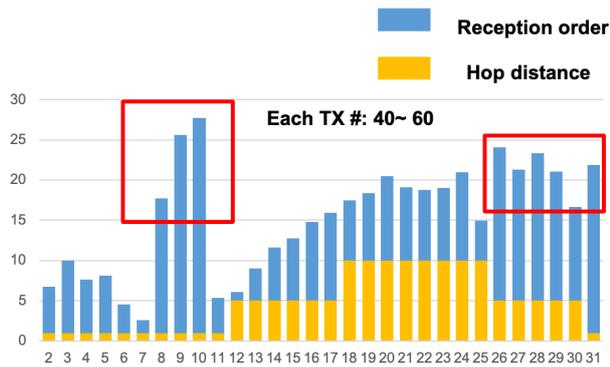


그림 2. 평균 수신 순서 (iteration: 500)

X 축은 각 노드의 번호를, Y 축은 35 개의 노드가 실험 동안 싱크로 향하는 패킷을 평균적으로 수신한 순서를 나타낸다. 결과를 통해, 동일한 홉에 위치하더라도 싱크와 물리적으로 가까운 노드들의 전송이 수신에서 선점되며, 거리가 먼 노드들의 전송은 이후 순서로 수신되는 것을 확인할 수 있다. 이러한 현상은 동시전송에서 거리가 가까울수록 수신이 유리하게 이루어지기 때문이다.

거리에 기반한 수신 우선순위는 비효율성을 발생시킨다. 동일 홉 내에서 가까운 노드들은 빠르게 싱크로 데이터를 전송하고, 이후 하위 홉에서 올라오는 데이터 전송을 relaying 한다. 그러나 동일 홉 내의 거리가 먼 노드들의 전송은 상위 홉과 상대적으로 가까운 노드들의 전송으로 인해 지속적인 실패를 겪게 된다. 다시 말해, 동일 홉 내의 거리가 먼 노드들은 하위 홉 데이터의 전달을 하지 못하고, 자신의 데이터를 전송하기 위해 무수히 많은 재전송을 시도한다. 이러한 결과로 데이터 수집의 효율성이 감소하며, 더 많은 에러 발생과 에너지 효율성, 시스템 신뢰도에 대한 비효율성이 발생함을 확인할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 UWB 기술을 활용한 동시전송데이터 수집 시스템인 Weaver 에서 발생하는 문제점을 분석했다. 실험 결과를 통해 거리가 가까운 노드들의 수신 우선순위가 높아지는 현상을 확인했다. 가까운 노드들은 자신의 데이터 수신 성공 이후에 하위 홉의 데이터 전송을 지원하게 되어, 동일 홉 내의 거리가 먼 노드들의 전송이 계속해서 실패하게 되었다.

이로 인해 싱크와 1 홉 거리에 있지만 물리적으로 거리가 먼 노드들의 데이터 수신이 지연되고, 결과적으로 전체 데이터 수집 시스템의 throughput 과 노드들의 에너지 효율에 악영향을 주는 비효율성이 발생함을 확인했다.

향후 UWB 기술을 활용한 데이터 수집 시스템의 성능을 향상시키기 위해서는 이러한 문제를 해결하여 시스템의 에너지 효율성과 신뢰도를 동시에 보장할 수 있는 방안을 모색해야 한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 생물다양성 위협 외래생물 관리 기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다. (2021002280002)

참 고 문 헌

- [1] F. Ferrari, M. Zimmerling, L. Thiele, and O. Saukh. Efficient Network Flooding and Time Synchronization with Glossy. In Proc. of IPSN, 2011
- [2] M. Trobinger, D. Vecchia, D. Lobba, T. Istomin, and G. P. Picco. 2020. One flood to route them all: Ultra-fast convergecast of concurrent flows over UWB. In Proc. of the ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems, In Proc. of SenSys'20.
- [3] D. Molteni et al. 2022. Poster abstract: Cloves: A Large-scale Ultra-wideband Testbed. In Proc. of SenSys.