

MATLAB 기반 무선랜 분산 안테나 시스템 시뮬레이터 구현 및 상향 트래픽 상황에서의 성능 분석

박종연, 이강현, 박세웅

서울대학교 전기 정보 공학부 뉴미디어통신공동연구소

{jypark, khlee}@netlab.snu.ac.kr, sbahk@snu.ac.kr

Implementation and Evaluation of MATLAB based WLAN Distributed Antenna System Simulator for Uplink Traffic

Jongyeon Park, Kanghyun Lee, and Saewoong Bahk

Department of Electrical and Computer Engineering and INMC

Seoul National University

요 약

본 논문은 IEEE 802.11ax 와 DAS 를 접목하여 MATLAB 기반의 MAC level 시뮬레이터를 구현하였으며 다양한 환경에서의 시뮬레이션을 통하여 DAS 의 상향 트래픽 성능에 대해 분석하고 성능 감소의 요인을 확인하였다.

I. 서 론

폭발적으로 증가하는 모바일 트래픽을 지원하기 위해 무선랜은 multi-antenna 를 활용한 기술을 도입하였고, 기술의 발전에 발맞춰 둘 이상의 안테나를 탑재한 AP(Access Point)가 보편화 되었다. Multi-antenna 를 이용하여 무선랜의 성능을 향상시키는 연구들은 주로 AP 주위에 안테나를 배치하여 안테나가 밀집된 형태로 존재하는 시스템(CAS, Co-located Antenna System, 그림 1-(a))에서의 MIMO(Multiple Input Multiple Output) 기술에 집중되었다. 반면, MIDAS[1]는 MIMO 를 사용함에 있어 밀집된 형태의 안테나 배치에서 벗어나 안테나를 분산 배치 시스템(DAS, Distributed Antenna System, 그림 1-(b))을 적용하여 무선랜의 성능을 향상시켰다. 이는 송수신 안테나 사이의 거리를 줄이고 간섭을 주는 안테나와의 거리는 증가시킴으로써 평균 SINR(Signal to Interference plus Noise Ratio)을 증가시키기 때문이다. 하지만 MIDAS 는 하향 트래픽만을 고려하여 상향 트래픽 상황에서의 경향성은 보여주지 못하였다. 이에 본 논문에서는 MATLAB 기반의 MAC level DAS simulator 를 개발하고 이를 이용해 상향 트래픽 상황에서의 DAS 의 효율성을 확인하고자 한다.

II. 본론

1) 시나리오

본 논문에서는 single stream 환경에서의 상향 링크 성능 확인을 목표로 한다. 또한 DAS 안테나가 거리를 두고 위치하게 하였고 AP 에서만 사용 가능하게 하였다. CAS 는 여러 개의 AP 가 DAS 의 안테나의 역할을 대신하게 하였다. 마지막으로 단말 간의 신호 또는 간섭에 의한 영향만을 고려하였다.

2) 시뮬레이터 설계 및 가정

앞선 single stream 시나리오를 만족하기 위해 AP 의 하나의 안테나에서 송신 혹은 수신 동작을 수행하는 시점에 AP 의 다른 안테나들은 별도의 동작을 하지 않게 설계하였다. 또한 다음의 가정을 통하여 결과에 영향을 줄 수 있는 요소들을 제한하였다. 둘째, SNR(Signal to Noise Ratio)을 기반으로 사용할 MCS(Modulation Coding Scheme)를 설정하였고 정해진 MCS 는 전송 성공 유무와 상관없이 유지한다. 이때 MCS 는 차세대 무선랜 표준 IEEE 802.11ax[3]에 정의된 값을 참조하였다. 둘째, 패킷 전송 성공 유무는 SINR 을 통하여 확률적으로 결정하였다. 이를 위해 MATLAB 에서 제공하는 packet error rate simulation [2] 결과를 활용하였다. 셋째, 단말(STA)이 동시에 backoff counter 가 0 이 되어 발생하는 충돌은 시뮬레이션에서 제외하였다.

3) 시뮬레이션 변수 및 환경 설정

AP 와 STA 의 위치에 따른 UL(Uplink) 수율을 확인하기 위하여 두 AP (또는 AP 의 안테나) 사이의 거리 d_{AP} (와 AP (또는 AP 의 안테나)와 STA 사이의 거리(d_{STA}))를 증가시키며 실험을 진행하였으며 자세한 토폴로지는 그림 2 와 같다. STA 은 가까운 AP 에 연결되게 설정하였으며 STA 은 포화된 트래픽을 갖게 하였다. 또한 전송 시간이 5.4ms 를 넘지 않는 한도 내에서 A-MPDU 크기를 최대치로 설정하였다. 시뮬레이션에 사용된 다른 WLANs 관련 파라미터는 표 1 과 같다.

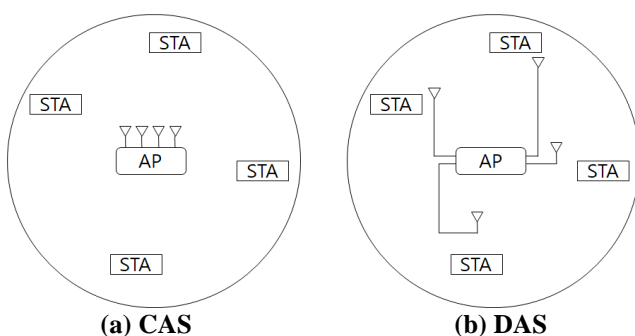


그림 1. CAS vs DAS

표 1. 시뮬레이션 파라미터

파라미터	값	파라미터	값
Slot time	9 us	CWmin	15
SIFS	16 us	CWmax	1023
DIFS	34 us	수행 시간	1 sec
AP Tx power	20dBm	STA Tx power	15dBm

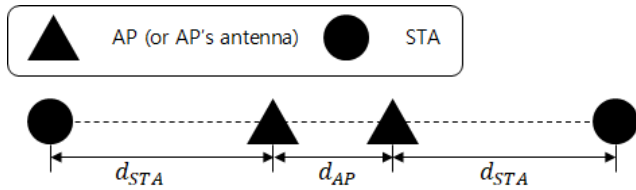


그림 2. 시뮬레이션 토폴로지

4) 시뮬레이션 결과 및 분석

위 시뮬레이션 환경에서 전체 상향 트래픽 수율을 DAS 와 CAS 시나리오에 따라 측정하였으며 DAS 를 통한 향상된 수율의 비율(수율_{DAS}/수율_{CAS})을 그림 3 에 표현하였다. 시뮬레이션 결과는 다음 세가지 분류로 구분 및 분석 가능하다.

1. 수율_{DAS}=수율_{CAS}
2. 수율_{DAS}<수율_{CAS}
3. 수율_{DAS}>수율_{CAS}

첫째, 모든 단말이 서로의 감지 범위에 속해 있는 상황으로 DAS 와 CAS 시나리오 모두에서 하나의 STA 만이 전송을 시도하는 경우이다. 둘째, 공간 재사용이 가능할 정도로 두 BSS 가 떨어진 상황으로 CAS 에서는 두 STA 이 공간 재사용을 통해 동시 전송을 수행하지만, DAS 에서는 하나의 안테나만이 활성화되어 공간 재사용을 하지 못하는 경우이다. 셋째, 두 STA 이 hidden 상황으로 서로의 전송이 간섭을 일으키지만 동시 전송을 수행하는 상황이다. A-MPDU 를 전송함에 있어 적어도 하나의 MPDU 가 전송 성공할 시 block ACK 을 전송하므로 두 STA 은 낮은 SINR 과 높은 PER 에도 불구하고 계속하여 전송을 시도하게 된다. 이는 rate control 을 통한 A-MPDU 의 길이 및 MCS 의 변화를 고려하지 않았기에 발생하는 문제이다. 반면 DAS 에서는 동시 전송이 발생하더라도 적어도 하나의 전송은 실패를 하게 된다. 이러한 상황이 반복되어 하나의 STA 만이 전송 기회를 얻고 다른 STA 은 대부분의 시간을 backoff counter 값을 줄이는데 할애한다.

앞선 결과를 통해 상향 트래픽 전송 환경에서 DAS 는 공간 재사용을 원활하게 하지 못해 STA 간 hidden 상황에서 공정성에 문제를 발생시키는 것을 확인할 수 있다.

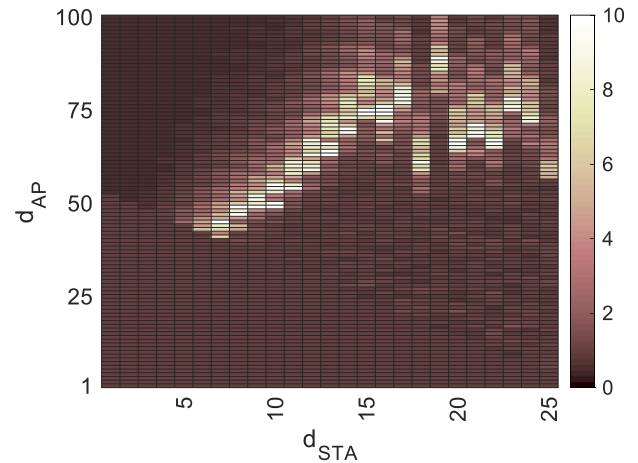


그림 3. 거리에 따른 수율 비율

III. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.11ax 무선랜에 DAS 를 적용하는 MATLAB 기반 시뮬레이터를 개발하였고, 이를 활용해 상향 트래픽 환경에서 DAS 와 CAS 의 성능을 비교하고 분석하였다. 또한 시뮬레이션 결과를 통해 DAS 기술이 갖는 문제점들을 지적하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2017R1E1A1A01074358).

참고 문헌

- [1] Xiong, Jie, et al. "MIDAS: Empowering 802.11 ac networks with multiple-input distributed antenna systems." Proceedings of the 10th ACM International on Conference on emerging Networking Experiments and Technologies. 2014.
- [2] MathWorks, 802.11ax Packet Error Rate Simulation for Single User Format, [Available] <https://kr.mathworks.com/help/wlan/examples/802-11ax-packet-error-rate-simulation-for-single-user-format.html#HESUEExample-10>
- [3] IEEE Draft Standard for Information Technology - Telecommunications and Information Exchange Between Systems Local and Metropolitan Area Networks - Specific Requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 6: Enhancements for High Efficiency WLAN, " in IEEE P802.11ax/D3.0, July 2018.