

IEEE 802.11ax UORA에서 다양한 RA-RU의 분배 방식에 따른 결합 지연 시간 성능 분석

김병찬, 김영부, 오승민

공주대학교 컴퓨터공학부

qudcks961111@kongju.ac.kr, 0bookim@kongju.ac.kr, smoh@kongju.ac.kr

Performance Analysis of Association Delay for Various RA-RU Distribution Way in IEEE 802.11ax UORA

Byoungchan Kim, Youngboo Kim, Seungmin Oh

Kongju Natl. Univ. Dept. of Computer Science & Engineering

요 약

IEEE 802.11ax 무선랜 표준에서 UORA(Uplink OFDMA Random Access)는 OFDMA에서 단말의 상향링크 전송을 지원하기 위한 채널 접속 기법이며, UORA에서 무선 자원의 최소단위는 RA-RU(Random Access Resource Unit)이다. 또한, RA-RU 중 일부는 단말의 상향링크 데이터 전송을 위해 허용되고, 다른 일부는 AP와 결합 되지 않은 단말의 결합 절차를 위한 프레임 교환에 이용될 수 있으며, 서로 다른 유형의 RA-RU가 차지하는 비중이 UORA 성능에 미치는 영향을 분석할 필요가 있다. 이를 위해, 본 논문에서는 RA-RU의 다양한 분배 방식이 UORA의 성능에 미치는 영향을 확인하기 위한 모의실험을 진행하였으며, 단말의 결합 지연 성능과 상향링크의 처리량 측면에서 상충 관계가 있음을 확인하였다.

I. 서론

무선랜에 대한 최근의 표준인 IEEE 802.11ax [1]에서는 무선 장치들이 밀집한 환경에서 단말에게 안정적인 통신 서비스를 제공하기 위해 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)를 도입하였으며, 또한 OFDMA 기반으로 단말의 상향링크 전송을 지원하기 위해 UORA(Uplink OFDMA-based Random Access)라는 새로운 채널 접속 기법도 정의되었다. RU(Resource Unit)는 IEEE 802.11ax에서 무선 자원의 단위로, 20MHz의 대역폭을 기준으로 최소 26개부터 최대 242개까지의 부반송파의 그룹으로 구성된다.

한편, 단말의 상향링크 전송을 위한 방법은 스케줄링 방식과 랜덤한 방식인 UORA로 분류되며, UORA를 위해 할당된 RU를 RA-RU(Random Access-RU)라고 한다. 또한, UORA에서 RA-RU의 유형은 단말의 상향링크 데이터 전송을 위해 허용되는 RA-RU와, AP(Access Point)와 결합 되지 않은 단말의 결합 절차를 지원하기 위한 프레임 교환에 이용되는 RA-RU로 나뉘며, 각각의 비율은 단말의 상향링크 처리량 성능과 단말이 AP와 결합하는데 걸리는 시간에 영향을 미치므로, 네트워크 상황에 따라 두 RA-RU가 차지하는 비중의 영향을 분석할 필요가 있다. 이를 위해, 본 논문에서는 RA-RU의 다양한 분배 방식이 UORA의 성능에 미치는 영향을 확인하기 위한 모의실험을 진행하였으며, 단말의 결합 지연 시간과 상향링크의 처리량 측면에서 상충 관계가 있음을 확인하였다.

II. UORA 동작 방법과 RA-RU 분배 방식

AP는 UORA를 통한 단말의 상향링크 전송을 허용하기 위해 단말에게 TF(Trigger Frame)을 브로드캐스팅한다. 단말은 TF 내의 정보를 이용해서, RA-RU의 수와 각 RA-RU에 대응하는 AID(Association ID)를 알 수 있다. 만약 RA-RU의 AID의 값이 0이면, 해당 RA-RU는 AP와 연결된 모든 단말의 결합과 데이터 전송이 허용되며, AID가 2045인 경우에는 AP와 연결되지 않은 단말들이 AP와 결합을 위한 연결 요청 프레임을

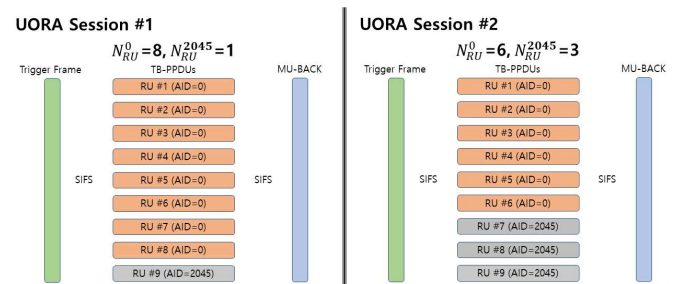


그림 1 IEEE 802.11ax에서 UORA의 동작

전송할 때 사용될 수 있다. 또한, TF에는 RA-RU에 대한 정보 이외에도 채널 접속 경쟁을 위한 정보인 OFDMA Contention Window 값 OCW 의 범위인 (OCW_{min}, OCW_{max})의 값이 정의되어 있다. OCW_{min} 과 OCW_{max} 는 각각 경쟁 윈도우의 최소값과 최대값이며, 전송이 충돌로 인해 실패하면 이 범위내에서 OCW 값이 증가하고 성공하면, OCW 값이 최소값으로 초기화 된다. 단말은 OCW 값 내에서 랜덤한 정수 OFDMA Backoff 값 OBO 값을 결정하며, TF 수신 이후 OBO 값에 RA-RU의 수 만큼 감소시킨 값이 0 이하이면 임의의 RA-RU에 전송을 시도한다.

그림 1은 RA-RU가 총 9개인 경우에서 UORA를 통해 단말이 상향 링크 전송을 시도하는 과정을 나타낸 것이다. 첫 번째 UORA 세션에서는 총 9개의 RA-RU 중 AID가 0인 RA-RU의 개수가 8($N_{RU}^0=8$)이며, AID 2045인 RA-RU의 개수가 1개($N_{RU}^{2045}=1$)인 상황으로, 이 경우, 단말은 데이터 전송을 목적으로 총 8개의 RA-RU 중 어느 1개의 RA-RU에 결합하기 위한 채널 접속 경쟁을 시도하며, 나머지 1개의 RA-RU에서는 단말들이 AP와의 결합 절차를 위한 제어 프레임을 전송하기 위한 채널 접속 경쟁이 시도된다. 두 번째 UORA 세션에서는 $N_{RU}^0=6$, $N_{RU}^{2045}=3$ 의 상황이 고려되었으며, 단말과의 데이터 전송을 위한 6개의 N_{RU}^0 채널과 미결합된 단말과의 결합 절차를 위한 3개의 N_{RU}^{2045} 채널이 할당된다. 두 번째 UORA 세션은 첫 번째 UORA 세션에 비교하여 N_{RU}^{2045} 가 더 크기 때문에

표 1 성능 분석을 위한 실험 환경

Parameter	Values
Simulation time	60.0 sec
OCWmin	7
OCWmax	31
MCS	5 (64QAM, 2/3)
PHY header	40 usec
SIFS	16 usec
Trigger frame	100 usec
Block ack	68 usec
Frame size	2000 byte
Bandwidth	20 MHz
Number of nodes	50 ~ 230

BSS(Basic Service Set) 내에 더 많은 단말이 더 짧은 주기로 진입하는 네트워크 환경이라면, 결합 지연 시간은 감소할 수 있다는 장점이 있을 수 있다. 반면, N_{RU}^0 는 더 작아지므로 단말들이 보내야 할 데이터가 누적된 상황이라면, 처리량 측면에서 이득이 감소한다는 단점이 있을 수 있다. 이 처럼 RA-RU에 채널 분배 방식을 다양하게 분배될 수 있으며, 네트워크 상황에 따라 이를 적절히 분배할 필요가 있다.

III. 모의실험 및 성능 분석

모의실험에서 주요 파라미터값들은 표 1과 같다. RA-RU의 수는 대역폭이 20MHz일 때 가능한 최대 개수인 9개로, 이 중, N_{RU}^0 와 N_{RU}^{2045} 의 수의 서로 다른 조합 4가지의 경우에 대하여, 결합 지연 시간과 처리량 측면에서의 성능을 관찰하였다. 또한, 모의실험에서 초기의 단말 수는 50개이며, 이후 매초 3개씩 새로운 단말이 진입하여 AP와 결합 절차를 수행하여 최대 230개까지 증가한다.

그림 2는 RA-RU 분배 방식에 따라, 단말의 결합 지연 시간을 시간에 따라 나타낸 것이다. 먼저, $(N_{RU}^0, N_{RU}^{2045}) = (8, 1)$ 은 4가지 RA-RU 분배 방식 중 가장 많은 RA-RU가 데이터 전송을 위해 할당되고 가장 작은 수의 RA-RU가 단말의 결합 절차를 위해 할당된 경우로, 단말의 결합 지연 시간의 평균은 14.85 msec으로 4가지 경우 중 가장 크다. 반면, $(N_{RU}^0, N_{RU}^{2045}) = (1, 8)$ 은 N_{RU}^{2045} 의 비율이 가장 높은 경우로, 평균 결합 지연 시간은 3.44 msec로 가장 작으며, $(N_{RU}^0, N_{RU}^{2045}) = (8, 1)$ 의 23% 수준에 불과하다. $(N_{RU}^0, N_{RU}^{2045}) = (6, 3)$ 과 $(N_{RU}^0, N_{RU}^{2045}) = (4, 5)$ 의 경우에서 평균 결합 지연 시간은 각각 6.76과 4.45 msec으로 N_{RU}^{2045} 가 크면, 결합 절차를 위한 전용의 무선 자원이 증가하여, 결합 지연 시간이 감소함을 알 수 있다.

N_{RU}^{2045} 를 가능한 최댓값으로 설정하는 것은 결합 지연 시간 측면에서의 분명한 성능 향상 효과가 있지만, 처리량 측면에서 성능은 크게 감소하게 된다. 그림 3은 RA-RU의 분배 방식에 따른 처리량 성능을 나타낸 것으로, 시간이 지남에 따라 데이터 전송을 위해 채널 접속 경쟁을 시도하는 단말이 증가하므로 공통적으로 처리량 성능이 감소한다. 단, 데이터 전송을 위한 RA-RU의 수에 따라 처리량 성능의 감소 수준에는 차이가 있다.

예를 들어, 약 10초 이후, $(N_{RU}^0, N_{RU}^{2045}) = (1, 8)$ 에서의 처리량은 0.07 Mb/s로 가장 작지만, $(N_{RU}^0, N_{RU}^{2045}) = (8, 1)$ 에서는 처리량은 약 2.59 Mb/s로 $(N_{RU}^0, N_{RU}^{2045}) = (1, 8)$ 의 37배 높다.

III. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.11ax의 UORA에서 두 유형의 RA-RU 분배 방식이 미치는 영향을 모의실험을 통해 확인하였다. 향후 연구에서는 보다 다양한 네트워크 환경에서의 성능을 확인하고, RA-RU 적절히 분배하는 방법에 관해 연구한다.

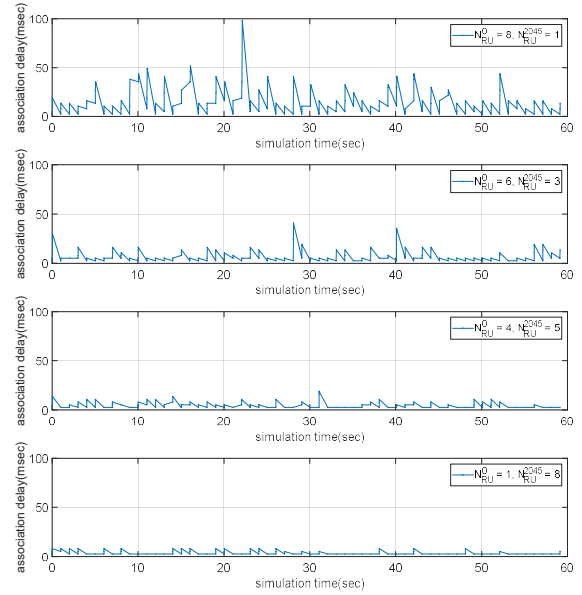


그림 2 RA-RU 분배 방식에 따른 결합 지연 시간

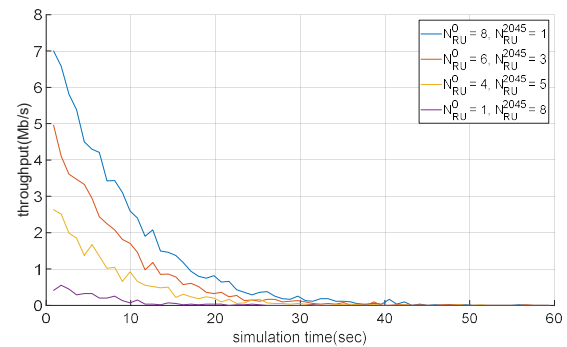


그림 3 RA-RU 분배 방식에 따른 처리량 성능

ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2020R1C1C1010692).

이 논문은 2021년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2021R1I1A1A01047630)

참고 문헌

- [1] "IEEE P 802.11ax™/D2.2 Draft Standard for information technology - Telecommunications and information exchange between systems - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications -Amendment 6: Enhancements for High Efficiency WLAN," the 802.11 Working Group of the 802 Committee, 2018.