

# 무선 랜 밀집 지역에서 전송률 향상을 위한 다중 사용자 OFDMA 기반 랜덤 액세스 프로토콜

황 경 호\*

## Multuser OFDMA-Based Random Access Scheme for Throughput Enhancement in Dense Wireless LANs Area

Gyung-Ho Hwang\*

요 약

무선 랜 밀집 지역에서 기존의 CSMA/CA 방식의 MAC 프로토콜을 사용하는 경우 다중 사용자들의 동시 접속에 의한 패킷 충돌로 인해 성능이 심각하게 저하된다. 새로 만들어지는 IEEE 802.11ax 표준에서는 다중 사용자들이 동시에 서로 다른 부반송파들의 집합으로 패킷을 전송하는 직교 주파수 분할 다중 접속 프로토콜을 제공한다. 본 논문에서는 이전 프레임에서의 접속 결과를 활용한 랜덤 액세스 방식을 제안하고, 시뮬레이션을 통해 성능을 분석하였다. 제안한 방안이 표준안을 따르는 랜덤 액세스 방식에 비해서 전송 성공률이 높아진 것을 볼 수 있었다.

**Key Words** : 802.11ax, OFDMA, dense area, multiuser, random access

ABSTRACT

In dense wireless LANs area, the performance of conventional CSMA/CA MAC protocol is severely degraded due to collisions among transmission packets of many users. The IEEE 802.11ax standard proposed OFDMA random access procedure where multi-users are able to transmit packets

simultaneously via different sets of sub-carriers. In this paper, the new modified OFDMA random access scheme using the access results on previous frame is proposed and evaluated using computer simulations. The simulations results show that the proposed scheme has better performance compared to the procedure specified in the standard.

### I. 서 론

무선 랜 사용 단말의 증가로 물리계층에서의 최대 전송 속도는 사용자들이 밀집된 환경에서는 의미가 없는 숫자가 되었다. 무선 랜 밀집 지역에서의 평균 전송률을 높이기 위해 IEEE 802.11ax 표준은 여러 방법들을 제시하고 있으며 이 중에서 다중 사용자를 위한 OFDMA 기반의 랜덤 액세스 방식을 지원한다.<sup>[1]</sup> 기존 무선 랜은 한 채널의 대역폭을 한 단말이 모두 사용하는 OFDM 방식을 사용한 반면, 서로 다른 부반송파를 통해 다중 사용자들이 동시에 패킷을 전송하는 OFDMA 방식을 사용하기 위해서는 단말들의 패킷 전송에 대한 동기화 문제를 해결해야 한다. 이를 위해 IEEE 802.11ax 표준안에서는 AP가 트리거 프레임을 먼저 전송해서 단말들이 동일한 시간에 패킷을 전송할 수 있도록 한다.

OFDMA를 사용하는 무선 랜의 성능 향상을 위해 중앙 제어와 분산형 랜덤 액세스 방식을 혼합한 MAC 프로토콜을 제안하였으나<sup>[2]</sup> IEEE 802.11ax 표준방식과의 차이로 적용이 어려울 수 있다. 또한 full duplex 기반의 OFDMA 프로토콜을 제안하였으나<sup>[3]</sup> 프로토콜의 구현 복잡도가 높다.

### II. IEEE 802.11ax OFDMA 방안

IEEE 802.11ax 표준에서는 OFDMA 전송 방식을 사용하기 위해 전체 부반송파를 resource unit(RU)이라는 여러 개의 그룹으로 나눈다. 한 채널이 20MHz의 대역폭을 사용할 때는 26개의 부반송파가 하나의 RU가 되고, 전체 9개의 RU가 존재한다. 52, 106, 242개의 부반송파가 하나의 RU가 될 경우에는 각각 4, 2, 1개의 RU가 존재한다.

AP는 OFDMA 접속에서만 사용하는 OFDMA contention window(OCW)의 최소값(OCWmin)과 최

\* 이 논문은 2015년도 한밭대학교 교내학술 연구비의 지원을 받았다.

• First Author : Hanbat National University, Department of Computer Engineering, gabriel@hanbat.ac.kr, 종신회원  
논문번호 : KICS2017-10-312, Received October 17, 2017; Revised November 22, 2017; Accepted December 15, 2017

대값(OCW<sub>max</sub>)을 Beacon 또는 Probe Response 프레임임을 통해 단말들에게 알려준다. OCW는 초기에 OCW<sub>min</sub> 값을 가지고 단말은 OFDMA 랜덤 액세스 접속에 사용하는 OFDMA backoff(OBO) 값을 내부적으로 갱신하면서 유지한다. 단말은 패킷을 처음 전송할 때 OBO 값을 0과 OCW<sub>min</sub> 사이의 랜덤 값으로 선택한다. AP는 랜덤 액세스를 시작하는 트리거 프레임을 전송하면서 각 RU에 대한 Association ID(AID) 값을 설정하여 해당 RU로 전송 가능한 단말을 구분한다. AID가 0 이면 AP에 접속한 모든 단말이 랜덤 액세스를 할 수 있으며 2045 일 경우에는 AP에 접속되지 않은 단말이 랜덤 액세스를 통해 패킷을 전송할 수 있다.

AP에 접속된 단말의 OBO 값이 트리거 프레임에서 AID를 0으로 할당된 RU의 개수 보다 작으면 OBO를 0으로 만들고, 그 외에는 할당된 RU 개수만큼 OBO 값을 줄인다. AP에 접속되지 않은 단말의 경우에는 OBO를 AID=2045에 할당된 RU의 개수만큼 줄이며, 만일 OBO 값이 할당된 RU 개수보다 작으면 0으로 설정한다. 단말의 OBO 값이 0이 되면, 할당된 RU들 중에서 하나를 랜덤하게 선택해서 패킷을 전송한다. 만일 OBO가 0이 아닌 경우에는 다음 트리거 프레임에서 같은 방법으로 OBO 값을 감소하면서 0이 되는지 확인한다.

랜덤하게 선택한 RU를 통해 전송한 패킷이 성공했을 경우 단말은 OCW를 OCW<sub>min</sub>으로 다시 설정하며 전송한 패킷이 실패할 경우 자신의 OCW를 2×OCW+1 로 바꾸고, 0과 OCW 범위에서 랜덤하게 값을 선택한다. 만일 OCW값이 OCW<sub>max</sub> 보다 커지면 OCW<sub>max</sub> 값으로 계속 유지한다. AP는 다중 단말을 위한 BlockAck 프레임을 사용해 수신한 패킷에 대한 ACK를 전송한다.

그림 1은 다중 사용자 OFDMA 랜덤 액세스 절차를 보여준다. 트리거 프레임을 통해 할당된 RU가 9개 이고, 이중 4개는 AID를 0으로 할당하여 접속된 모든 단말이 사용할 수 있고, 3개는 AID를 2045로 설정하여 AP에 접속하지 않은 단말에게 할당하였다. STA 1, 2, 4는 AID값이 각각 5, 7, 8이고, STA 3은 아직 AP와 연결되지 않은 상태이다. STA 1, 2 는 초기 OBO 값으로 5와 1을 선택하였고 AID가 0인 단말에 할당된 RU가 4개이므로, STA 1은 OBO를 5에서 4를 뺀 1을 유지하고, STA 2는 0이 되어 4개 RU 중에서 랜덤하게 하나(여기서는 RU 3)를 선택해서 패킷을 전송한다. STA 3은 초기 OBO 값인 3에서 AID가 2045로 할당된 RU의 개수가 3이기 때문에 3-3=0이 되어, 이

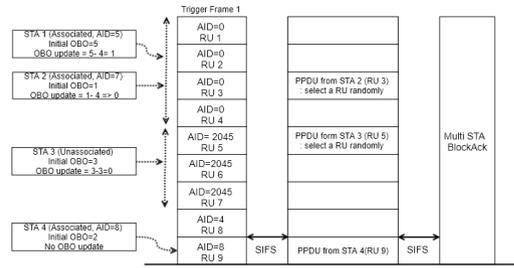


그림 1. 다중 사용자 OFDMA 랜덤 액세스 절차  
Fig. 1. Multiuser OFDMA random access procedure

번 프레임에서 3개의 RU 중에서 한 개를 랜덤하게 선택(여기서는 RU 5)해서 패킷을 전송한다. STA 4의 경우에는 자신의 AID인 8에 대해서 직접 할당을 했기 때문에 OBO 값을 유지되고 할당된 RU 9을 통해 패킷을 전송한다.

### III. 제안하는 OFDMA 접속 방안

본 논문에서는 표준안의 OFDMA 랜덤 액세스 방식에 기반을 두고 단말의 접속 성공률과 수율을 높이기 위해 이전 프레임에서 단말들이 각 RU에 접속한 결과를 이용하여 OBO 값을 갱신하는 방법을 제안한다. 현재 IEEE 802.11ax 표준의 OFDMA 랜덤 액세스 프로토콜에서는 트리거 프레임에 할당된 RU의 개수만큼 OBO 값을 감소시킨다. 하지만 충돌이 많이 발생하는 경우에는 각 단말의 OBO 값을 할당된 RU보다 적게 감소시켜서 OBO 값이 0가 되어 접속에 참여하는 단말의 증가를 줄일 수 있다. 이와 반대로 이전 프레임에서 단말의 접속이 없을 경우에는 할당된 RU 개수보다 더 많이 OBO 값을 감소시켜 더 빨리 OBO 값을 0로 만들어 패킷을 전송할 수 있도록 한다.

제안하는 방안에서는 이전 랜덤 액세스 프레임에서 단말들의 동시 접속으로 충돌이 발생한 RU와 아무 접속이 없던 Idle RU의 개수에 따라 다음과 같은 방법으로 OBO 값을 변경한다.

$$OBO_k = OBO_{k-1} - N_{RU} + [\alpha(N_c - N_i)] \quad (1)$$

식 (1)에서  $OBO_k$ 는 k번째 OFDMA 접속에서 단말의 OBO 값이고,  $k-1$ 번째 접속 때의 OBO 값에서 할당된 RU의 개수( $N_{RU}$ )만큼 감소하는 기존의 방식에 추가하여  $k-1$ 번째 접속에서 충돌난 RU의 개수,  $N_c$ 와 접속이 없었던 Idle RU의 개수,  $N_i$ 의 차이

에 대한 가중치( $\alpha$ )를 곱한 결과를 더한다. OBO 값은 정수 값을 가지고, 가중치는 0에서 1사이의 실수 값을 가지기 때문에 수식에서는  $x$  값을 반올림하는  $[x]$  함수를 사용하였다.

본 논문에서 제안하는 방식을 사용하기 위해서는 이전 접속 프레임에서 할당된 RU별 접속 결과를 AP가 단말들에게 제공하는 방안이 필요하다. 트리거 프레임의 User Info 필드에서 AID와 RU allocation 정보를 할당하는데, 현재 표준안의 8bits RU allocation에 2bits를 추가하여 이전 할당에 대한 접속 정보를 알려줄 수 있다. 2bits 값이 '00'은 Idle, '01'은 성공, '10'은 충돌을 나타낼 수 있다.

#### IV. 성능 분석

제안한 랜덤 액세스 방식의 성능 분석을 위해서 20MHz의 대역폭을 사용하고, 9개의 RU가 있다고 가정한다. 모든 단말은 AP에 접속해 있고, 단말에서 AP로 데이터 전송을 하는 업링크 트래픽만 고려한다. OCWmin 과 OCWmax는 15와 1023을 사용하고 단말이 전송하는 데이터 크기는 하나의 RU 동안 전송이 가능하다고 가정한다. 단말은 항상 전송할 트래픽을 가지고 있는 트래픽 포화 상태를 생각한다. 본 논문의 시뮬레이션은 MATLAB을 이용하였고, 접속 성능의 확인하기 위해서 패킷 에러는 패킷의 동시 전송에 의해서만 일어나며 AP와 모든 단말은 전송 범위 내에 있다고 가정하였다.

그림 2는 단말의 개수를 증가시키면서 전체 할당된 RU에서 데이터 전송에 성공한 RU의 비율을 나타낸다. 단말의 개수가 증가할수록 수율은 높아지다가 충돌이 많아지면서 수율이 감소한다. 제안된 방법에서  $\alpha$  값이 0.5와 0.7일 때 비슷한 성능을 보여주며 기존 표준안에서 제시된 방법보다 향상된 성능을 나타낸다.

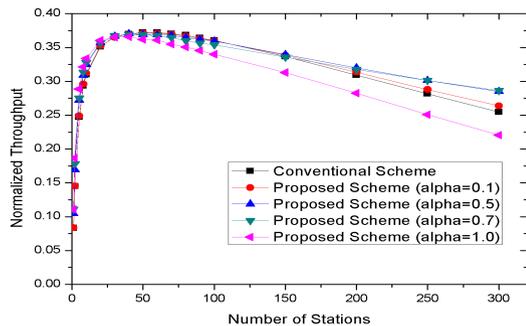


그림 2. 단말 개수에 따른 정규화 된 수율  
Fig. 2. Normalized throughput vs number of stations

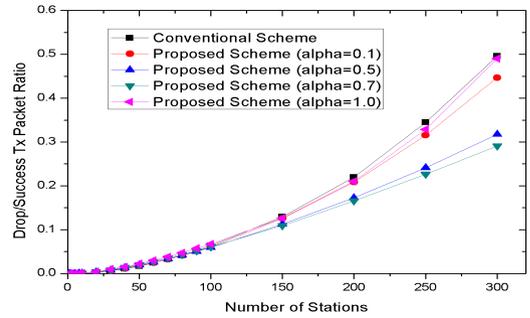


그림 3. 단말 개수에 따른 성공 패킷 대비 패기 패킷 비율  
Fig. 3. Drop to success transmission packet ratio vs number of stations

그림 3에서는 전체 시뮬레이션 시간 동안 전송에 성공한 패킷 대비 최대 재전송 횟수 7을 넘어 패기한 패킷의 비율을 나타낸 것이다. 단말의 개수가 증가할수록 전송에 성공한 패킷 대비 패기한 패킷의 비율이 증가하는 것을 알 수 있으며, 기존 프로토콜에서 제시된 방법 대비 제안한 방법이  $\alpha$  값에 관계없이 향상된 성능을 보여준다. 단말의 개수가 300개 이고,  $\alpha$  값을 0.1에서 1.0까지 0.1씩 증가시켰을 때 성공 패킷 대비 패기 패킷의 비율은 각각 {0.44, 0.41, 0.36, 0.35, 0.31, 0.30, 0.29, 0.30, 0.34, 0.49}를 보였다.

#### V. 결론

본 논문에서는 무선 랜 밀집 지역에서의 전송률 향상을 위해 IEEE 802.11ax 표준안에서 사용된 OFDMA 랜덤 액세스 프로토콜의 접속 성공률을 높이기 위해 단말의 OBO 값을 갱신할 때, 할당된 RU의 이전 접속 결과를 이용하는 방법을 제안하여 표준안 방식보다 성능이 우수한 것을 확인하였다.

#### References

- [1] IEEE P802.11ax Draft 1.2. Apr. 2017.
- [2] J. Lee and C. Kim, "An efficient multiple access coordination scheme for OFDMA WLAN," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 21, no. 3, Mar. 2017.
- [3] H. Cheon and J. Kim, "OFDMA FD-MAC protocol based on the channel information" *J. KICS*, vol. 40, no. 3, pp. 451-458, Mar. 2015.