

## 무선 랜에서 동시 전송을 통한 시스템 주파수 효율 향상

김용휘, 소정민\*  
한림대학교

[yh0921k@hallym.ac.kr](mailto:yh0921k@hallym.ac.kr), [iso1@hallym.ac.kr](mailto:iso1@hallym.ac.kr)

# Improving System Spectral Efficiency using Concurrent Transmission in Wireless LANs

Yonghwi Kim, Jungmin So  
Hallym Univ.

## 요 약

본 논문에서는 Ultra Dense Network 환경에서 동시 전송을 통한 시스템 주파수 효율을 향상시키는 방법을 제안한다. IEEE 802.11 표준에서 사용하는 carrier sense를 통한 전송 방식에는 Exposed Terminal Problem(ETP)이 있다. 어떤 노드가 전송을 원하는데, 간섭 영역 밖에 있는 다른 노드의 carrier를 감지하여 네트워크를 busy 상태로 인식하는 문제가 바로 그것이다. 따라서 노드는 전송을 할 수 있음에도 불구하고 네트워크가 idle 상태가 되기를 기다린다. 전송을 원하는 노드가 동시에 전송할 수 있는 다른 노드를 알고 있다면 문제가 해결될 수 있다. 제안한 방안에서는 사전에 동시에 전송할 수 있는 노드들을 grouping하여 ETP에서 발생하는 throughput 감소 문제를 해결한다. 또한 기존에 표준에서 사용하는 carrier sense를 통한 throughput과 제안한 알고리즘을 통한 throughput을 비교 분석하였다.

## I. 서론

최근 무선 네트워크 기술의 발전에 따라 개인이 무선 네트워크를 구축하여 사용하는 것이 쉬워졌고, 이러한 Ultra Dense Network 환경에서 throughput을 증가시키기 위한 기술의 연구가 활발하다. 한정된 공간에서의 AP(Access Point)의 증가에 따라, throughput 향상을 위한 많은 방법들이 고안되고 있다. 시스템 주파수 효율을 향상시키기 위한 핵심은, Tx power와 carrier sense 임계 값을 동적으로 제어하는 것이다. 즉, 다른 네트워크로부터의 간섭이 임계 값을 넘는 경우에도 전송을 허용하는 것이다.

IEEE 802.11ax High-Efficiency WLAN 그룹에서는 spatial reuse를 향상시키기 위해 CCA를 높이고자 한다.[1] 낮은 CCA와 높은 transmit power level의 결합은 공간의 재사용을 제한할 수 있다. CCA와 transmit power level를 모두 낮게 구성하면 WLAN 사이의 간섭을 최소화할 수 있다. 하지만 동시에 전송하는 노드의 수가 감소되어 throughput이 감소된다. Concurrent MAC은 동시 전송을 허용하여 밀집된 WLAN의 시스템 주파수 효율을 향상시키기 위해 고안된 MAC Protocol이다.[2] 이 프로토콜에서 컨트롤러는 노드로부터 SINR 정보를 수집하고, 동시에 전송이 가능한 노드들의 쌍을 테이블로 유지한다. 한 노드가 전송할 때, 이웃 노드 중 하나를 concurrent transmitter로 표시한다. 표시된 노드는 패킷을 수신하고, 그것이 concurrent transmitter인지 찾기 위해 MAC header를 분석하고 즉시 전송을 시작한다.

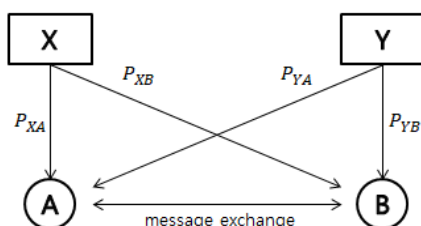


그림 1. 시나리오 예제. 노드 A, B는 각 AP X, Y에 각각 연결되어 있다.

본 논문에서는 동시 전송을 위한 grouping 방법을 제안한다. 그림 1에서 노드 A, B는 수신기 X, Y가 전송하는 beacon을 받아서 각 노드와 AP 사이의 신호 세기를 알 수 있다. 이후 각 수신기에서의 SNR이 임계 값을 넘으면 해당 노드를 그룹으로 묶는다. 노드가 전송을 할 때, 다른 노드에서 preamble의 그룹 필드를 확인한다. 만약 그룹 번호가 같다면 수신한 노드도 동시에 전송을 시작한다.

Section 2에서는 기존의 802.11 표준의 carrier sense 방식을 사용하여 사전 실험을 진행했다. Section 3에서는 본 논문에서 제안한 방법인 grouping을 실험했다. 마지막으로 Section 4에서 향후 연구를 소개하며 논문을 결론짓는다.

## II. 실험 환경 및 사전 실험

본 논문에서는 현재 표준으로 쓰이는 방법으로 사전 실험을 진행했다. 어떤 노드가 전송을 하기를 원하면 먼저 carrier sense를 하여 채널의 상태를 확인한다. 이 때, 노드는 자신에게 미치는 간섭의 총 합을 계산해서 carrier sense 임계 값과 비교한다. 만약 간섭이 임계 값보다 높다면 전송하지 않는다. 또한 수신기의 입장에서 자신에게 속한 노드가 아닌, 다른 노드들로부터 오는 신호는 간섭이다. 수신기에 도달하는 신호와 간섭으로 SNR를 구하고 신호를 수신할 수 있는 SNR 임계 값에 미치지 못한다면 수신기는 메시지를 수신할 수 없다. 예를 들어, MCS level이 7일 때, 이 SNR 임계 값은 23dB이다. MCS level이 높으면 빠른 전송이 가능하지만 수신기에서 수신하기 위한 SNR이 높다는 특징이 있다.

파라미터	값	단위
SNR_THRESHOLD	23	dB
NOISE_FLOOR	-93.97	dBm
CS_THRESHOLD		dBm
TX_POWER	16.02	dBm

EXPONENT	3	
REFERENCE_DIST	1	m
REFERENCE_LOSS	46.67	dB

표 1. 실험 환경에 사용된 파라미터

표 1은 실험에서 사용한 환경을 보여준다. carrier sense와 실제 전송 부분에서는 Log-Distance Path Loss Model을 사용한다. 표의 파라미터들은 path loss 모델에 필요한 파라미터들이다. 실제 실험에서는 carrier sense 임계 값을 변화시키며 결과를 관찰했다. throughput은 시나리오에서 동시에 전송할 수 있는 평균적인 노드의 수이다.

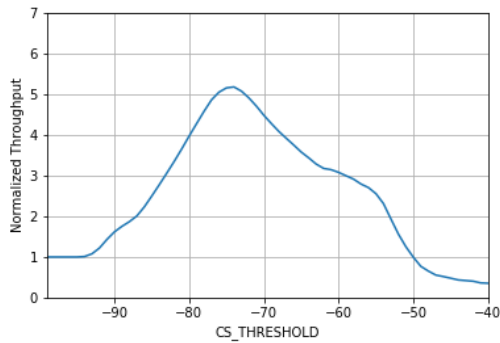


그림 2. 사전 실험에서 임계 값 변화에 따른 throughput

그림 2는 carrier sense 임계 값 변화에 따른 throughput을 보여준다. 그래프를 보면, 임계 값이 낮을 때, 노드 사이의 간섭이 조금만 있어도 임계 값을 넘어가서 채널을 busy 상태로 판단한다. 따라서 전송을 하지 못하기 때문에 throughput이 낮다. 실험에서 보듯이 임계 값이 너무 낮으면 ETP가 심각해진다. 임계 값이 증가하면 throughput이 감소하는 것을 볼 수 있는데, 이는 Hidden Terminal Problem(HTP)으로 귀결된다. HTP가 발생하는 이유는 임계 값이 높아짐에 따라 가까운 거리에 있는 노드들이 적극적인 전송을 하기 때문이다.

### III. 제안된 방안 실험 및 성능 평가

본 논문에서 throughput 증가를 위한 동시 전송을 위해 제안하는 방법은 노드를 grouping하는 것이다. 사전에 동시에 전송할 수 있는 노드들을 그룹으로 묶고, 실제 전송을 할 때 같은 그룹 번호를 가진 노드끼리는 동시에 전송을 허용한다. 각 노드로부터 신호를 수신하는 수신기는 정해져 있다. 각 노드는 grouping을 하기 위해 자신의 주변 노드와 자신의 그룹 번호를 mapping하여 테이블로 가지고 있다. 각 노드는 초기 네트워크에 연결될 때 주변 노드와 특정 메시지를 주고 받는다. 이 메시지는 자신이 속한 AP와의 신호 세기, 상대방 노드가 속한 AP의 noise 등을 포함한다.

$$SNR_{AX} = \frac{P_{XA}}{P_{YA} + N_f} \quad SNR_{BY} = \frac{P_{YB}}{P_{XB} + N_f}$$

수식 1. 수신기에서의 SNR 계산

이러한 자료구조를 가진 노드들이 grouping 하기 위한 조건이 있다. 첫 째, 현재 자신의 그룹 아이디와 자신이 grouping을 요청하려는 상대의 그룹 아이디가 달라야 한다. 그룹 아이디가 같다는 것은 이미 같은 그룹에 속해 있다는 의미이다. 둘 째, 자신이 속한 그룹의 크기가 참여하려는 그룹의 크기보다 작아야 한다. grouping은 그룹의 크기를 크게 하는 방향으로 시도될 때 의미가 있다. 더 작은 크기의 그룹으로 참여하는 것은 그만큼 동시에 전송할 수

있는 노드의 수를 줄이는 것이다. 셋 째, 현재 노드에서 상대방 노드로의 수신 신호 세기가 carrier sense 임계 값보다 낮으면 grouping 하지 않는다. 이 경우에는 노드 사이의 간섭이 매우 작으므로 grouping할 필요가 없다. 마지막으로 참여를 원하는 그룹에 속한 모든 노드들과 동시에 전송을 할 때, 해당 노드의 수신기에 미치는 간섭이 특정 SNR 보다 낮아야 한다. 조건을 만족하기 위해 수식 1에 나타난 SNR이 23dB를 넘어야 한다.  $SNR_{AX}$ 는 노드 A에서 AP X로의 SNR이다. 이 때,  $P_{YA}$ 는 AP Y에서 노드 A에 미치는 간섭이다. 즉,  $P_{YA} + N_f$ (noise floor)는 전체 간섭을 나타내고,  $P_{XA}$ 는 신호 세기이므로 수신하기 위한 SNR을 계산할 수 있다.

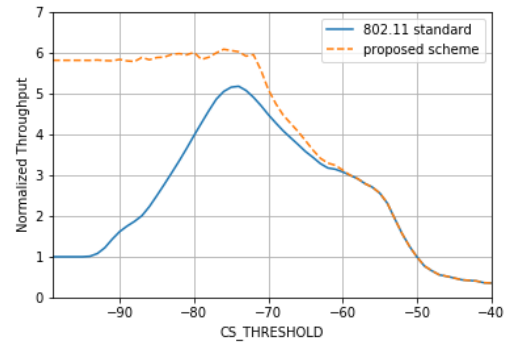


그림 3. 제안한 방안에서 임계 값 변화에 따른 throughput 비교

그림 3은 제안된 방법을 사용했을 때의 throughput을 보여준다. carrier sense 이후, 전송을 시작하는 노드와, grouping 되어 있는 노드들이 동시에 전송을 할 수 있기 때문에 ETP 상황에서 전반적인 성능 향상이 있다. 사전 실험과 비교하여, 일반적으로 사용되는 -82dB의 carrier sense 임계 값에서 약 두 배의 성능 향상을 보인다. 임계 값이 높아지는 경우, carrier sense 범위 내에 있는 노드들만 그룹을 형성하기 때문에 기존의 표준과 유사한 성능을 보인다.

### IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 grouping 방식을 사용하여 ETP를 해결했다. 기존의 방식과 비교하여 성능이 향상되었다. 비록 동적으로 carrier sense 임계 값을 설정할 수 있다면 제안한 방법이 다소 낮은 성능 향상을 보이지만, 실제 환경에서 적용이 어렵다. 제안한 방법은 ETP가 발생하는 임계 값 범위에서 전반적인 성능향상을 보인다. 추후 연구방향은 임계 값이 높아질 때 발생하는 HTP를 해결하기 위해 grouping 알고리즘을 개선하는 것이다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 한국연구재단 이공학개인지초연구지원사업(2016R1D1A1B03930289)의 지원을 받아 수행하였음.

### 참 고 문 헌

- [1] B. Bellalta, "IEEE 802.11ax: High-efficiency w lans," IEEE Wireless Communications, vol. 23, no. 1, pp. 38– 46, 2016.
- [2] G. Hosseinabadi and N. Vaidya, Concurrent-MAC: Increasing concurrent transmissions in dense wireless lans," in International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC), 2016.