

# 무선랜에서 이중 반송파감지임계값과 동적 전송파워를 활용한 공간 재사용 향상 방법

나관우, 소정민

서강대학교

ngs3637@sogang.ac.kr, jsol@sogang.ac.kr

## A method to improve spatial reuse using dual carrier-sense threshold and dynamic transmission power in wireless LANs

Gwanwoo Na, Jungmin So  
Sogang University

### 요 약

본 논문에서는 무선랜 환경에서 이중 반송파감지임계값(CST)과 전송파워 조절을 통하여 공간 재사용을 향상시키는 방법을 제안한다. 제안하는 방법에서는 한 노드가 자신의 프레임 보호를 위한 CST를 계산하고 이를 프리앰블에 포함시켜 전달한다. 프리앰블을 수신하는 노드는 자신의 CST와 전달받은 CST를 모두 만족할 수 있도록 전송파워를 조절하여 동시전송을 수행한다. 이를 통하여 프레임 충돌을 피하고 동시 전송의 수를 높여 시스템 성능을 향상시킬 수 있다. 시뮬레이션 실험을 통해 제안된 방법이 기존 방법에 비해 처리량과 공정성을 증가시키는 것을 확인할 수 있다.

### I. 서론

최근 무선통신 트래픽과 사용자 기기의 밀도가 증가하면서, 사용자들이 체감하는 서비스 품질이 저하되는 현상이 나타나고 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서는 시스템 스펙트럼 효율(system spectral efficiency)을 높이는 것이 중요하다. 다시 말해, 주어진 공간에서 단위 시간당 최대한 많은 트래픽이 전달될 수 있도록 해야 한다. 무선랜에서 전송을 결정하는 중요한 파라미터는 반송파감지임계값(carrier sense threshold, CST)이다. CST가 너무 높으면 간섭이 있는 상황에서도 노드들이 공격적으로 전송을 하게 되어 프레임 충돌이 잦아지고, 반대로 너무 낮으면 동시 전송이 가능한 상황에서도 전송하지 않으므로써 채널 자원을 낭비하게 된다. 전자를 숨겨진 터미널(hidden terminal) 문제라고 하고, 후자를 드러난 터미널(exposed terminal) 문제라고 한다.

단위 공간에서 동시 전송을 최대화하는 문제를 공간 재사용(spatial reuse)이라고 하는데, 이는 사용자의 체감성과 밀접한 관계가 있기 때문에 많은 방법들이 제안되었다. 예를 들어, CSMA/CA [1]에서는 RTS/CTS를 이용하여 동시전송 여부를 판단한다. 어떤 노드가 다른 노드로부터 전송된 RTS를 수신한다면, 그 노드는 RTS의 목적지가 자신과 인접한 노드인지, 또 RTS의 목적지 노드가 보낸 CTS를 수신하는지 확인한다. 만약 둘 다 아닌 경우에는 자신이 RTS의 목적지 노드로부터 멀리 떨어져있는 드러난 터미널이라고 판단하고 동시 전송을 수행할 수 있다. Concurrent-MAC [2]에서는 모든 노드들이 자신과 인접한 노드의 신호 세기를 측정된 결과를 중앙 관리자로 보내고, 관리자는 이 정보를 이용해 동시 전송이 가능한 노드들을 계산한다. 각 노드는 관리자로부터 이 정보를 전송을 받은 후, 노드가 전송할 때 동시에 전송할 수 있는 노드를 택하여 프레임에 포함시킴으로써 그 노드가 동시에 프레임을 전송할 수 있도록 한다. 이 방법들은 공간 재사용을 향상시킬 수 있으나, RTS/CTS를 추가로 사용하거나 중앙 관리자가 필요하다는 단점이 있다.

본 논문에서 제안하는 방법은 이중 CST를 활용한 공간재사용 향상 기법 [3]에 기반을 두고 있다. 이 방법에서는 어떤 노드가 목적지로 프레임을 전송할 때, 그 목적지와 거리 고려하여 자신의 프레임을 보호하기 위한 CST를 계산하고 이를 프레임의 프리앰블에 포함시킨다. 인접 노드가 이 프레임을 수신하는 경우, 프리앰블의 CST와 자신의 CST를 모두 고려

하여 동시전송 여부를 결정하게 된다. 제안된 기존 방법에서는 모든 노드가 동일한 전송파워를 사용한다는 것을 가정하고 있다. 본 논문에서는 이중 CST 활용과 함께, 노드들이 전송파워를 조절하여 동시전송의 수를 높일 수 있도록 개선하였다.

### II. 제안 방법

그림 1은 본 논문에서 제안하는 방법을 설명하기 위한 예제 시나리오이다. 그림에서 노드 A, B는 AP1과 연결되어 있고, 노드 C는 AP2와 연결되어 있는 상태이다. AP1이 프레임 전송을 시작하여 AP2가 AP1이 보낸 프레임의 프리앰블을 수신하게 되면, AP2는 CST에 따라 채널경쟁을 연기하거나 계속하게 된다. AP2가 AP1과 동시전송을 해도 되는지는 AP1의 목적지에 달려있는데, 목적지가 노드 A인 경우에는 AP2가 동시전송을 해도 노드 A에서 AP1의 프레임을 수신할 수 있으나, 목적지가 노드 B인 경우에는 AP2가 동시전송을 하면 노드 B에서 프레임 수신에 실패하게 된다. 단일 CST로는 이 상황을 구분할 수 없기 때문에 성능이 저하된다.

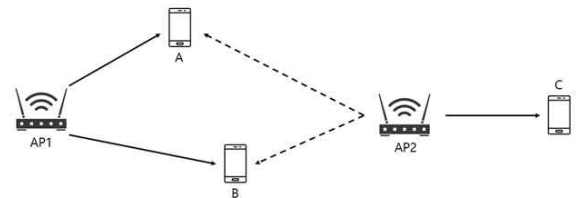


그림 1. 예제 시나리오

이중 CST를 사용하면 이 문제를 개선할 수 있다 [3]. AP1은 A와의 거리를 고려해 자신이 전송한 프레임이 A에서 성공적으로 수신될 수 있는 간섭레벨을 계산하고, 이를 통해 인접노드가 지켜야 하는 advCST를 결정한다. 이 정보를 프리앰블에 넣어 전송한다. 노드 A는 노드 B보다 AP1에 가까이 있기 때문에, AP1이 노드 A로 프레임을 보낼 때는 advCST가 높고, 노드 B로 프레임을 보낼 때는 advCST가 낮다. 따라서 AP2는 AP1이 A에게 프레임을 전송할 때는 동시전송하고, B에게 프레임을 전송할 때는 전송을 연기할 수 있다. 여기까지가 이중 CST 활용의 장점이다.

하지만, AP1이 노드 B로 프레임 전송하는 경우에도, AP2가 전송과위를 낮춰서 프레임을 전송한다면 노드 B에서 충돌이 발생하지 않을 수 있다. 본 논문에서 제안하는 방법에서는, AP2가 advCST보다 높은 신호세기로 프레임들을 수신하였을 때 전송과위를 조절하여 양쪽 프레임이 모두 성공적으로 수신될 수 있다고 판단하면 동시 전송을 수행할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 방법은 그림 2에 기술되어 있다. 어떤 노드가 전송할 프레임이 있으면 채널 경쟁을 시작한다. 초기상태에서의 전송과위는 최대전송과위로 설정한다. 채널 경쟁 중 다른 노드로부터 프레임들을 수신하는 경우, 노드는 채널 경쟁을 지속할지 중지할지 판단해야 한다. 제안 방법에서는 [3]과 같이 노드가 프레임들에 advCST를 넣어서 전송하는 것을 가정한다. 노드는 프레임들을 수신한 RSSI가 자신이 설정한 임계값인 reqCST와 프레임들에 포함된 advCST 둘 다 보다 낮은 경우에만 채널 경쟁을 지속할 수 있다. 즉,  $RSSI < \min(reqCST, advCST)$ 가 성립하면 채널 경쟁을 지속하고, 동시전송을 수행할 수 있다.

만약  $RSSI \geq \min(reqCST, advCST)$  인 경우, 노드는 전송과위를 낮춰서 동시전송이 가능한지 확인한다. 현재 전송과위와 최대전송과위의 차이를  $m$ 이라고 하면,  $m$ 은 초기에 0에서 시작하고, 한번에  $\delta$ 만큼 증가한다. 노드의 전송과위를  $m$  (dB)만큼 낮추는 경우, advCST와 reqCST를 보정하여 동시전송 여부를 다시 확인한다. 즉,  $RSSI < \min(reqCST-m, advCST+m)$ 인 경우에 동시전송을 수행할 수 있다. 동시전송의 조건이 만족되지 않으면, 계속해서  $m$ 을  $\delta$ 만큼 증가시키면서 확인하고, 만약 최소전송과위까지 동시전송이 불가능한 경우 채널경쟁을 중지한다.

동시전송이 가능한 경우에는, 최대전송과위에서  $m$  (dB)만큼 낮춘 전송과위로 프레임을 전송한다.

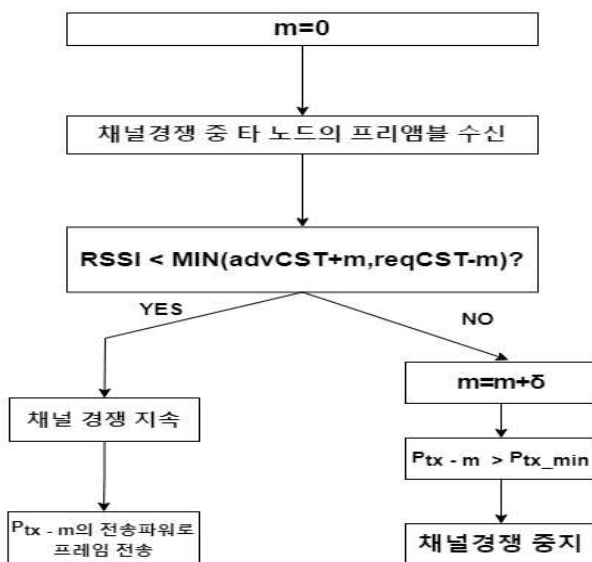


그림 2. 제안 방법 알고리즘

### III. 성능 실험

본 논문에서 제안된 방법의 성능을 시뮬레이션을 통하여 평가하였다. 100m×100m 크기의 공간에 100개의 AP가 격자 형태로 설치되어 있는 환경을 사용하였고, 사용자 노드의 수를 변화시키며 실험을 수행하였다. 평가지표는 시스템의 총 처리량(throughput)과 공정성을 측정하는 Jain's fairness index를 사용하였다. 실험에 사용된 방법은 단일 고정 CST를 사용하는 "Legacy"와, 이중 CST를 사용하지만 전송과위는 고정되어 있는 "Dual-CST"와, 제안된 방법인 "Proposed"이다.

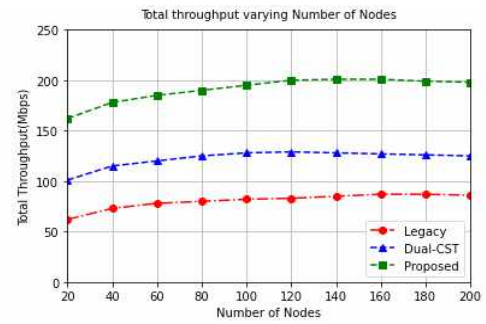


그림 3. 노드 수에 따른 시스템 총 처리량

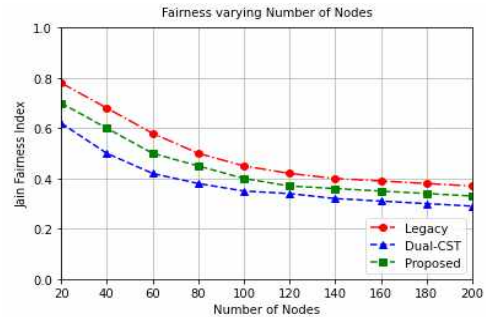


그림 4. 노드 수에 따른 공정성 지표

그림 3과 4에서 이중 CST를 사용하는 방법이 단일 CST 방법에 비해 처리량은 높지만 공정성 지표는 약간 낮은 것을 확인할 수 있다. 이는 이중 CST 방법이 동시 전송을 늘릴 때, AP에 가까운 노드들이 더 많은 동시전송을 수행할 수 있기 때문이다. 제안된 방법은 모든 방법 중에 처리량은 가장 높고, 공정성 지표의 경우 Legacy보다는 약간 낮지만, Dual-CST 방법에 비해서는 향상된 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 이중 CST와 전송과위 조절을 활용하면 공간 재사용을 향상시킬 수 있음을 확인할 수 있다.

### IV. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 무선랜에서 공간재사용을 높이기 위해 이중 CST와 전송과위 조절을 활용한 방법을 제안하였다. 이중 CST를 통해 동시전송되는 프레임을 모두 보호할 수 있으며, 전송과위 조절을 통해 동시전송을 수를 늘려 처리량과 공정성을 모두 향상할 수 있었다. 향후 연구에서는 심층강화학습을 통하여 최적의 전송과위 및 CST를 찾는 연구를 할 예정이다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 한국연구재단 중견연구지원사업(NRF-2019R1A2C1005881)의 지원을 받아 수행하였음.

### 참고 문헌

- [1] Chakraborty, S.; Nandi, S.; Chattopadhyay, S. "Alleviating hidden and exposed nodes in high-throughput wireless mesh networks," IEEE Trans. Wirel. Commun.(TWC) 2016, 15, 928-937.
- [2] Hosseinabadi, G.; Vaidya, N. Concurrent-MAC: Increasing concurrent transmissions in dense wireless LANs. In Proc. of ICNC, Kauai, HI, USA, 15-18 February 2016.
- [3] So, J.; Lee, J. "Dynamic Carrier Sensing Threshold Selection for Improving Spatial Reuse in Dense Wireless LANs," MDPI Applied Sciences, September 2019.