

고밀도 무선랜 환경에서 공간 재사용 향상을 위한 멀티채널기반 전송파워 할당 방법

임희선, 소정민

서강대학교

seon8315@sogang.ac.kr, jsol@sogang.ac.kr

A Multi-channel-based Transmit Power Allocation Method for Improving Spatial Reuse in Dense Wireless LANs

Heeseon Im, Jungmin So

Sogang Univ.

요약

본 논문에서는 멀티채널을 이용하여 고밀도 무선랜 환경에서 시스템 성능을 향상시키는 공간 재사용 방법을 제안한다. 무선랜의 밀도가 높아짐에 따라 간섭이 많이 발생하고 시스템 성능이 저하된다. 본 논문에서는 AP와 거리가 비슷한 모바일 노드를 그룹화하여 동일한 채널을 할당하고 각 채널에 적합한 전송파워를 할당하여 동시전송을 늘려 공간 재사용을 향상시키는 방법을 제안한다. 실험결과를 통해 제안된 방법은 총 전송량을 향상시키며 동시에 하위 25%의 총 전송량 또한 향상시킴으로써 edge노드의 기아현상을 최소화 하면서 시스템의 성능을 향상시킨다.

I. 서론

스마트폰의 보편화와 IoT와 같은 무선 네트워크의 발달로 인해 어느 곳 이든 AP(Access Point)가 많이 설치되고 있다. 하지만 AP 밀도의 증가는 전파의 간섭을 심화시켜 네트워크의 성능을 저하시킨다. 이런 문제를 해결하기 위한 방법으로 멀티채널이 있다. 서로 다른 채널을 사용해서 간섭을 줄이고 동시전송을 늘려서 시스템의 성능을 향상시킨다.

현재 무선랜 표준 802.11에서는 매체 접근 방식으로 CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)를 사용한다. 이 방식은 반송파 감지를 이용하여 채널이 유휴상태이면 데이터를 전송하고 채널이 사용 중이면 전송을 연기한다. 이때 송신측에서는 고정된 최대 전송파워를 사용하여 수신측으로 데이터를 전송하는데 필요이상의 전송파워를 사용하게 되면 간섭이 늘어나고 공간 재사용이 저하된다. 그렇다고 전송파워를 줄이면 멀리 떨어져 있는 모바일 노드들은 신호를 받지 못한다. 따라서 적당한 전송파워를 할당하는 것이 중요하다.

본 논문에서는 다중채널을 이용하여 간섭을 최소화 하고 AP와 비슷한 거리의 모바일 노드를 그룹화 하여 채널을 할당한 후, 채널별로 적합한 전송파워를 사용해 공간 재사용을 향상시키는 방법을 제안한다.

II. 관련연구

현재 공간 재사용을 향상시키기 위한 기술로 IEEE 802.11ax에서는 OBSS/PD(Overlapping Basic Service Set/ Preamble Detection)가 제안되었다 [1]. 기존 방식에서는 -82dBm의 고정된 CST(Carrier Sensing Threshold)와 고정 전송 파워를 사용하지만, OBSS/PD는 BSS간 프레임을 검출한 후 CST를 높이고 전송파워를 낮춰서 동시 전송을 향상시키는 방법이다.

그림 1과 같이 OBSS/PD는 CST_{min} 와 CST_{max} 을 각각 -82dBm과 -62dBm으로 설정하고 이 사이에서 전송이 가능하게 하였지만 증가한 CST만큼 전송파워를 줄여야 한다. 이 방법은 공간 재사용을 향상시키지만 각 모바일 노드마다 서로 다른 전송파워를 사용하기 때문에 hidden

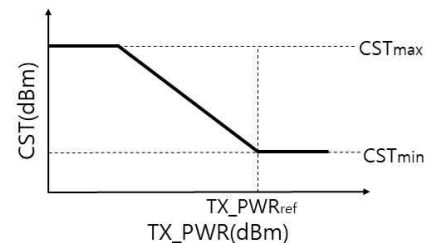


그림 1. OBSS/PD

terminal 문제가 발생하고 채널 간 공정성이 낮아진다. 성능 평가에서 볼 수 있듯이 OBSS/PD는 기존 방식에 비해 총 전송량은 향상되지만 하위 25% 총 전송량은 저하된다.

III. 제안 방안

제안된 방식에서는 여러 개의 사용가능한 채널이 있으며 AP는 다중 Radio 인터페이스를 장착해서 여러 채널을 동시에 액세스할 수 있지만 모바일 노드는 하나의 채널만 액세스 할 수 있도록 가정한다 [2]. 본 논문은 고밀도 무선랜 환경에서 AP와 거리가 비슷한 모바일 노드를 그룹화하여 동일한 채널에 할당하고 각 채널별로 적합한 전송파워를 할당해 공간 재사용을 향상시키는 방법을 제안한다.

거리는 RSSI를 기반으로 추정하기 때문에 실제 물리적 거리와 동일하지 않을 수 있다. 먼저 그림 2와 같이 각 모바일 노드의 RSSI값을 내림차순으로 정렬 후 그룹화 하고 채널에 할당한다. 각 모바일 노드에 채널이 할당되면 edge노드에 기아현상을 일으키지 않고 높은 처리량을 달성할 수 있는 전송파워가 각 채널에 할당된다.

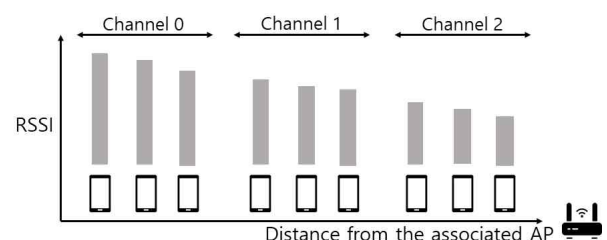


그림 2. 거리에 따른 채널 할당

채널별로 RSSI값이 가장 작은 모바일 노드의 신호를 이용하여 Margin을 구하고 적절한 파라미터를 이용해 각 채널에 전송파워를 할당한다.

$$\text{Margin} = \text{SNR} - \text{SNR}_{\text{th}}$$

SNR_{th} 는 노드가 프레임에 에러 없이 수신할 수 있는 최소값이다. SNR 값이 SNR_{th} 보다 크면 수신이 가능하기 때문에, SNR이 충분히 클 때 SNR_{th} 와의 차를 이용하여 Margin을 구한다.

$$\text{New Margin} = \text{Margin} \times \alpha$$

기존 전송파워에서 Margin을 모두 빼주면 edge노드가 수신을 받지 못하기 때문에 Margin에 대한 적절한 파라미터 α 를 이용해서 New margin을 구한다. 본 논문에서는 α 는 0.5로 설정했다.

$$\text{New TxPower} = \text{TxPower} - \text{New Margin}$$

위 식을 이용해서 채널별로 전송파워를 할당하면 AP에 가까운 노드그룹의 채널인 경우 전송파워를 작게 하여 간섭을 줄여 동시 전송을 촉진시킨다. 반면에 AP와 멀리 떨어져 있는 노드그룹의 채널인 경우 높은 전송파워를 사용하여 edge노드에 기아현상을 일으키지 않도록 하였다.

IV. 성능 평가

성능 평가를 위해 기본 설정으로 100m × 100m의 공간에 100개의 AP, 100개의 노드를 배치하고 고밀도 환경을 만들고 채널은 4개, 최대 전송 파워는 25dBm, CST는 -82dBm으로 설정하였다. 평가를 위해서 총 전송량과 하위 25%의 총 전송량을 측정하였다. 총 전송량은 전송량의 총 합이고, 하위 25%의 총 전송량은 전송량이 가장 적은 하위 25%의 노드의 전송량의 총 합이다. 하위 25%의 총 전송량으로 edge 노드의 기아현상을 평가할 수 있다.

제안된 방식은 3가지 방법과 비교하였다. 첫 번째 Legacy는 고정된 최대 전송파워와 CST를 사용하고 랜덤으로 채널을 할당하는 방식이고 두 번째 DCA(distance based channel assignment)는 AP와 거리가 비슷한 노드를 그룹화 하여 채널을 균등하게 할당하고 고정된 최대 전송파워 및 CST를 사용하는 방식이다. 세 번째 OBSS/PD는 앞에서 설명한바와 같이 BSS간 프레임 검출 후 CST가 -82dBm과 -62dBm사이일 때 전송파워를 조절해 전송이 가능하게 한 방법이다.

먼저 AP와 노드 수는 각각 100개로 고정하고 채널의 수를 1부터 9까지 다양하게 했다.

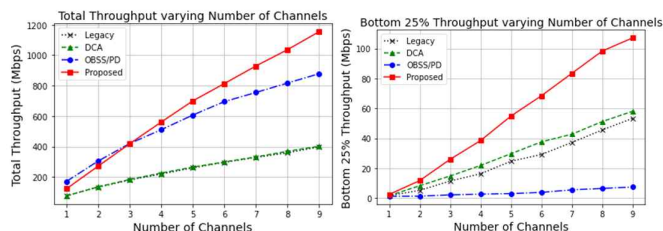


그림 3. 채널 수에 따른 전송량

제안된 방법은 그림3에서 볼 수 있듯이 채널이 늘어날수록 Legacy, DCA, OBSS/PD와 비교해 하위 25% 총 전송량을 높이면서 전체 전송량을 향상시킨다. 많은 채널을 사용할수록 더 세분화된 전송파워를 사용할 수 있기 때문에 전체 전송량이 증가한다. 채널이 적을 때는 OBSS/PD가 총 전송량이 가장 높지만 채널이 증가함에 따라 제안된 방법보다 낮아지고 하위 25% 총 전송량은 채널의 수와 관계없이 가장 낮다. 각 노드마다 다른 전송파워를 사용하는 OBSS/PD는 hidden terminal문제가 다른 방식에 비해 더 많이 발생하기 때문에 하위 25% 총 전송량이 낮다.

다음으로 채널은 4개, 노드 수는 100개로 고정하고 AP 밀도의 영향을

실험하기 위해 AP의 수를 81부터 225개로 다양하게 했다.

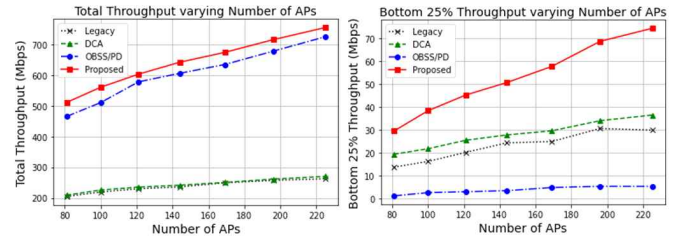


그림 4. AP 수에 따른 전송량

AP 밀도가 높아질수록 AP와 노드 거리는 짧아지게 되고 제안된 방법은 그림 4와 같이 Legacy, DCA, OBSS/PD와 비교해 하위 25% 총 전송량을 높이면서 전체 전송량을 향상시킨다.

다음으로 채널은 4개, AP는 100개로 고정하고 노드 밀도의 영향을 실험하기 위해 노드 수를 20에서 300까지 다양하게 했다.

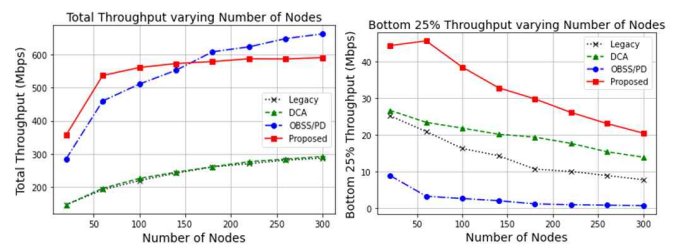


그림 5. 노드 수에 따른 전송량

제안된 방식은 그림5와 같이 노드 수가 증가 할수록 총 전송량이 증가하다가 특정 시점부터 비슷하게 유지되고 하위 25% 총 전송량은 가장 높다. 반면에 OBSS/PD는 노드 수가 증가 할수록 전체 전송량은 증가하지만 hidden terminal문제로 하위 25% 총 전송량이 다른 방법에 비해 낮다.

V. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 멀티채널을 기반으로 고밀도 환경에서 각 채널별 적합한 전송파워를 할당하여 공간 재사용을 향상하는 방법을 제시하였다. 동시 전송 늘리기 위해 AP와 거리가 비슷한 노드를 그룹화하여 채널을 할당하고 채널별로 AP와 거리가 가장 먼 노드를 기준으로 적합한 전송파워를 할당하여 시스템 성능을 향상시켰다. 실험결과 제안된 방식은 Legacy, DCA, OBSS/PD에 비하여 전체적으로 전체 전송량을 향상시키면서 하위 25% 총 전송량 또한 증가시킨다. 향후 연구에서는 노드별로 최적의 채널을 찾고, 채널별로 최적의 전송파워를 찾는 방법을 강화학습을 사용하여 설계해 공간 재사용을 향상시킬 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

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

참고 문헌

- [1] Francesc Wilhelmi, Sergio Barrachina-Muñoz, Cristina Cano, Ioannis Selinis, and Boris Bellalta, "Spatial Reuse in IEEE 802.11ax WLANs," 2021.
- [2] Jungmin So and Joosang Lee, "A Simple and Practical Scheme Using Multiple Channels for Improving System Spectral Efficiency of Highly Dense Wireless LANs," Wireless Communications and Mobile Computing, 2019.