

무선랜 환경에서 네트워크 성능 향상을 위한 전이중 기반 그룹 경쟁 기법

김진기*, 오승엽*, 신승훈*

Group Contention Method Based on Full-Duplex for Improving Performance of WLAN

Jin-Ki Kim*, Seungyup Oh*,
 Seunghoon Shin*

요약

전이중 통신은 주파수 효율 향상을 위한 방안 중 하나로 주목받고 있다. 본 논문에서는 무선랜 환경에 전이중 통신 기술을 적용했을 때 네트워크 성능 향상을 위한 그룹 경쟁 기법을 제안한다. 그룹 경쟁 기법은 AP (Access point)가 데이터를 전송할 노드와 전이중 통신이 가능한 노드만 경쟁에 참여한다. 따라서, 처리율이 향상되고 충돌 확률이 감소한다. 시뮬레이션 결과를 통해 제안하는 기법이 기존 기법들에 비해 네트워크 성능이 향상되는 것을 확인하였다.

Key Words : Full-Duplex (FD), Group Contention (GC), Medium Access Control (MAC), Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA)

ABSTRACT

Full-duplex (FD) communication is attracting attention as one of methods for improving spectral efficiency. In this letter, we propose a group contention method to improve network performance when FD communication is applied to wireless LAN environments. In the group contention method, only

nodes that can communicate in FD with the node where the AP will transmit data participate in channel contention. Thus, throughput is improved and collision probability is reduced. Through simulation results, we verified that the proposed method improves network performance compared to the conventional methods.

I. 서론

모바일 기기의 보급 증가와 무선 통신 기술의 발전으로 인해 대용량 서비스가 증가하였으며, 이에 따라 전 세계 네트워크 트래픽도 계속해서 증가하고 있다^[1]. 전이중 통신 기술은 주파수를 효율적으로 활용하여 증가하는 네트워크 트래픽을 수용할 수 있는 기술 중 하나로 연구가 진행되고 있다. 기존의 반이중 통신 기술과 달리 SI (Self-interference)를 잡음 수준까지 제거할 수 있기 때문에 동일 주파수 대역에서 데이터를 동시에 송수신 할 수 있다^[2]. 하지만 노드의 위치에 따라 INI (Inter-node interference)가 발생하고, 이로 인해 전이중 통신이 불가능한 노드가 존재한다. 해당 노드가 채널을 획득하는 경우에는 전이중 통신을 할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 무선랜 환경에서 전이중 통신 기술을 활용하기 위한 그룹 경쟁 기법을 제안한다. 전이중 통신이 가능한 노드만 채널 경쟁에 참여함으로써 전이중 통신을 보장하고 네트워크 성능을 향상시킨다. 시뮬레이션을 통해 제안하는 기법의 성능을 분석하고 기존 기법 대비 처리율이 향상되는 것과 충돌 확률이 감소하는 것을 확인한다.

II. 시스템 모델

본 논문에서는 하나의 AP와 N 개의 단말로 구성된 CSMA/CA (carrier sense multiple access with collision avoidance) 기반 Infrastructure 무선랜 환경을 고려한다. 노드들은 AP의 통신 반경 내에 랜덤하게 분포하는 것으로 가정한다. 또한 AP만 전이중 통신이 가능하고, 모든 노드들은 반이중 통신만 가능한 환경을 고려한다. 단말 간 직접적인 통신은 없으므로 그림 1과 같은 비대칭 전이중 쌍만 가능하며 INI도 발생한다. INI로 인해 전이중 통신이 불가능하면 반이중

* First and Corresponding Author : (ORCID:0000-0001-7630-6020) LIG Nex1 Co., Ltd. C4I R&D, jinki.kim@lignex1.com, 선임연구원, 정회원

* LIG Nex1 Co., Ltd. C4I R&D, seungyup.oh@lignex1.com, 선임연구원, 정회원; seunghoon.shin@lignex1.com, 연구원, 정회원
 논문번호 : 202207-129-B-LU, Received July 5, 2022; Revised July 12, 2022; Accepted July 12, 2022

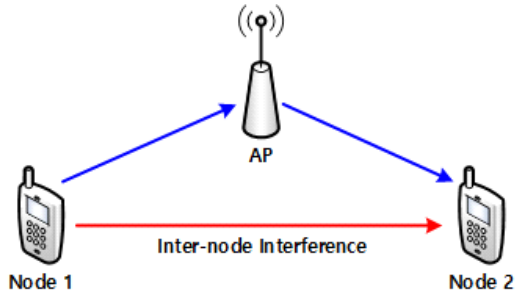


그림 1. 비대칭 전이중 쌍
Fig. 1. Asymmetric FD pair

통신으로 데이터를 전송한다. 성능 분석의 편의를 위해 모든 단말은 항상 전송할 데이터를 가지고 있는 saturation 환경을 고려한다.

III. 제안하는 기법

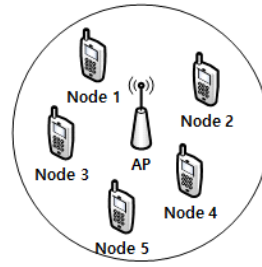
3.1 Next destination address

제안하는 그룹 경쟁 기법은 AP가 데이터를 전송하려는 목적지 노드와 전이중 통신이 가능한 노드만 채널 경쟁에 참여한다. 따라서 각 노드는 AP가 데이터를 전송하려는 목적지, 그리고 해당 노드와 전이중 통신이 가능한지 여부를 알아야 한다. 이를 위해 제안하는 기법에서는 AP가 전송하는 RTS/CTS (Request to Send/Clear to Send) 패킷에 NDA (Next Destination Address) field를 추가하였다. AP가 RTS/CTS를 전송할 때 다음에 전송할 데이터의 목적지 주소를 NDA에 넣어 전송하면 모든 노드가 RTS/CTS를 overhearing 해서 다음 데이터의 목적지 노드를 알 수 있으며, 자신이 해당 노드와 전이중 통신이 가능한 경우에만 채널 경쟁에 참여한다.

3.2 Contention group

CG (Contention Group)는 채널 경쟁에 참여하는 노드의 집합으로서 AP가 데이터를 전송할 목적지 노드와 전이중 통신이 가능한 노드들을 의미한다. 따라서 노드별로 CG가 다르며 하나의 노드가 여러 노드의 CG에 포함될 수도 있다. CG 포함 여부는 RTS/CTS 교환 절차를 통해 알 수 있다.

각 노드가 RTS를 수신했을 때 SA (Source Address)가 AP의 주소가 아닌 경우 이웃 노드가 전송했다는 것을 의미하며 RTS를 수신할 수 있을 만큼 가깝기 때문에 전이중 통신이 불가능하다. 하지만 AP가 전송한 RTS/CTS의 NDA에 RTS를 수신한 적이 없는 노드의 주소가 있다면 해당 노드로부터 멀리 떨어져



NDA	CG
Node 1	Node 2, 4, 5
Node 2	Node 1, 3
Node 3	Node 2, 4
Node 4	Node 1, 3, 5
Node 5	Node 1, 4

그림 2. 그룹 경쟁 기반 전이중 네트워크
Fig. 2. Group contention based FD network

있는 것이기 때문에 해당 노드와 전이중 통신이 가능하며 CG에 포함이 된다는 것을 알 수 있다. 즉, 특정 노드와 hidden 노드 관계인 경우 전이중 통신이 가능하여 CG에 포함된다.

3.3 그룹 경쟁 기법

그림 3은 그림 2와 같은 네트워크 환경에서 그룹 경쟁 기법 예시를 나타낸다. 제일 처음 AP가 채널 경쟁에서 승리하여 노드 2에게 RTS를 전송한다. 이 때 DA (Destination Address)는 노드 2, NDA는 노드 4로 설정해서 전송한다. 이를 overhearing 한 모든 노드는 다음 데이터의 목적지는 노드 4임을 알게 된다. AP와 노드 2의 반이중 통신이 끝난 뒤 노드 4의 CG인 노드 1, 3, 5만 채널 경쟁에 참여한다. 채널 경쟁에서 승리한 노드 3이 AP와 RTS/CTS 교환 절차를 수행하고 AP는 노드 4에게, 노드 3은 AP에게 데이터를 전송함으로써, 전이중 통신을 하게 된다. 기존 방식대로 모든 노드가 채널 경쟁에 참여한다면 충돌 확률이 증가하고, 노드 2나 4가 채널 경쟁에서 승리한다면 전이중 통신이 불가능하다. 그룹 경쟁 기법은 채널 경쟁에 참여하는 노드의 수를 줄이고 전이중 통신을 보장함으로써 네트워크 성능을 향상시킬 수 있다.

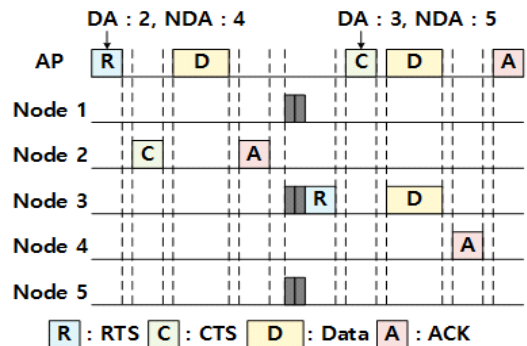


그림 3. 그룹 경쟁 기법 예시
Fig. 3. Example of group contention method

IV. 성능 평가

4.1 시뮬레이션 환경

제안하는 그룹 경쟁 기법의 성능을 분석하기 위해 MATLAB을 활용하여 시뮬레이터를 제작하였다. 시뮬레이션에 사용한 파라미터는 IEEE 802.11 표준을 기준으로 설정하였다³⁾. 모든 단말은 AP 통신 환경 내에 랜덤하게 배치하였고, 단말의 개수는 5개부터 100개까지 5개 단위로 증가시키며 시뮬레이션을 수행하였다. 데이터 전송 속도는 MCS level이 2일 때와 동일한 18 Mbps로 설정하였으며 payload 크기는 1500 bytes로 설정하였다. 그 외 다른 시스템 파라미터는 표 1과 같다³⁾.

표 1. 시스템 파라미터
Table 1. System parameters

Parameter	Value	Parameter	Value
AP RTS	26 bytes	AP CTS	20 bytes
Node RTS	20 bytes	Node CTS	14 bytes
ACK	14 bytes	Payload	1500 bytes
DIFS	34 μ s	SIFS	16 μ s
Slot time	9 μ s	Data rate	18 Mbps

4.2 시뮬레이션 결과

제안하는 그룹 경쟁 기법 (GC) 성능 분석을 위해 전이중 통신에 그룹 경쟁 기법을 적용하지 않았을 때 (FD), 그리고 반이중 통신만 가능할 때 (HD) 3가지 방식을 비교 분석하였다. 그림 4는 노드의 개수에 따른 처리율을 나타낸다. 전이중 통신은 동시에 송수신이 가능하기 때문에 반이중 통신에 비해 처리율이 향상된다. 하지만 그룹 경쟁 기법을 적용하지 않았을 때는 모든 노드가 경쟁에 참여하기 때문에 채널 경쟁에서 승리하는 노드에 따라 전이중 통신이 불가능한 경우가 발생하여 처리율 향상이 그렇게 크지 않다. 하지만 제안하는 기법은 전이중 통신이 가능한 노드만 채널 경쟁에 참여하므로 채널 경쟁에서 승리한 노드와 상관없이 전이중 통신이 가능하다. 따라서 제안하는 기법을 적용했을 때 처리율이 가장 높다. 그림 5는 노드 개수에 따른 충돌 확률을 나타낸다. 모든 방식이 CSMA/CA 기반이기 때문에 노드의 수가 증가할수록 충돌 확률도 증가한다. 제안하는 기법의 경우 전이중 통신이 가능한 노드만 채널 경쟁에 참여하기 때문에 다른 2가지 방식에 비해 충돌 확률이 감소한다. 제안하는 기법을 적용하지 않았을 때와 반이중 통신만 가

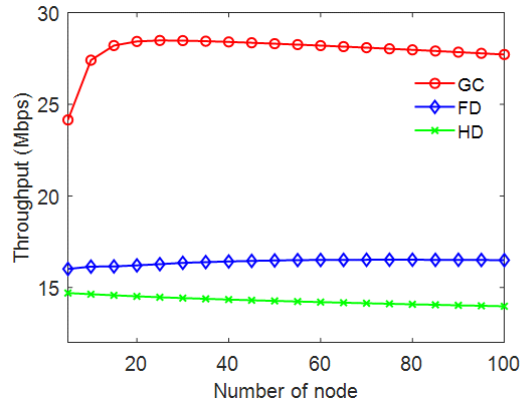


그림 4. 노드 개수에 따른 처리율
Fig. 4. Throughput based on number of nodes

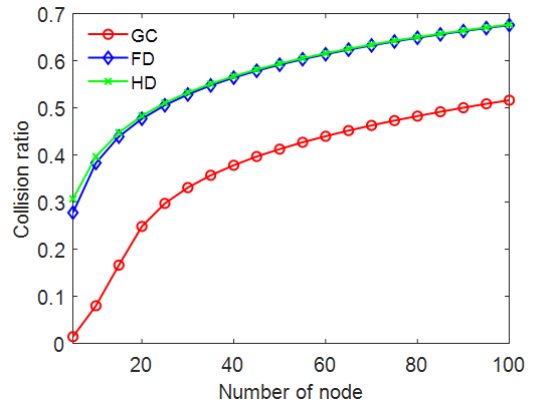


그림 5. 노드 개수에 따른 충돌 확률
Fig. 5. Collision ratio based on number of nodes

능할 때는 모든 노드가 채널 경쟁에 참여하기 때문에 충돌 확률이 거의 동일하다.

V. 결론

본 논문에서는 무선랜 환경에서 전이중 통신 활용을 위한 그룹 기반 경쟁 기법을 제안하였다. 모든 노드가 채널 경쟁에 참여하는 기존 방식과 달리 전이중 통신이 가능한 노드만 채널 경쟁에 참여한다. 따라서 채널을 획득하는 노드에 상관없이 전이중 통신을 보장할 수 있기 때문에 처리율이 향상되고 충돌확률이 감소한다. 제안하는 기법의 성능을 분석하기 위해 시뮬레이션을 수행하였으며 성능 분석 결과 제안하는 기법이 기존 방식 대비 처리율이 향상되고 충돌 확률이 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

References

- [1] F. Tariq, M. R. A. Khandaker, K. Wong, M. A. Imran, M. Bennis, and M. Debbah, "A speculative study on 6G," in *IEEE Wireless Commun.*, vol. 27, no. 4, pp. 118-125, Aug. 2020.
(<https://doi.org/10.1109/mwc.001.1900488>)
- [2] S. Katti, "Full duplex radios," in *Proc. 9th ACM Conf. Emerg. Netw. Exp. Technol. (CoNEXT)*, pp. 375-386, Aug. 2013.
(<https://doi.org/10.1145/2535372.2541328>)
- [3] *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 1 : Enhancements for High-Efficiency WLAN*, Standard IEEE Std. 802.11 ax-2021, May 2021
(<https://doi.org/10.1109/ieeestd.2021.9442429>)