

D2D 통신을 고려한 공간 정보 기반 중앙 제어 전이중 MAC 프로토콜

김원경, 정소이, 유승수, 김재현
아주대학교 전자공학과

{wk53, sogloomy, ssyoo21, jkim}@ajou.ac.kr

Centralized Full Duplex MAC Protocol for D2D communications Considering Spatial Information

Won-Kyung Kim, So-Yi Jung, Seung-Su Yoo and Jae-Hyun Kim
Department of Electrical and Computer Engineering

Ajou Univ.

요 약

본 논문에서는 밀집 환경에서의 네트워크 성능 증가를 위해 D2D 통신을 고려하는 중앙 제어 방식의 전이중 medium access control (MAC) 프로토콜을 제안한다. 제안하는 프로토콜은 각 노드의 이웃노드 정보를 이용 하여 동시 전송을 최대화 한다. 또한 중앙 제어 방식이기 때문에, ready-to-send (RTS)/clear-to-send (CTS) 패킷 없이 hidden/exposed 노드 문제를 해결할 수 있다. 본 논문에서는 기존에 사용되는 carrier sense multiple access with collision avoidance (CSMA/CA) 와 제안하는 프로토콜의 처리율 성능을 비교하였으며, 추가적으로 네트워크의 반이중 통신 노드의 수를 바꾸어 가며 성능 분석을 진행하였다. 시뮬레이션 결과 제안하는 프로토콜은 CSMA/CA 방식 대비 최대 83%의 처리율 향상을 보였다.

I. 서 론

최근 채널 용량 증대를 위한 차세대 무선랜 기술의 하나로 전이중 통신 방식이 각광받고 있다. 송신과 수신은 하나의 채널에서 동시에 진행되는 전이중 통신 방식은 반이중 통신 방식 대비 이론상 최대 두 배의 채널 용량을 확보할 수 있다. 전이중 통신방식은 크게 중앙 제어 방식과 분산 제어 방식으로 나누어진다. 분산 제어 방식의 경우 각 노드와 AP가 경쟁을 통해 채널을 선점하는 방식으로 CSMA/CA 방식을 기본으로 하여 제안되고 있다[1]. 이에 분산 제어 방식에서는 패킷 충돌과 관련한 문제들이 있으며, 네트워크에 노드가 많을 경우 오버헤드 역시 문제가 되고 있다[2]. 반면 AP가 모든 전송을 제어하는 중앙 제어 방식의 경우 스케줄에 따라 모든 노드가 전송을 하기 때문에 충돌 문제가 없다. 또한, 스케줄링과 관련된 오버헤드만 존재 하기 때문에, 네트워크에 노드의 수가 많아짐에 따라 오버헤드는 상대적으로 적게 증가한다[3]. 이에 본 논문에서는 중앙 제어 방식을 기반으로 하는 전이중 MAC 프로토콜을 제안하며, 향후 밀집된 네트워크를 대비하기 위하여 D2D 통신을 함께 고려한다. 제안하는 MAC 프로토콜은 각 노드의 이웃노드 정보를 기반으로 동시 전송의 수를 최대화 하는 스케줄링 방식을 이용한다.

II. 제안하는 MAC 프로토콜

본 논문에서는 중앙 제어 전이중 MAC 프로토콜을 제안한다. AP는 각 노드의 이웃노드 정보를 이용하여, 추가 전송 가능여부를 판단하여 가능한 모든 노드를 하나의 전송 라운드에 할당한다. 제안하는 프로토콜은

요청, 정보수집, 스케줄링, 데이터 전송, 그리고 ACK 전송의 5 단계로 구성된다. 단계별 동작은 다음과 같다.

1) 요청 단계

요청 단계에서는 AP가 브로드캐스팅을 통해 요청 패킷을 전송한다. 요청 패킷은 각 노드로부터 전송 정보를 수집하기 위해 사용된다.

2) 정보수집 단계

정보수집단계에서는 요청 패킷을 수신한 노드 중 전송할 데이터가 있는 노드가 해당 전송에 대한 정보를 AP로 전송한다. 이 때 정보 패킷에는 해당 노드의 주소와 목적지 노드의 주소가 포함되어 있다.

3) 스케줄링 단계

스케줄링 단계에서는 스케줄링이 진행된다. 알고리즘 1은 스케줄링의 전체적인 과정을 나타낸다. AP는 우선 이웃 노드의 수가 가장 적은 노드를 전송 라운드에 할당한다. 이후 전이중 통신을 이용해 동시 전송이 가능한 노드가 있을 경우 함께 할당한다. 추가적으로 이웃노드 정보를 활용하여 동시 전송이 가능한 노드를 추가 할당하고, 전 이중 통신 가능 여부를 확인한다. 스케줄링 단계에서는 이러한 과정이 동시 전송이 가능한 노드가 없을 때까지 반복되고, 할당이 끝나면 다음 전송 라운드에서 같은 과정을 반복한다. 모든 노드가 전송 라운드에 할당이 되면 데이터 전송 단계로 넘어간다.

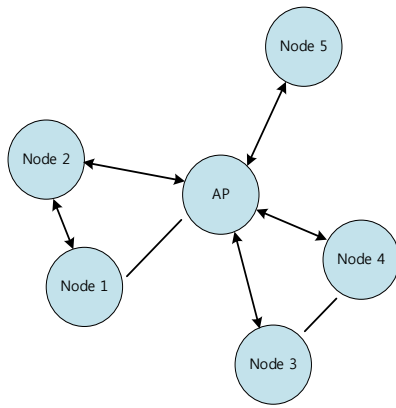


그림 1. 시나리오 모델

알고리즘 1. 스케줄링 절차

```

1: while number of unscheduled transmission != 0
2:   for k = 1~N
3:     allocate min(num_of_neighbor[k]) in this round.
4:   end for
5:   while number of possible transmission != 0
6:     if tx_table[k][0] == rx_1 && tx_table[k][1]
7:       allocate tx_table[k][0] in this round
8:     else if tx_table[k][0] = rx_1 || tx_table[k][1] = tx_1
9:       allocate tx_table[k][0] in this tx_round
10:    end if
11:    if (tx_table[k][0] && tx_table[k][1] possible)
12:      allocate tx_table[k][0] in this tx_round
13:    end if
14:    k++;
15:  end while
16:  schedule next round
17: end while
  
```

표 1. 파라미터

Parameters	Values
Data rate of channel	18 Mbps
Data packet size	1500 Byte
Request packet size	3 Byte
Information packet size	4 Byte
Schedule packet size	9 Byte

4) 데이터 전송 단계

데이터 단계에서는 정해진 스케줄에 따라 각 노드가 데이터를 전송한다.

5) ACK 전송 단계

ACK 단계에서는 데이터 단계에서와 같은 순서로 각 수신 노드가 ACK를 전송한다.

5 단계가 모두 종료되면, 하나의 전송 사이클이 끝나게 되며, AP는 다시 요청 패킷을 전송하여 새로운 사이클을 시작하게 된다.

III. 성능분석 결과

본 논문에서는 전이중 통신과 반이중 통신이 혼재하는 네트워크 모델을 고려한다. 네트워크는 하나의 AP와 5개의 노드로 구성되며, 시나리오 모델은 그림 1과 같다. 본 논문에서 고려한 파라미터 값은 표 1과 같으며, 시뮬레이션은 MATLAB을 이용해 진행되었다.

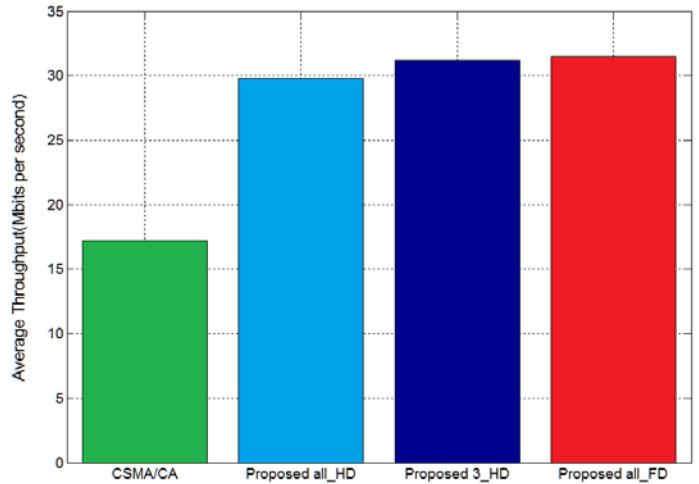


그림 2. 성능분석 결과

그림 2는 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 시뮬레이션은 기존 CSMA/CA 기반 반이중 통신방식과 제안하는 프로토콜의 네트워크에서 반이중 통신 노드의 수를 바꾸어 가며 성능 분석을 진행하였다. 성능분석 결과 제안하는 프로토콜은 최대 83%의 성능 향상을 나타낸다. 또한 네트워크가 전부 반이중 통신 노드로 구성되어 있는 경우에도, 기존의 CSMA/CA 방식에 비해 73%의 성능 향상을 보인다. 이는 경쟁 기반의 CSMA/CA 방식과 달리 중앙 제어 방식으로 충돌이 없기 때문에 처리율의 향상을 가져올 수 있기 때문이다. 시뮬레이션 결과는 제안하는 전이중 통신 방식이 향후 밀집된 네트워크 환경에서 처리율 향상을 가져올 수 있음을 보여준다.

IV. 결론

본 논문에서는 D2D 통신을 고려하는 공간정보 기반의 중앙 제어 전이중 MAC 프로토콜을 제안한다. 각 노드의 이웃노드 정보를 바탕으로 AP는 동시 전송을 최대화 할 수 있는 방향으로 스케줄링 한다. 또한 중앙 제어 방식이기 때문에 충돌이 없어, 모두 반이중 통신을 사용하더라도 기존 CSMA/CA 방식 대비 향상된 처리율 성능을 보인다. 시뮬레이션 결과는 향후 밀집된 환경에서 제안하는 프로토콜이 처리율 측면의 성능 향상을 가져올 수 있음을 나타낸다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술연구원진흥센터의 정보통신 방송연구개발사업[B0101-15-1367, 고성능, 고효율의 차세대 무선랜 무선전송 원천기술 개발]과 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2014R1A2A2A010023 21)사업의 일환으로 수행하였음.

참고 문헌

[1] J. K. Kim, W. K. Kim, J. H. Kim, "A New Full Duplex MAC Protocol to Solve the Asymmetric Transmission Time", *GLOBECOM Workshops (GC Wkshops), 2015 IEEE*

[2] J. Y. Kim, O. Mashayekhi, H. Qu, M. Kazandjjeva, and P. Levis, "Janus: A Novel MAC Protocol for Full Duplex Radio," *Stanford University, Tech. Rep., 2013*

[3] 김진기, 김재현 "Full Duplex 환경에서 Centralized/Decentralized MAC 프로토콜 성능 분석," in *Proc. 한국통신학회 동계 종합 학술 발표회, 하이원 리조트, 2016년 1월*