

# IEEE 802.11e 무선 랜에서 Direct Link Setup 을 이용한 동시 전송

\*이문영, \*최낙중, \*최성준, \*\*석용호, \*권태경, \*최양희  
\*서울대학교 전기컴퓨터공학부, \*\*LG 전자기술원  
{mylee, fomula, sjchoi, tk, yhchoi}@mmlab.snu.ac.kr, \*\*yhseok@lge.com

## Concurrent Direct Link Setup in IEEE 802.11e Wireless LANs

Munyoung Lee, Nakjung Choi, Sungjoon Choi, Yongho Seok, Ted "Taekyoung" Kwon and Yanghee Choi  
School of Computer Science and Engineering, Seoul National University.  
LG Electronics Institute of Technology.

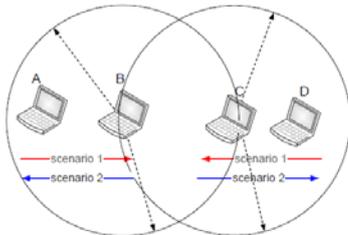
### 요 약

Normal ACK 을 사용하는 기존의 IEEE 802.11 MAC 프로토콜은 상호 간섭을 피하기 위해 동시 전송을 허용하지 않는다. 하지만 IEEE 802.11e 표준이 사용될 경우, 동시 전송이 가능한 시나리오가 존재하며, Signal-to-Interference Ratio (SIR) 값이 충분히 높다면 capture effect 에 따라 성공적으로 프레임 수신할 수도 있다. 따라서 본 논문에서는 IEEE 802.11e 표준의 direct link setup (DLS)와 Block ACK (BACK) 옵션을 활용한 동시 전송이 가능한 두 가지 시나리오와 동작 기법을 제안한다. 제안된 기법의 시뮬레이션 결과는 동시 전송을 통해 spatial reuse gain 을 얻을 수 있어서 전체적인 처리량 향상을 보여준다.

### I. 서론

기존의 IEEE 802.11 MAC 프로토콜에서는 carrier sensing (CS) 범위 내에서의 동시 전송을 허용하지 않는다. 이는 동시 전송시 발생할 수 있는 간섭이 전송 실패를 야기할 수 있기 때문이다[1-2]. 하지만 처리량 향상을 위해 Mobile Ad-hoc Network (MANET)의 특정 상황에서 동시 전송을 허용하는 기법[3]이 제안되었으며, 관련 연구[4]에 따르면 다수의 프레임들이 동시에 전송되는 경우라도 Signal-to-Interference Ratio (SIR) 값이 특정 임계값(threshold)보다 높은 경우에는 수신 측에서 capture effect 결과로 신호 세기가 가장 큰 하나의 프레임은 성공적으로 수신할 수 있다.

IEEE 802.11e 표준에는 Direct Link Setup (DLS)와 Block ACK (BACK) 옵션을 정의하고 있다. 먼저 DLS 옵션은 두 개의 QoS 지원 단말(QSTAs)이 QoS 지원 AP (QAP)의 중재 없이 직접 프레임을 교환하는 것을 허용한다. 그리고, BACK 옵션을 사용하면 매 프레임마다 ACK 을 받는 대신 QSTA 은 연속적인 프레임에 대한 하나의 BACK 을 받을 수 있다. 이러한 두 가지 옵션의 사용은 그림 1 과 같은 exposed terminal 시나리오에서 동시 전송을 가능하게 한다.



[그림 1] Exposed terminal 시나리오

본 논문에서는 exposed terminal 시나리오에서 동시 전송을 통한 잠재적인 처리량 향상에 초점을 맞춰서 IEEE 802.11e 표준의 DLS 와 BACK 옵션을 사용하는 알고리즘을 제안하고, 시뮬레이션을 통해 기존의 IEEE 802.11e 표준과의 성능을 비교 분석한다.

### II. 본론

#### A. 알고리즘

제안하는 기법은 대칭의 채널 품질(symmetric channel quality)을 가정한다. 또한, 각 QSTA 은 RTS 와 CTS 같은 제어 패킷과 NAV 정보를 일정 시간 동안 유지하게 된다. 표 1 은 제안하는 알고리즘을 나타낸다. 알고리즘에서 언급한 QSTA -A, B, C, D 는 그림 1 과 같이 배치되어 있다.

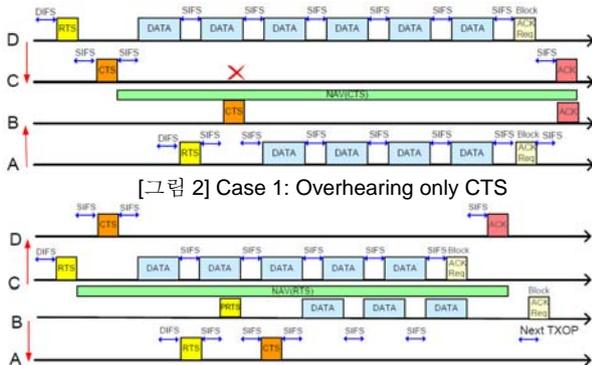
[표 1] 동작 알고리즘

< C와 D 사이에 진행중인 전송이 있을 때 >	
Case 1: STAB가 C로부터 CTS만 들었을 때	
1. 만약 A의 RTS가 B에 전송되었을 경우	
2. B는 NAV를 취소하고, A에게 CTS를 보냄	
3. A는 데이터 프레임을 연속적으로 전송	
4. A는 BACKReq를 요청	
Case2: STAB가 C로부터 RTS만 들었을 때	
1. 만약 B가 C로부터 RTS만 들었을 경우	
2. B는 Preemptive an RTS (PRTS)를 A에게 전송	
3. A는 B에게 CTS를 전송	
4. B는 데이터 프레임을 연속적으로 전송	
5. B는 next TXOP에 BACKReq를 요청	

본 알고리즘은 다음과 같은 두 가지 상황에 따라 다르게 동작한다. 먼저 그림 2 와 같이 A 와 D 가 각각 B 와 C 로 전송할 패킷을 가지고 있는 상황을 고려하자. C 와 통신하기 위해 D 는 RTS 를 C 에 전달한다. 그러면 C 는 CTS 를 D 에 전송한다. 이러한 상황에서 B 는 C 의 CTS 를 들 수 있지만 D 는 B 의 통신 범위 밖에 있기 때문에 D 의 RTS 는 들 수 없다. C 의 CTS 를 들은 B 는 NAV 값을 설정한 후 연속적인 전송이 끝날 때까지 기다리게 된다. 그런데 만약 B 가 기다리는 동안 A 의 RTS 를 듣게 되면 B 는 A 에게 CTS 를 전송한다. 이와 같이 동작하는 이유는 A 가 C 와 D 의 제어 패킷을 받지 못했다는 것은 A 에서 B 로 향하는 전송이 D 에서 C 로 진행중인 전송에 영향을 미치지 않는 것을 의미하기 때문이다. 그런데 C 는 이미 전송 중에 있기 때문에 A-B 의 통신이 새롭게 시작될 때 이를 알 수 없다. 따라서 새롭게 시작한 A-B 의 통신은 진행중인 C-D 의 통신이 종료될 때 함께 끝나야 한다. 따라서 A 로부터 받은

RTS 의 NAV 값이 진행중인 전송의 남은 기간보다 클 경우에 B 는 CTS 의 NAV 값을 C 로부터 받은 CTS 의 남은 기간으로 설정한다. 이 때 B 가 보낸 CTS 는 D→C 통신의 일부 프레임은 손상시킬 수 있다. 하지만 손상된 프레임은 BACK 을 통한 재전송될 수 있다. 또한, A 의 RTS 만 수신한 주변 노드의 NAV 값은 실제 CTS 를 통해 허락된 통신 시간보다 길 수도 있지만, A 의 데이터 프레임을 통하여 NAV 값을 재설정할 수 있다.

B 로부터 CTS 를 수신한 A 는 연속적인 프레임을 전송한 후, Block Ack Request (BACKReq)을 요청하게 된다. 그러면 B 는 다음 전송 기회 때(Transmission Opportunity, TXOP) BACK 을 전송하고, A 는 BACKReq 에 대한 ACK 을 받게 된다. 이러한 동작 방식은 IEEE 802.11e 표준에 이미 정의되어 있는 지연(delayed) BACK 메커니즘을 활용할 수 있다.



[그림 2] Case 1: Overhearing only CTS

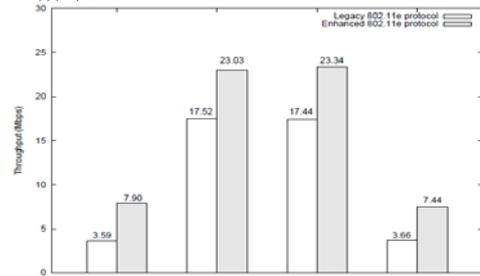
두 번째 시나리오는 C 에서 D 로의 전송이 진행중인 상태에서 그림 3 과 같이 B 가 C 의 RTS 만 듣는 경우이다. 이러한 상황에서 B 의 전송은 진행중인 C 의 통신과 충돌을 야기할 수 있기 때문에 어느 QSTA 이 B 의 프레임을 성공적으로 받을지 알 수 없다. 하지만 이 때 B 가 capture effect 에 의해 A 의 RTS 를 받게 된다면 A 는 C 의 CS 범위 밖에 있다고 예측할 수 있다. 따라서 B 는 A 에게 전송을 할 수 있다고 판단하여 Preemptive RTS (PRTS)을 A 에게 전송한다. 그러면 PRTS 를 받은 A 는 B 에게 CTS 를 보내게 된다. 그런데 A 의 CTS 는 C 의 데이터 프레임과 충돌 날 가능성이 있고, capture effect 에 의해 수신될 수도 있다. 따라서 A 의 CTS 가 B 에 성공적으로 전송되는 경우에만 B 에서 A 로의 전송이 일어나게 된다. 확률적으로는 데이터 프레임에 비해 제어 프레임의 사이즈와 PHY 전송 속도가 낮아서 capture 되기가 쉽다.

만약 B 의 전송 시간이 기존 통신의 남은 시간보다 길면 B→A 전송이 C 의 BACKReq 를 방해할 수 있기 때문에 B 의 PRTS 의 값은 (C 로부터 받은 RTS 의 남은 기간 - (ACK transmission time + SIFS)) 값보다 작아야 한다. 또한 B 의 통신이 기존 통신보다 먼저 끝나는 경우에는 기존의 통신이 끝난 후 다음 전송 기회(TXOP) 때 B 가 BACKReq 를 보낸다. 이는 B 가 알지 못하는 여러 통신이 존재할 경우 이들과의 충돌을 막기 위해서이다.

### B. 시뮬레이션 결과

본 논문에서 제안한 알고리즘을 평가하기 위해 C 언어를 사용하여 IEEE 802.11e MAC 동작 시뮬레이터를 구현하였다. PHY 값은 IEEE 802.11a 를 토대로 적용하였고, 데이터 프레임은 54Mbps, 기타 컨트롤 프레임은 6Mbps 로 전송토록 했다. 4 개의 QSTA 은 그림 1 과 같이 일렬로 배열하였고, A 와 B, 그리고 C 와 D 가 각각 프레임을 주고받게 하였다. 또한 A-B 와 C-D 통신은 서로 가까운 곳에 배치하여 capture effect 가 발생할 수 있게

했다. 각 스테이션은 전송기회(TXOP)동안 최대 8 개의 프레임을 전송하고, 항상 1500 byte 의 데이터 프레임을 준비하고 있다.



[그림 4] 각 전송 흐름의 처리량

먼저 하나의 전송 흐름만 있을 때, 각 QSTA 는 18.1 Mbps 의 처리량을 보였다. 그리고 두 개의 전송 흐름을 만들었을 때 그림 4 와 같은 결과를 얻었다. 기존의 IEEE 802.11e 프로토콜을 사용시 A→B 통신과 D→C 통신의 성능이 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 이는 exposed terminal 시나리오에서 QSTA 이 동시 전송을 할 수 없어서 채널 활용도를 떨어뜨리기 때문이다. 반면에 본 논문에서 제안한 프로토콜을 사용하면 exposed terminal 상황에서 동시 전송을 통해 효율적으로 채널을 활용하므로 향상된 처리량 결과를 얻을 수 있다. 게다가 제안된 알고리즘의 case 2 의 상황에서 capture effect 결과로 높은 채널 접근 확률을 가지므로 B→A 통신과 C→D 통신의 경우 하나의 전송 흐름에 비해 높은 처리량을 얻을 수 있다.

### III. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.11e 프로토콜의 Direct Link Setup 과 Block Ack 옵션을 사용하여 exposed terminal 시나리오에서 동시 전송이 가능한 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘을 적용한 시뮬레이션 결과는 전체적인 처리량 향상을 보여준다. 이는 동시 전송을 통한 spatial reuse gain 이 충돌로 손상되는 프레임으로 인한 처리량 감소보다 크기 때문이다. 따라서 우리는 전송 흐름간에 간섭이 발생하더라도 exposed terminal 시나리오에서 동시 전송을 허용하는 것이 훨씬 효율적이라는 것을 알 수 있다.

### 감사의 글

본 논문은 2009 년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(KRF-2007-331-D00267)

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음.

[2007-F-038-03, 미래 인터넷 핵심기술 연구]

이 연구를 위해 연구장비를 지원하고 공간을 제공한 서울대학교 컴퓨터연구소에 감사 드립니다.

### 참고 문헌

- [1] IEEE Computer Society. 802.11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, June 1997.
- [2] P. Karn. MACA-a new channel access method for packet radio. ARRL/CRRL Amateur Radio 9th Computer Networking Conference, 1990.
- [3] A. Acharya, A. Misra and S. Bansal, MACA-P: A MAC for Concurrent Transmissions in Multi-hop Wireless Networks, Proceedings of IEEE Pervasive Communications and Computing Conference (PERCOM), March 2003.
- [4] J. Lee, W. Kim, S. Lee, D. Jo, J.Ryu, T. Kwon and Y. Choi, " An Experimental Study on the Capture Effect in 802.11a Networks," in Proc. WINTECH 07, Sep 2007.