

# 에드혹 네트워크에서 MAC 프레임 결합이 TCP 성능에 미치는 영향<sup>1)</sup>

조영준, 박준상  
 홍익대학교 컴퓨터공학과  
 e-mail: k2best@hanmail.net, jsp@hongik.ac.kr

## TCP performance with MAC Frame Aggregation in Ad Hoc Networks

Young-Joon Cho, Joon-Sang Park  
 Dept of Computer Engineering, Hongik University

### 요 약

MAC 프레임 결합 기법은 다수의 MPDU (MAC protocol data units)를 하나의 PPDU (PHY protocol data units)로 결합시켜 네트워크의 데이터 전송 효율을 높이는 방법이다. 본 논문에서는 프레임 결합 기법이 에드혹 네트워크에서 TCP 성능에 미치는 영향을 살펴본다.

### 1. 서론

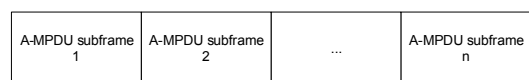
에드혹 네트워크에서 전송량을 증가시키는 방법의 하나로 패킷(packet) 또는 프레임(frame) 결합 (aggregation) 기법을 사용한다. 통신망에서의 기본적인 정보 전송의 단위라 할 수 있는 프레임 또는 패킷에는 payload 데이터 외에 여러 부가적인 정보를 담고 있는 헤더가 존재한다. 또한 프레임 전송 전후에 필요 불가결한 대기 시간과 부가적인 제어 패킷 등의 전송이 필요하다. 이에 다수의 프레임을 하나의 프레임으로 결합하여 전송하면 이러한 전체 전송 시간에서 헤더, 대기시간, 제어 패킷 등이 차지하는 시간 비율이 줄어들고, 실제 payload 데이터의 전송이 차지하는 시간의 비율을 높여 네트워크에서의 데이터 전송 효율을 높일 수 있다. 일반적으로 데이터 전송 속도가 높아질수록 프레임 결합 기법의 효과가 크게 나타나는데 IEEE 802.11[1] 기반 무선망을 예로 들면 이는 데이터 전송 속도가 높을수록 패킷화로 인한 오버헤드가 크고 전송 속도가 낮을수록 오버헤드가 낮기 때문이다. 데이터 전송 속도가 높아지면 실제 데이터를 전송하는데 필요한 시간은 줄어드는데 반하여 헤더 전송에 필요한 시간 및 대기 시간은 변하지 않기 때문이다. 이에 따라 최근 제정된 무선 LAN 규약인 IEEE 802.11n[2] 등과 같이 매우 높은 데이터 전송 속도를 지원하는 규약에서는 패킷 결합 기능이 포함되어 있다. 즉, IEEE 802.11n에서는 MAC(Media Access Control) 계층에서 여러 개의 MAC protocol data

units (MPDU)를 결합하여 하나의 PHY protocol data unit (PPDU)로 보내는 MAC 프레임 결합 기법을 사용하고 있다.

본 논문에서는 정적 에드혹 무선 네트워크 환경에서 패킷 결합이 TCP[3] 성능에 미치는 영향을 알아본다. 기존의 유사 연구들로는 [4]등이 있다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 MAC 프레임 결합 기법에 대하여 설명하고, 3장에서는 시뮬레이션 실험을 통하여 패킷 결합이 TCP의 성능에 미치는 영향을 살펴보고, 마지막으로 4장에서는 결론을 도출한다.

### 2. 프레임 결합 기법

IEEE 802.11n에서는 그림 1과 같은 프레임 결합 포맷을 제공한다. 다수의 MPDU로 하나의 A-MPDU 프레임을 구성하여 하나의 PPDU로 전송한다. 이 때, 동일한 수신자에게 보내지는 여러 개의 MPDU가 A-MPDU로 결합된다. 이러한 새로운 프레임 포맷은 다수의 MPDU를 하나의 PPDU로 합병하여 오버헤드 감축 효과를 효율적으로 달성 할 수 있게 한다.



(그림 1) A-MPDU 형식

프레임 결합 기법을 사용하기 위해서는 각 노드에서 다

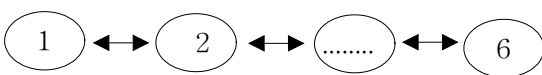
1) 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2010-0005334, 2010-0027410).

음과 같은 절차를 밟는다.

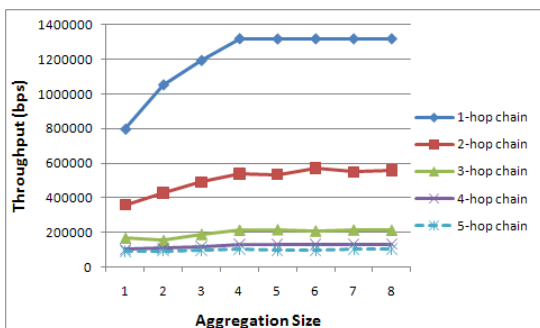
1. RTS 전송 전에 전송자는 최대한 많은 MPDU를 하나의 PPDU로 묶고, RTS 프레임의 duration 부분을 PPDU 크기에 해당하는 전송 시간으로 설정한다.
2. 전송자는 RTS를 수신자에게 보내고, 수신자는 CTS 프레임을 전송자에게 보낸다.
3. 전송자는 다중의 MPDU를 포함하고 있는 PPDU를 수신자에게 전달한다.
4. 데이터 수신이 완료되면 수신자는 전송자에게 ACK 프레임을 보낸다.

### 3. 실험 및 결과

프레임 결합을 사용하는 애드혹 네트워크에서의 TCP 성능을 살펴보기 위하여 네트워크 시뮬레이션 툴인 QualNet[5]에 MAC 프레임 결합 기능을 구현하여 실험을 수행하였다. 실험 환경은 다음과 같다. 먼저 그림2와 같이 300m 간격으로 직선 형태로 나열된 노드들로 네트워크를 구성하였다. 전파 도달 범위가 376m이고 데이터 전송 속도는 2Mbps인 IEEE 802.11b PHY/MAC을 가정하였다. 양단간의 거리 또는 홉(hop)수 변화에 따른 TCP 성능의 변화를 보고자 1번 노드에 위치하는 전송자가 2번과 6번 사이에 존재하는 수신자에게 TCP-Reno 기반의 FTP 트래픽을 발생시키도록 하여 전송율(throughput)을 측정하였다. TCP의 MSS(Maximum Segment Size)는 512 bytes이고 FTP가 발생시키는 패킷의 크기는 QualNet에서 지정된 특정 분포[6]를 따른다. 수신자가 2번 노드에 존재하는 경우 전송자와 수신자 사이의 거리는 1홉이므로 결과 그래프에서는 1-hop chain, 수신자가 3번 노드에 존재하면 거리가 2홉이므로 그래프에는 2-hop chain으로 표기된다.



(그림 2) 시뮬레이션 토폴로지



(그림 3) 최대 결합 개수의 및 홉수 변화에 따른 TCP 성능 변화

MAC 패킷 결합 기법의 TCP 성능에 대한 영향을 살펴보고자 최대로 결합될 수 있는 MAC 프레임 개수를 1 부

터 8 까지 변화시키지며 실험하였고 그 실험 결과가 그림 3에 제시되어 있다. 결합 가능 프레임 개수가 1로 설정되었을 경우는 모든 노드에서 MAC 프레임 결합 기능이 사용되지 않은 경우와 같고 그래프에서 Aggregation Size로 표기되는 최대 결합 가능 프레임 개수가 8로 설정되었을 경우 각 노드에서 최대 8개의 MPDU가 하나의 PPDU에 결합되어 전송될 수 있다. 각 노드에서 프레임 결합 기법을 사용하면 전송자와 수신자 사이의 홉수에 따라 TCP의 성능이 15%에서 65%까지 향상되는 것을 그래프에서 볼 수 있다. 1-hop chain의 경우 최대 결합 가능 프레임 개수를 1에서 4이상 까지 증가시키면 TCP 데이터 전송율이 65% 가까이 증가하는 것을 볼 수 있고 최대 결합 가능 프레임 개수가 4 이상인 경우 추가적인 성능 향상은 없었다. 대부분의 경우 최대 결합 가능 프레임 개수가 일정 수준 이상이면 수율이 크게 차이나지 않는 것을 알 수 있고 전송자와 수신자 사이의 홉 거리가 증가할수록 결합 기법의 사용에 따른 데이터 전송의 향상이 크지 않을 것을 알 수 있다.

### 3. 결론

본 논문에서는 애드혹 네트워크에서 패킷 결합 기법이 TCP 성능에 어떠한 영향을 미치는지에 대하여 알아보았다. 이에 다수의 프레임을 하나의 프레임으로 결합하여 전송하면 오버헤드를 줄여 네트워크에서의 데이터 전송 효율을 높일 수 있다. IEEE 802.11에 기반한 무선 애드혹 네트워크에서의 모의 실험 결과 프레임 결합 기법을 이용하는 경우 TCP 데이터 전송율이 최대 65%까지 증가하는 것을 알 수 있었다.

### 참고문헌

- [1] <http://grouper.ieee.org/groups/802/11/>, IEEE 802.11.
- [2] IEEE 802.11n-2009-Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput. IEEE-SA. 29 October 2009. doi:10.1109/IEEESTD.2009.5307322
- [3] "Transmission Control Protocol," RFC 793, Sep. 1981.
- [4] B. Ginzburg and A. Kesselman, "Performance analysis of A-MPDU and A-MSDU aggregation in IEEE 802.11n," in Proc. IEEE Sarnoff Symposium, 2007.
- [5] Qualnet. <http://www.scalable-networks.com>
- [6] P. Danzig and S. Jamin, "tcplib: A library of internetwork traffic characteristics," USC Technical Report, Computer Science Department, 1991, Report CS-SYS-91-01.