

MAC 프레임 집합 전송과 블록 ACK 사용에 따른 IEEE 802.11n 수율 분석

MAC Throughput Analysis of MAC Aggregation and Block ACK in IEEE 802.11n

문국현¹ · 정민영^{1*} · 조강윤^{2*}

Kuk Hyun Moon · Min Young Chung · Kang Yun Cho

Abstract - In wireless network environments, as users' demands on high-speed data communications due to increase of multi-media services, the necessity of new high-speed WLAN technologies has appeared. Nowadays, IEEE is standardizing a new WLAN protocol called as IEEE 802.11n. To effectively use wireless resources, IEEE 802.11n introduces MAC aggregation function which is similar to that in IEEE 802.11e. In case of transmitting several frames without MAC aggregation, the frames include individual frame header and trailer, and their corresponding acknowledgement frames can appear on wireless link. However, if they are aggregated into single MAC frame, we can reduce the number of used bits due to frame headers/trailers and also remove redundant acknowledgement frames. In this paper, we explain two different MAC frame aggregation methods for IEEE 802.11e and IEEE 802.11n and evaluate their throughput by simulations.

Key Words :WLAN (Wireless Local Area Network), IEEE 802.11, IEEE 802.11n, Frame Aggregation, Throughput

1. 서론

네트워크 접속 및 네트워크 구성의 편의성 때문에 각광받기 시작한 WLAN은 최근 사용자들의 멀티미디어 데이터 통신에 대한 요구의 증가로 과거보다 고속화된 데이터를 처리할 수 있도록 성능 향상이 필요하게 되었다. 그러나 IEEE 802.11 계열인 IEEE 802.11b/g/a MAC은 최대 2, 11, 54Mbps의 데이터 전송 제공을 목적으로 설계되었기 때문에 100Mbps 이상의 데이터 전송을 위하여 기존의 MAC을 수정 없이 적용하는 것은 적합하지 않다[1][2][3]. IEEE 802.11의 데이터 전송 한계를 극복하기 위하여 제안된 IEEE 802.11n은 IEEE 802.11 MAC, PHY 기능을 수정, 보완하여 표준화 진행 중이다[4].

IEEE 802.11보다 향상된 IEEE 802.11n의 대표적인 MAC 기능 중 하나인 데이터 집합 전송은 동일 목적지 주소를 갖는 데이터 프레임들을 하나의 프레임으로 구성하여 목적지로 전송함으로써, 통신 제어 정보의 양을 줄여 전송 수율을 높일 수 있다. IEEE 802.11 환경에서는 데이터 프레임의 길이가 작을수록 전송 데이터와 비교하여 제어 정보 양이 많아지게 되어 시스템 수율이 감소하게 된다. 반면, 데이터 집합 전송 방식은 데이터 프레임 대비 제어정보의 양이 상대적으로 감소하여, 시스템의 수율이 감소하는 현상을 막을 수 있으며 수신 프레임에 대한 개별 ACK를 하나의 블록 ACK로 집합 전

송함으로써 채널 사용의 효율성을 증가시킨다.

IEEE 802.11n의 데이터 집합 전송은 IEEE 802.11e의 데이터 집합 전송을 기반으로 설계되어, 기존 집합 전송을 변형 없이 사용할 수 있어 네트워크의 호환성을 제공한다.

본 논문에서는 WLAN의 고속 통신 규격인 IEEE 802.11n의 데이터 집합 전송 방식과 IEEE 802.11e의 데이터 집합 전송 방식을 비교하여 설명하고, 각 데이터 집합 전송 방식이 시스템의 수율에 미치는 영향에 대하여 분석한다. 2절에서는 IEEE 802.11e와 IEEE 802.11n의 데이터 집합 전송에 대하여 설명하며, 3절에서는 시뮬레이션을 통하여 성능을 분석한다. 4절에서는 결론 및 향후 과제에 대하여 설명한다.

2. IEEE 802.11e/n 데이터 집합 전송

IEEE 802.11 개별 ACK 방식으로 여러 개의 프레임이 동일한 목적지 및 발신지 주소를 가지고 전송되는 경우, 수신 측은 개별 프레임에 대한 응답으로 ACK 프레임을 전송한다. 개별 ACK 방식은 그림 1의 (a)와 같이 중복되는 제어 데이터 전송으로 사용자 데이터 전송에 소요되는 시간 대비 제어 데이터 전송에 소비되는 시간 지연이 증가하여, 시스템 성능을 저하시킨다[5].

제어 데이터의 중복 사용으로 인한 효율성 저하를 방지하기 위하여 IEEE 802.11e MAC은 데이터 집합 전송 기능을 제공한다[6]. 그림 1의 (b)과 같이 동일한 목적지, 발신지 주소를 가지고 전송되는 프레임은 전송이 완료된 후에 블록 ACK 요구 프레임을 보내며, 블록 ACK 요구 프레임에 대한 응답인 블록 ACK 프레임은 모든 수신 프레임에 대한 ACK

저자 소개

* 문국현¹: 成均館大學 電氣電子工學科 碩士課程

** 정민영^{1*}: 成均館大學 電氣電子工學科 副教授 · 工博

*** 조강윤^{2*}: 延慶大學 電氣電子工學科 博士課程

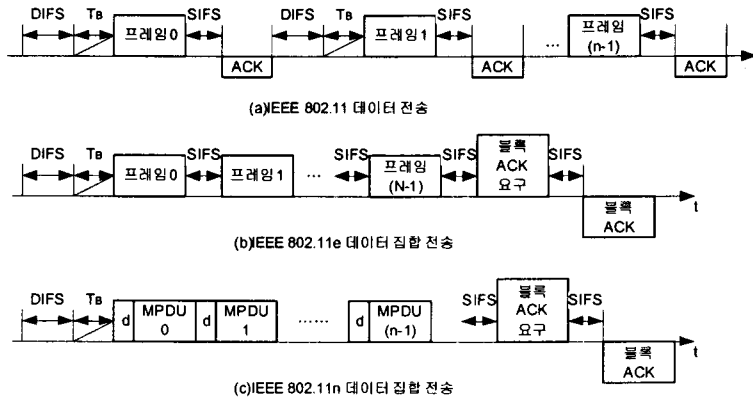


그림 1. 데이터 집합 전송 비교

를 대표한다. 이와 같은 방식은 개별 ACK 프레임이 전송되는 시간과 개별 ACK를 주고받을 때 발생하는 SIFS 시간을 줄여 시스템 수율을 향상 시킨다. 특히, 전송하는 프레임의 크기가 작은 경우 데이터 프레임에 대한 제어 프레임의 양이 상대적으로 많아지므로, 개별 ACK 방식과 데이터 집합 전송 방식의 수율 차이는 더욱 커지게 된다.

IEEE 802.11e의 데이터 집합 전송 방식의 수율을 향상 시키기 위하여 IEEE 802.11n은 그림 1(c)와 같이 SIFS 시간에 대한 구분 없이 연속으로 데이터 프레임을 전송한다. 전송되는 프레임은 앞에 구분자를 삽입하여, 수신측이 프레임을 구분할 수 있다. 그림 1(c)에서 MPDU 앞의 d 는 MPDU 구분자를 나타낸다.

3. 성능 평가

에러가 없는 채널 환경에서 페이로드 길이가 L 로 모두 동일한 N 개의 프레임이 전송된다고 가정할 경우, 수율 τ 를 N 개의 프레임 전송에 소요되는 총 시간 대비 페이로드 전송 시간으로 정의하면, IEEE 802.11e의 데이터 집합 전송 수율은 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$\tau = \frac{N \times T_p}{T_B + (T_C + N \times SIFS) + N \times T_d} \quad (1)$$

식(1)에서 T_p 는 페이로드 전송 시간이며, T_d 는 프레임 전송 시간이다. T_B 는 평균 백오프 시간이며, 최소 경쟁 윈도우 크기가 31 시간 슬롯이므로 평균 지연 시간은 15 시간 슬롯이다. 프레임이 전송될 때 각 프레임은 SIFS 간격을 두고 연속 전송되므로 N 개 프레임 전송에 소요되는 시간은 $N \times SIFS$ 이 된다. T_C 는 송수신 간의 제어 데이터 전송 시간으로 식(2)와 같다.

$$T_C = DIFS + 3 \times SIFS + RTS + CTS + T_{bk} \quad (2)$$

T_{bk} 는 블록 ACK 요구 프레임과 블록 ACK 프레임 전송 시간이다. RTS는 송신측의 데이터 전송 요구 프레임이며, CTS는 RTS에 대한 수신측의 응답 프레임이다. 식 (1)에서 τ 의 분자 T_p 는 데이터 전송 속도 R 을 고려하여 표현하면

L/R 이고, L 이 상수 이므로 T_p 는 전송 속도 R 에 의하여 결정된다. 분모의 T_d 도 전송 속도 R 과 프레임 헤더의 길이 L_{header} 을 이용하여 표현하면 $(L + L_{header})/R$ 이 된다.

IEEE 802.11n의 데이터 집합 전송 방식을 사용하여, N 개의 MPDU가 전송될 때 수율은 식 (3)과 같이 표현된다.

$$\tau = \frac{N \times T_{MPDU}}{T_B + T_C + SIFS + N \times T_d} \quad (3)$$

IEEE 802.11e의 수율과 동일 환경에서 수율을 분석하기 위하여 길이가 L 로 동일한 N 개의 MPDU가 전송된다고 가정한다. T_{MPDU} 는 하나의 MPDU 전송 시간이며, T_d 는 MPDU와 MPDU 구분자 d 의 전송 시간이다. T_C 는 송수신 간에 제어 데이터 전송에 소요되는 시간으로 식 (4)와 같다.

$$T_C = DIFS + 3 \times SIFS + RTS + CTS + T_{bk} \quad (4)$$

식 (4)의 T_{bk} 는 IEEE 802.11n의 블록 ACK 요구 프레임과 블록 ACK 프레임의 전송 시간이며, T_B , T_{bk} , T_C , $SIFS$ 는 상수이다. 데이터 전송 속도 R 을 고려하여 전송 시간을 나타내면 $T_{MPDU} = L/R$ 이며, $T_d = (L + L_d)/R$ 이다. L_d 는 MPDU 구분자 d 의 길이를 나타낸다.

그림 2와 3은 SIFS 16 μ S, DIFS 34 μ S, 시간 슬롯 9 μ S 조건에서 시뮬레이션 한 결과이다. 그림 2는 프레임 길이가 30바이트, 110 바이트 일 때 IEEE 802.11n의 집합 전송 수율을 분석한 그래프이며, 그림 3은 IEEE 802.11e/n의 수율을 비교한 그래프이다. SIFS, DIFS는 전송 속도 증가에 독립적인 시간이므로, 식 (1)과 식 (3)에서 전송 속도 R 에 독립적인 상수이다. 따라서 전송 속도에 독립적인 제어 시간은 데이터 전송 속도가 증가할수록 시스템의 수율을 감소시킨다. IEEE 802.11n 데이터 집합 전송은 전송 프레임 간격을 SIFS로 구분하지 않으며, 개별 프레임 마다 중복되는 오버헤드를 줄여 데이터 전송 속도 증가에 따른 수율 감소를 개선한다.

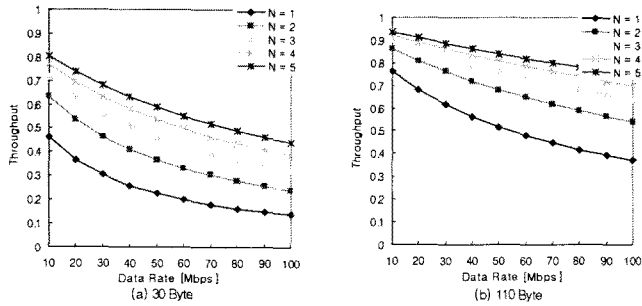


그림 2. 프레임 길이에 따른 IEEE 802.11n 데이터 집합 전송 수율

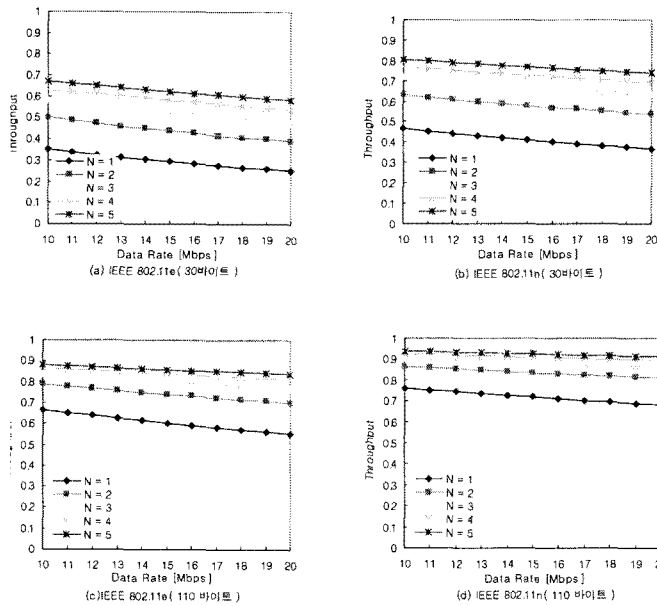


그림 3. IEEE 802.11e/n 데이터 집합 전송 수율 비교

4. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.11e와 IEEE 802.11n의 데이터 집합 전송 방식의 차이에 대하여 설명하고 시뮬레이션을 통하여 수율을 분석하였다. 두 방식 모두 데이터 전송 속도가 증가함에 따라 전송 수율이 감소한다. 그러나, IEEE 802.11n의 제어 데이터 전송 시간이 IEEE 802.11e에 비하여 감소하므로, 전송 속도 증가에 따른 수율 감소 폭이 적다. 데이터 집합 전송 분석은 에러와 단말의 경쟁이 없는 채널을 가정하여 분석하였으므로, 향후 데이터 전송 에러와 단말의 경쟁을 고려한 추가 연구가 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] IEEE 802.11b WG : Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specification : High-speed Physical Layer Extension in the 2.4G Band, IEEE Sep. 1999.
- [2] IEEE 802.11a WG : Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specification : High-speed Physical Layer Extension in the 5G Band, IEEE Sep. 1999.
- [3] IEEE 802.11g WG : Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specification : Further High-speed Physical Layer Extension in the 2.4G Band, Apr. 2003.
- [4] IEEE 802.11-04/0889r6 : "TGn Sync Proposal Technical Specification", May 2005.
- [5] Y. Xiao and J. Rosdahl, "Throughput delay limits of IEEE 802.11," IEEE Communications Letters, vol. 6, No. 8, pp. 355-357, Aug. 2002.
- [6] P. Ferre and A. Doufexi, "Throughput Analysis of IEEE 802.11 and IEEE 802.11e MAC", in Proc. of WCNC. Vol. 2, pp. 783-788, Mar. 2004.