IEEE 802.11n 기반 무선랜에서 집적 프레임의 집적방법에 따른 성능 비교

정하경, 권태경, 최양희
서울대학교
hkjung@mmlab.snu.ac.kr, tk@snu.ac.kr, yhchoi@snu.ac.kr

Performance Comparison of Different MPDU Aggregation Framing in IEEE 802.11n Wireless LANs

Hakyung Jung, Ted " Taekyoung" Kwon, Yanghee Choi
Seoul National Univ.

요 약

본 논문은 IEEE 802.11n 기반의 무선랜에서 집적 프레임의 전송 효율에는 서브프레임의 길이뿐만 아니라 집적되는 서브프레임의 개수가 중요한 요인임을 지적하고, 네 가지 서브프레임의 길이 및 집적 횟수의 조립조합에 대하여 goodput 성능을 산출하여 서로 비교 하였다. 성능 비교 결과, 서브프레임의 길이를 줄이되 집적 횟수를 증가시키면, 프레임 에러율이 줄어들어 견고한 전송이 가능한 동시에 MAC 오버헤드의 증가를 최소화할 수 있음을 관찰할 수 있었다. 또한, 최적의 조립조합은 채널 상황에 따라 달라짐을 확인할 수 있었다.

Ⅰ. 서론

무선 전송에서는 일반적으로 전송 프레임의 길이가 길어지면 비트 에러의 증가로 인해 전체 프레임의 에러율이 높아지지만, 헤더 등의 오버헤드가 상대적으로 감소하므로 전송의 효율은 증가하게 된다. 반대로, 전송하는 프레임의 길이가 짧아지면 프레임의 에러율은 낮아지지만 오버헤드가 증가하므로 전송 효율은 낮아지게 된다. 따라서, 무선 환경에서의 최적의 프레임 길이로 프레임을 전송함으로써 데이터 전송을 최적화하기 위한 연구는 새로운 전송기술이 도입될 때마다 늘 중요한 연구로서 진행되어왔다 [1][2]. IEEE 802.11n 표준에서는 MAC 계층의 throughput 향상을 위해서 프레임 집적 (Frame Aggregation) 메커니즘이 새롭게 도입되었다. 프레임 집적은 여러 개의 MSDU 나 MPDU 를 하나로 묶어 여러 개의 프레임을 각각 따로 전송하는데 드는 오버헤드를 줄이는 방법이다. 이와 같이 프레임 집적은 MSDU 집적(A-MSDU)와 MPDU 집적(A-MPDU)의 두 가지 종류가 있으나 본 논문에서는 서브프레임에 에러가 발생하였을 때 뒤따르는 서브프레임은 이와 무관하게 수신할 수 있는 MPDU 집적만을 다룬다. 최적의 전송률로 집적 프레임을 전송하기 위해서는 서브프레임의 길이만을 고려하였던 기존 연구(예, [3][4])와는 달리 서브프레임의 길이와 집적되는 서브프레임의 개수라는 두 가지를 동시에 고려하여야 한다. 짧은 서브프레임의 길이는 프레임 에러율을 낮춰 견고한 전송을 가능하게 하며, 짧아진 서브프레임 길이에 의해 짧아진 서브프레임 전송시간은 프레임 집적을 통해 더 많은 개수의 서브프레임을 집적하는 것을 가능하게 한다. 따라서, 서브프레임의 길이를 짧게 하되, 집적하는 서브프레임의 개수를 늘린다면, 환경에 따라서는 에러율을 낮추면서도 전송 효율은 유지하거나 더 높이는 결과를 얻는 것이 가능할 것이다. 본 논문에서는 서브프레임의 길이만 조절했던 기존 연구와 달리, 서브프레임의 길이에 반비례하여 프레임 집적 개수를 조절하는 몇 가지 서로 다른 조립방법의 goodput 을 비교한다.

Ⅱ. 본론

서로 다른 서브프레임 길이와 집적된 서브프레임 개수가 goodput 성능에 미치는 영향을 알아보기 위해 집적 프레임의 서브프레임의 길이와 집적된 서브프레임의 개수를 다음의 네 가지 조합으로 변경하여 각각에 대해 goodput 을 계산하였다.

1) 서브프레임 길이: 3000 bytes, 집적 개수: 5 개
2) 서브프레임 길이: 1500 bytes, 집적 개수: 10 개
3) 서브프레임 길이: 750 bytes, 집적 개수: 20 개
4) 서브프레임 길이: 375 bytes, 집적 개수: 40 개

Goodput 의 계산은 [2]에서 제안한 goodput 산출식을 802.11n 의 집적 프레임에 맞춰 수정하여 사용하였다. 자세한 계산식은 지면 관계상 생략한다. Data rate 은 39 Mbps 로 고정하였으며, Block ACK 프레임 등에

사용되는 Basic rate 은 가장 낮은 6.5 Mbps 로 항상 전송된다고 가정하였다. 또한, 매 서브프레임 마다 CRC 및 delimiter signature 등을위해 16 bytes 의 오버헤드가 필요함을 고려하였다. Goodput 계산을 위해 사용된 주요 특성값은 표 1 과 같다. 서로 다른 서브프레임 길이에 대한 프레임 에러율을 산출하는 데는 [5]에서 제안한 Exponential Fitting 방법을 사용하였다.

Characteristics	*Value*
Doppler Spread	16.67 Hz
Slot time	9 μ s
SIFS time	16 μ s
Min contention window size	15
PLCP preamble duration	16 μ s
PLCP SIGNAL field duration	4 μ s
OFDM symbol interval	4 μ s
Data rate	39 Mbps
Basic rate	6.5 Mbps
MAC Overhead per subframe	16 bytes

표 1. IEEE 802.11n 의 특성값

그림 1 은 네 가지 조합의 서브프레임 길이 및 집적된 서브프레임 개수 조합의 신호대잡음비 (SNR)에 대한 goodput 계산 결과를 도시한 것이다. 먼저, SNR 이 충분히 높아 채널 상태가 매우 양호한 경우에는 서브프레임의 길이가 가장 길 때 가장 높은 goodput 을 보였다. 채널 상태가 매우 양호한 경우에는 프레임 에러가 거의 발생하지 않으므로 서브프레임의 길이가 길어 프레임 집적 횟수가 줄어들면 MAC 오버헤드가 줄어들기 때문이다. 반대로 서브프레임의 길이가 짧은 경우에는 프레임 집적 횟수가 잦아짐에 따라 오버헤드가 증가하여 최대 goodput 이 작아짐을 알 수 있다.

한편, SNR 이 점차 낮아짐에 따라 서브프레임의 길이가 짧은 조합의 goodpu 성능이 상대적으로 더 좋아지는 것이 관찰된다. 일반적으로 SNR 이 낮아지면 프레임 에러율이 높아지지만, 서브프레임의 길이를 줄임으로써 보다 견고한 전송이 가능해지는 것이다. 이 때, 서브프레임의 길이를 줄임과 동시에 프레임 집적 횟수를 증가시켰기 때문에 MAC 오버헤드의 증가를 상쇄할 수 있다. 결과적으로 서브프레임의 길이가 3000 Bytes 이고 서브프레임 개수가 5 개인 조합에서는 SNR 이 13 dB 일 때 거의 전송이 불가능하지만, 서브프레임의 길이가 375 Bytes 이고 서브프레임이 40 개인 조합을 사용하면 여전히 30 Mbps 에 가까운 goodput 을 유지할 수 있는 것을 알 수 있다.

그림 1 이 보여주는 또 하나의 중요한 함의는 특정 조합이 항상 가장 좋은 성능을 보이지 않는다는 것이다. SNR 구간에 따라 가장 좋은 조합이 달라짐을 그림에서 확인 가능하다. 따라서, SNR 변화에 맞춰 서브프레임 길이와 집적되는 서브프레임 개수의 조합을 적응적으로 조절하면 goodput 성능을 매우 높일 수 있을 것으로 기대된다.

Ⅲ. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.11n 무선랜에서 집적 프레임의 전송 효율에는 서브 프레임 길이뿐 아니라 집적되는 서브프레임의 개수가 중요한 요소임을 지적하였다. 또한, 이를 입증하기 위하여 네 가지 집적 프레임의 조립방법 조합에 대하여 goodput 을 산출하여 비교하였다. 그 결과, 주어진 채널 상황 (SNR)에 따라 최적의 조립방법 조합이 다름을 확인할 수 있었다. 향후, 주어진 채널 상황에 적응적으로 최적의 집적 프레임의 조립방법을 변경하는 기법을 연구하는 방향으로 본 연구를 확장할 계획이다.

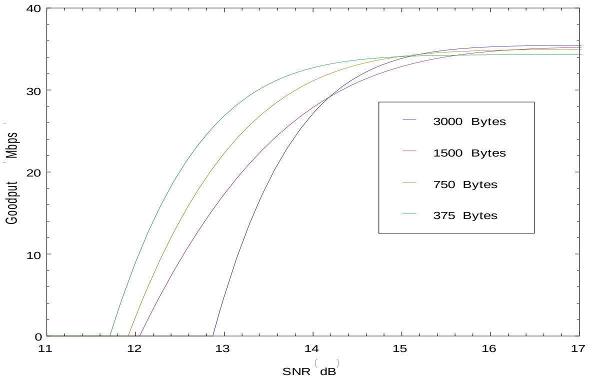

그림 1. 집적 프레임의 각 조립방법의 신호대잡음비 (SNR)에 대한 goodput 결과

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 기초기술연구회의 NAP 과제 지원으로 수행되었음. 이 연구를 위해 연구장비를 지원하고 공간을 제공한 서울대학교 컴퓨터연구소에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

[1] P. Lettieri and M.B. Srivastava, " Adaptive frame length control for improving wireless link throughput, range, and energy efficiency," in *Proc. IEEE INFOCOM* 1998.

[2] D. Qiao, S. Choi and K.G. Shin, "Goodput analysis and link adaptation for IEEE 802.11a wireless LANs," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, pp. 278 – 292, vol. 1, no. 4, Oct-Dec 2002.

[3] F. Zheng and J. Nelson, " Adaptive Design for the Packet Length of IEEE 802.11n Networks," in *Proc. IEEE ICC*, 2008.

[4] Y. Lin and V.W.S. Wong, " Frame Aggregation and Optimal Frame Size Adaptation for IEEE 802.11n WLANs," in *Proc. IEEE GLOBECOM* 2006.

[5] Q. Liu, S. Zhou, and G.B. Giannakis, " Cross-Layer combining of adaptive Modulation and coding with truncated ARQ over wireless links," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 3, no. 5, pp. 1746-1755, Sep. 2004.