

정규논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제20권 제2호, 2015년 3월 (JBE Vol. 20, No. 2, March 2015)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2015.20.2.300>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

IEEE 802.11n의 2-레벨 집적 방식에서 최소 MPDU 시작 간격을 이용하는 새로운 재전송 방법

신 인 철^{a)}, 김 동 회^{a)†}

New Retransmission Method using the minimum MPDU starting Spacing in Two-level Aggregation of IEEE 802.11n

In Cheol Shin^{a)} and Dong-Hoi Kim^{a)†}

요 약

IEEE 802.11n 무선랜에서 높은 처리율을 지원하기 위하여 미디어 접근 제어(MAC) 계층은 A-MSDU(Aggregate-MAC Service Data Unit)와 A-MPDU(Aggregate-MAC Protocol Data Unit)를 채택하고 있다. 일반적으로, A-MPDU는 선택적 재전송 기능을 사용하기 때문에 A-MSDU보다 높은 처리율 성능을 보이고 있다. 그러나 A-MPDU가 선택적 재전송 기능을 사용할지라도 A-MPDU 내부의 MPDU의 크기가 최소 MPDU 시작 간격 크기보다 작은 MPDU의 경우에는 더미(dummy) MPDU인 구분자(delimiter)의 추가로 인한 재전송 오버헤드 때문에 처리율의 저하현상이 발생하게 된다. 따라서 상기의 문제점을 해결하기 위하여 A-MPDU 내부의 MPDU의 크기가 최소 MPDU 시작 간격 크기보다 작은 경우에 A-MPDU 내부의 MPDU가 구분자로 채워지는 것이 아니라 A-MSDU로 채워지는 2-레벨(two-level) 집적 방식이 소개되었다. 상기의 2-레벨 집적방식에서, 기존 재전송 방법은 오직 A-MPDU에 대해서만 재전송을 수행하고 있지만 본 논문에서 제안하는 재전송 방법에서는 재전송 데이터의 크기가 최소 MPDU 시작 간격 크기보다 작은 경우에 신규 MSDU들과 재전송 MSDU들을 함께 집적하여 재전송을 수행한다. 따라서 제안한 재전송 방법이 기존의 재전송 방법보다 더 좋은 처리율 성능을 가진다.

Abstract

In IEEE 802.11n WLANs(Wireless Local Area Networks), to support high throughput, MAC(Media Access Control) layer adopts A-MSDU(Aggregate-MAC Service Data Unit) and A-MPDU(Aggregate-MAC Protocol Data Unit). Generally, as the A-MPDU uses a selective retransmission capability, A-MPDU provides higher throughput than A-MSDU. However, although A-MPDU uses the selective re-transmission capability, if the size of MPDU within A-MPDU is smaller than the size of minimum MPDU starting spacing, A-MPDU can reduce throughput because of the overhead of retransmission owing to the addition of delimiter, that is a dummy MPDU. Therefore, to overcome the above problem, two-level Aggregation method, where the small MPDU within A-MPDU is replaced by not delimiter but A-MSDU, has been introduced. In the two-level Aggregation method, the existing re-transmission scheme retransmits only A-MPDU, but if the size of retransmission data is smaller than the size of the minimum MPDU starting spacing, the proposed retransmission scheme retransmits the aggregated retransmission data and MSDUs. Therefore, we know that the proposed retransmission scheme have better throughput that the existing retransmission scheme.

Keywords: IEEE 802.11n, A-MPDU, A-MSDU, Retransmission, Two-level Aggregation, Throughput

1. 서론

국제전기전자학회(IEEE)의 작업 그룹에서 개발한 IEEE 802.11 기반 무선랜 기술 규격으로는 802.11, 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n이 있으며, 이들은 전송률, 보안, 서비스 품질 측면에서 성능 개선을 위한 규격들이다. 또한 네트워크 접속 및 네트워크 구성의 편의성 때문에 무선 랜 기술은 과거보다 고속화된 정보를 처리 할 수 있도록 성능 향상이 필요하게 되었다. 기존의 IEEE 802.11b/g/a 미디어 접근 제어(MAC: Media Access Control) 계층은 최대 2, 11, 54 Mbps의 정보 전송 속도를 목적으로 설계되었기 때문에 100 Mbps이상의 정보 전송 속도를 구현하기 위해서는 기존의 미디어 접근 제어 계층의 수정이 불가피하다. 따라서 IEEE 802.11n은 기존 미디어 접근 제어 계층과 물리 계층 기능을 수정 보완하여 보다 높은 전송 속도를 얻기 위한 표준이다^[1]. 특히, IEEE802.11n에 미디어 접근 제어 계층에서는 높은 전송 속도 목표를 달성하기 위하여 프레임 집적(Frame Aggregation)이라는 기술을 사용하고 있다. 미디어 접근 제어 계층의 단위는 크게 두 개로 나누어지는데 실질적인 정보를 갖는 데이터를 MSDU(MAC Service Data Unit)이라고 하고, MSDU들을 실어 나르는 운반체 역할을 하는 것이 MPDU(MAC Protocol Data Unit)이다. 프레임 집적 방식은 A-MSDU(Aggregate-MAC Service Data Unit)와 A-MPDU(Aggregate-MAC Protocol Data Unit) 방식이 존재하고 A-MSDU는 우선순위가 같고 동일한 DA (Destination Address)로 향하는 다수의 MSDU를 하나의 MSDU로 집적하는 방법이고 A-MPDU는 하나 이상의 MPDU를 집적하여 구성하는 것이다^{[2][3]}. 본 논문에서 다루는 주제인 A-MPDU 방식은 기존에 MPDU를 하나씩

보내던 것을 여러 개 집적하여 보냄으로써 하나의 MPDU를 전송할 때 발생하는 오버헤드(백 오프, Ack 전송, 물리 계층 오버헤드)를 줄임으로써 높은 처리율을 나타낼 수 있다^{[4][5]}.

그러나 상기의 A-MPDU 방식도 A-MPDU 내부의 MPDU의 크기가 최소 MPDU 시작 간격 (t_{MMSS} : Minimum MPDU Start Spacing) 크기보다 작은 MPDU인 경우에는 더미(dummy) MPDU인 구분자(delimiter)의 추가로 인한 전송 오버헤드 때문에 처리율 저하현상이 발생하게 된다. 따라서 이러한 처리율 저하 문제를 해결하기 위해서 적응적 2-레벨 집적 방식을 제안하여 성능 평가를 한 기존 연구가 있다^[6]. 상기의 2-레벨 집적 방식은 A-MPDU 내부에 있는 MPDU의 크기가 최소 MPDU 시작간격 크기보다 작은 경우에 A-MPDU 내부에 구분자를 추가하는 대신에 A-MSDU를 삽입하는 방법으로 기존 A-MPDU의 문제점을 극복하여 처리율을 향상시켰다. 상기와 같은 신규 정보 전송시에 최소 MPDU 시작간격 크기를 이용하는 아이디어를 신규정보 전송뿐 만 아니라 재전송 방식에서도 똑같이 적용하면 더 좋은 처리율을 얻을 수 있다. 다시 말해서, 2-레벨 집적 방식에서의 기존 재전송 방법은 오직 A-MPDU에 대해서만 재전송을 수행하지만 본 논문에서 제안하는 재전송 연구에서는 최소 MPDU 시작간격을 이용하여 재전송할 정보들의 크기가 최소 MPDU 시작 간격 크기보다 작은 경우에 신규 MSDU들과 재전송 정보들을 함께 집적하여 재전송을 수행하였다.

본 논문의 II장에서는 신규 정보 전송과 재전송을 위한 프레임 집적 모델을 살펴보고 III장에서는 신규 정보 전송을 위한 집적 방식에 대해 설명하였다. 또한 IV장에서는 제안된 방식을 포함한 재전송 전송을 위한 집적 방식에 대하여 기술하였다. V장에서는 모의실험 환경 및 결과 분석을 통한 성능분석을 수행하였고 마지막으로 VI장에서 결론을 제시하였다.

II. 신규 정보 전송과 재전송을 위한 프레임 집적 모델

IEEE 802.11n에서의 미디어 접근 제어 계층은 상위 미디어

a) 강원대학교 IT대학 전기전자공학부, 전자통신공학과(Dept. of Electronic Engineering, College of IT, Kangwon National University)

‡ Corresponding Author : 김동희(Dong Hoi Kim)

E-mail: donghk@kangwon.ac.kr

Tel: +82-33-250-6349

ORCID:0000-0003-1359-6125

* 본 연구는 2014년도 강원대학교 학술연구조성비로 연구하였음(과제번호-120140351).

· Manuscript received January 19, 2015; revised February 12, 2015; accepted February 12, 2015.

어 접근 제어 계층과 하위 미디어 접근 제어 계층으로 나눌 수 있다. 먼저 상위 미디어 접근 제어 계층은 논리 링크 제어(Logical Link Control)와의 상호 작용을 담당하고 하위 미디어 접근 제어 계층은 물리 계층과 상호 작용을 수행하게 된다. 또한 미디어 접근 제어 계층에서 신규 정보를 전송할 경우에 A-MSDU와 A-MPDU의 2 가지의 프레임 집적 방식을 사용하는데 상위 미디어 접근 제어 계층에서는 A-MSDU를 수행하고 하위 미디어 접근 제어 계층에서는 A-MPDU를 수행하게 된다. A-MPDU 집적 방식을 사용하는 경우에 송신기는 수신기의 능력에 따라 최소 MPDU 시작간격 즉, t_{MMSS} 파라미터에 의해 정의된 제한 시간 내에 하나 이상의 A-MPDU의 MPDU를 송신 할 수 없다. 이러한 요구 사항을 충족하기 위해서는 식 (1)을 만족해야 한다. 다시 말해서 식 (1)에서와 같이 A-MPDU 내에 MPDU들의 크기를 나타내는 L_{MPDU} 가 식 (2)에서 정의된 최소 MPDU 시작간격의 크기(Byte)를 의미하는 L_{min} 값보다는 같거나 커야 한다^[1].

$$L_{MPDU} \geq L_{min} \tag{1}$$

$$L_{min} = t_{MMSS} \times r / 8 \text{ (byte)} \tag{2}$$

식 (2)에서 t_{MMSS} 는 A-MPDU 내에 인접된 MPDU의 시작 사이의 최소 시간을 나타내며 단위는 μs 을 사용한다. 또한 r 은 물리계층에서의 정보속도의 값을 나타낸다. 다시 상세히 설명하자면, 신규 정보 전송 동작시일 때는 A-MPDU 내에 연속된 MPDU들의 크기가 L_{min} 값보다 작은 경우에 식 (1)의 요구 조건을 충족시키기 위해 추가적인 불필요한 구분자를 삽입함으로써 발생하는 처리율 저하 문제점을 해결하기 위해 2-레벨 집적 방법이 제안되었다. 이러한 2-레벨 집적방법에서는 A-MPDU 방식과는 다르게 하위 미디어 접근 제어 계층에서 A-MPDU 내에 연속된 MPDU들의 크기가 L_{min} 값보다 작아서 추가적인 구분자의 삽입 대신에 상위 미디어 접근 제어 계층에 있는 A-MSDU를 삽입하는 방식으로 L_{min} 보다 작은 동안에는 A-MSDU를 추가적으로 보내기 때문에 L_{min} 보다 작은 경우에도 처리율 저하를 방지할 수 있다. 이러한 이유로 신규 정보 전송에서

는 A-MPDU 방식보다는 L_{min} 을 고려하는 2-레벨 집적 방식이 더 우수함을 알 수 있다. 하지만 상기의 L_{min} 기반 2-레벨 집적 방식에서는 신규 정보 전송일 때는 L_{min} 을 고려하여 A-MSDU를 이용하여 MPDU를 생성하지만 재전송 정보 전송일 때는 L_{min} 에 대한 고려 없이 재전송이 요청된 MPDU들과 신규 MPDU와 함께 집적하는 기존 A-MPDU 방식을 사용하고 있다. 따라서 본 논문에서는 재전송할 정보들의 크기가 L_{min} 보다 작은 경우에 신규 MSDU들과 재전송 정보들을 함께 집적하여 재전송하는 새로운 방법을 제안하였다. 제안된 방식의 우수성을 증명하기 위하여 조합 가능한 모든 4가지의 프레임 집적 시나리오들에 대해 비교분석하였다.

표 1. 가능한 4가지의 프레임 집적 시나리오들
Table 1. Four possible frame aggregation scenarios

Scenarios	New data transmission	Retransmission data transmission
Case 1	The usage of the existing A-MPDU scheme	Disuse
Case 2	The usage of the existing L_{min} based 2-level aggregation scheme	Disuse
Case 3	The usage of the existing L_{min} based 2-level aggregation scheme	The usage of the existing A-MPDU scheme
Case 4	The usage of the existing L_{min} based 2-level aggregation scheme	The usage of the proposed L_{min} based 2-level aggregation scheme

III. 신규전송 정보 전송을 위한 집적 방식

1. 신규 정보 전송을 위한 A-MPDU와 A-MSDU 방식

A-MSDU는 식 (3)과 같이 다수의 MSDU를 하나의 MPDU로 전송하는 방식이다. 식 (3)에서 N는 A-MSDU의 최대 크기이고, A-MSDU의 최대 크기는 수신기의 능력에 기초하게 된다. 또한 A-MSDU의 경우는 하나의 MPDU에

여러 개의 MSDU가 담겨져 전달되기 때문에 모든 정보들은 동일한 송신자와 수신자주소를 가지고 있어야 한다. 이 A-MSDU의 확인 응답을 하는 방식은 MPDU를 이용하므로 A-MSDU 내에 MSDU 정보가 하나만 손상될 경우에도 전체의 A-MSDU를 다시 재전송되어야 한다⁷⁾.

$$A-MSDU = \sum_{i=0}^N MSDU_i \quad (3)$$

A-MPDU는 A-MSDU와 같이 다수의 MPDU를 하나의 PSDU(Physical Service Data Unit)로 전송하는 방식이다. A-MPDU는 하부 미디어 접근 제어 계층에서 이루어진다. 식 (4)은 신규 정보 전송을 위한 A-MPDU를 간략화한 수식이다. 식 (3)에서 보듯이 A-MPDU는 최대 크기(식 (4)에 M)까지의 MPDU들을 묶은 정보가 된다. A-MPDU가 생성되면 A-MPDU 내에 각 MPDU의 크기가 L_{min} 보다 작을 경우 MPDU의 최소 시작간격을 만족 하기 위해 각 MPDU들

에 대해 추가적으로 MPDU의 구분자를 더 추가하여 MPDU의 최소 시작간격을 만족 시키게 된다. 그림 1은 A-MPDU의 동작의 흐름을 자세히 나타내고 있다. 상부 미디어 접근 제어 계층에서 하나의 MSDU가 하부 미디어 접근 제어 계층 계층으로 내려오게 되면 다수의 MPDU들을 하나의 A-MPDU로 바꾸는 작업을 하게 된다. A-MPDU 내에 MPDU들은 같은 목적지를 가지고 있지만 음성, 비디오, 정보, 응용서비스와 같이 서로 다른 TID(Traffic Identifier)를 가질 수가 있어 각 MPDU들은 각각의 MPDU 헤더를 따로 가지고 있다⁸⁾.

$$A-MPDU = \sum_{i=0}^M MPDU_i \quad (4)$$

2. 신규 정보 전송을 위한 MPDU 최소 시작간격 기반 2-레벨 집적 방법

그림 2는 신규 정보 전송을 위한 2-단계 집적 방식의 흐름

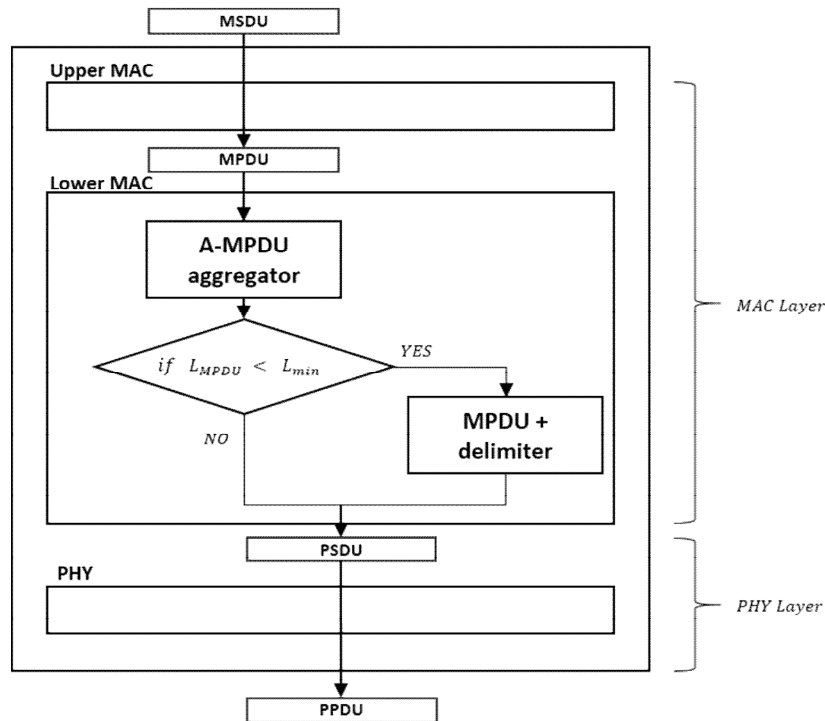


그림 1. 신규 정보 전송을 위한 A-MPDU 방식에 대한 순서도 (표 1의 Case 1)
 Fig. 1. The flow-chart of A-MPDU scheme for new data transmission (Case 1 of Table 1)

를 보여주고 있다. 상위 미디어 접근 제어 계층에서 MPDU의 크기가 L_{min} 미만인 것을 검출하여, L_{min} 보다 MPDU의 크기를 크게 하기 위해 A-MSDU 방식을 사용하게 된다. 이 방식을 사용하게 되면 더 이상 더미 MPDU는 필요하지 않게 된다. 위에서 설명한 방식을 간략한 수식으로 나타내면 식 (5)와 같다.

$$A-MSDU = \sum_{j=0}^M \left(\sum_{i=0}^N MSDU_i \right)_j \quad (5)$$

그림 1에서 보는 바와 같이 A-MPDU의 경우는 하부 미디어 접근 제어 계층에서 추가적인 더미 MPDU를 추가 할지를 결정하기 위해 비교 절차를 수행하게 되는데, 2-레벨 집적 방식의 경우에는 비교 절차를 소프트웨어 구성 요소인 상위 미디어 접근 제어 계층에서 처리한다. 따라서 2-레벨 집적 방식은 단말기의 하드웨어 구성을 간단하게 할 수 있는 장점이 있다^[6].

IV. 재전송 정보 전송을 위한 집적 방식

1. 기존의 2-레벨 집적 방식에서의 재전송 정보 동작 방법

기존 2-레벨 집적 방식에서는 신규 정보 전송일 경우에는 L_{min} 을 고려하여 A-MSDU를 이용하여 MPDU를 생성하지만 재전송 정보 전송일 경우에는 L_{min} 에 대한 고려 없이 재전송이 요청된 MPDU들과 신규 MPDU와 함께 집적하는 기존 A-MPDU 방식을 사용하고 있다. 자세히 설명하면 기존 A-MPDU 방식에서는 BA(Block Ack) 방식을 이용하여 선택적 재전송을 하고 있다^{[3][9]}. BA 방식은 송신자가 A-MPDU를 전송한 후 A-MPDU 내에 첫 번째 MPDU의 순서번호를 담은 BAR(Block Ack Request) 프레임을 수신자에게 보내어 A-MPDU내에 MPDU들에 대한 Ack를 요청한다. 수신자는 BAR 프레임을 이용하여 송신된 각 MPDU들에 대해 Ack비트맵을 만들고 Ack비트맵을 BA 프레임에

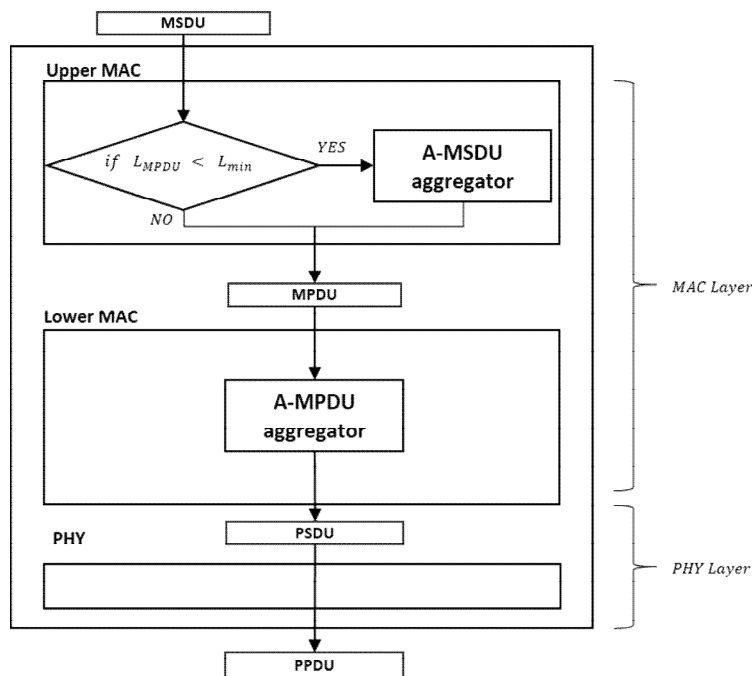


그림 2. 신규 정보 전송을 위한 2-단계 집적 방식에 대한 순서도 (표 1의 Case 2)
 Fig. 2. The flow-chart of 2-level frame aggregation for new data transmission (Case 2 of Table 1)

받아 송신자에게 전송하여 각 MPDU들에 대해 Ack를 확인하게 된다. 재전송이 요청된 MPDU들을 다시 집적하여 전송하게 된다. 식 (6)은 식 (5)에서와는 달리 A-MPDU를 생성하는 과정에서 재전송 정보가 추가된다. 식 (6)에서 R은 재전송되어야 할 정보의 크기이고 rDATA는 재전송할 MPDU들이다. 그림 3은 기존의 2-레벨 집적 방식에 재전송 요청이 발생한 경우의 순서도를 보여주고 있다. 그림에서처럼 재전송이 요청되었을 때 A-MPDU aggregator에서 BA 프레임에 비트맵을 확인하여 재전송 MPDU들과 새로운 MPDU들이 함께 집적하여 A-MPDU를 만들어 재전송 응답을 하게 된다.

$$A-MPDU = \sum_{m=0}^R rDATA_m + \sum_{l=0}^{M-R} MPDU_l \quad (6)$$

2. 제안된 2-레벨 집적 방식에서의 재전송 정보 동작 방법

기존의 2-레벨 집적 방식에서의 재전송에서는 L_{min} 에 대

한 고려 없이 재전송 정보와 신규 정보와 함께 집적하는 기존 A-MPDU 방식을 사용하고 있다. 그러나 본 논문에서는 제안하는 방식에서는 재전송시에 정보를 전송하는 과정에서 L_{min} 값을 고려하여 재전송할 정보의 크기가 L_{min} 값보다 작은 경우에 신규 MSDU들과 재전송 데이터들을 함께 집적하여 더 좋은 처리율을 얻도록 구현하였다. 식 (7)은 재전송 데이터의 크기가 L_{min} 보다 작은 경우에 대해 A-MPDU를 수식으로 간략화 한 것이다.

$$A-MPDU = \sum_{x=0}^M \left(\sum_{i=0}^{N-R} MSDU_i + \sum_{j=0}^R rDATA_j \right)_x \quad (7)$$

그림 4는 제안된 재전송 방식을 포함한 집적 방식에 대한 자세한 순서도를 보여주고 있다. 그림 4에서 보는 바와 같이 재전송 요청이 들어온 경우에 재전송 요청을 한 정보의 크기가 L_{min} 값보다 작은 경우는 신규 MSDU들과 재전송 데이터들을 함께 집적하기 때문에 추가되는 구분자가 현저히 줄어든다. 따라서 기존의 2-레벨 집적 방식에서의 재전

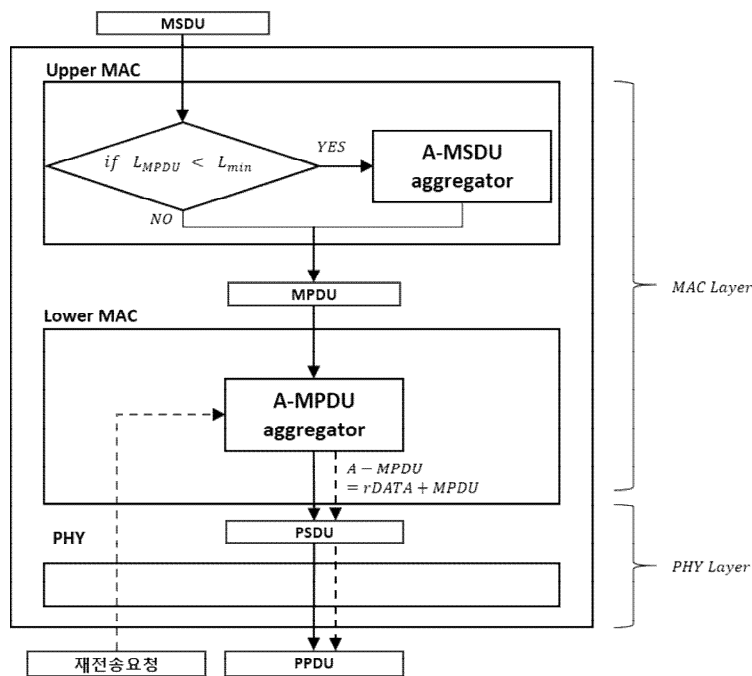


그림 3. 기존의 2-레벨 집적 방식에서 재전송 요청이 발생한 경우의 순서도 (표 1의 Case 3)
 Fig. 3. The flow-chart of 2-level frame aggregation for re-transmission (Case 3 of Table 1)

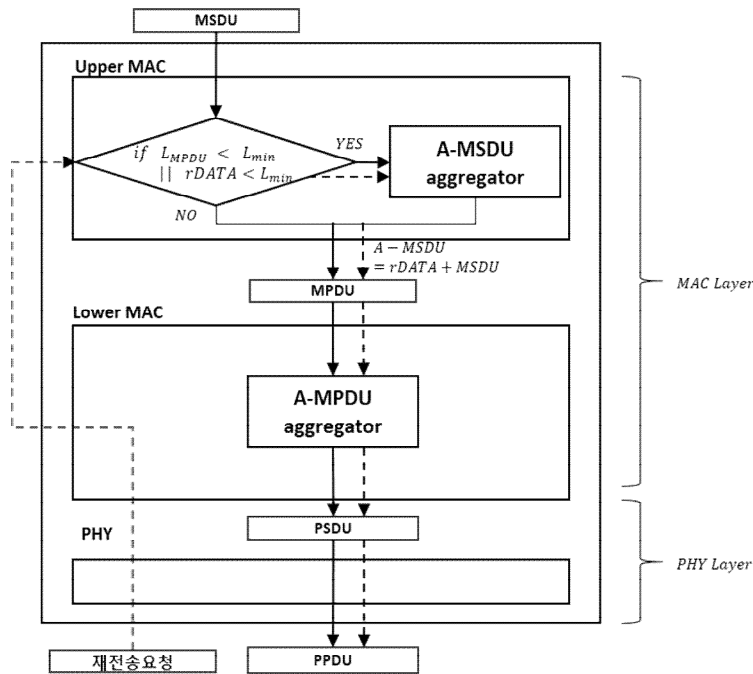


그림 4. 제안된 2-레벨 집적 방식에서 재전송 요청이 발생한 경우의 순서도 (표 1의 Case 4)
 Fig. 4. The flow-chart of proposed 2-level frame aggregation for re-transmission (Case 4 of Table 1)

송 전송 동작보다 제안된 방식에서 재전송 전송 동작이 전 체적인 처리율의 증가를 가져오게 한다.

채널을 구현하기 위한 K-Factor값은 다음과 같다.

$$K = \frac{c^2}{2\sigma^2} \quad (8)$$

V. 성능 분석

1. 시뮬레이션 환경

성능분석은 NS-2(Network Simulator)^[10]을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션을 위한 토폴로지는 노드 2개를 이용하여 정보를 전송하는 방식으로 시뮬레이션 시간은 30초간 진행하였으며 t_{MMS} 값은 IEEE 802.11n 규격서에 있는 $16\mu s$ 을 사용하였다. 표 2은 시뮬레이션을 위해 사용된 중요 파라미터 값들을 보여주고 있다. 실제 무선 통신환경과 유사한 시뮬레이션을 재현하기 위해 라이시안 페이딩 채널 환경과 레일레이 페이딩 채널에서 시뮬레이션을 수행하였다. 레일레이 페이딩 채널과 라이시안 페이딩

위 식에서 c^2 은 LOS(Line Of Sight) 성분의 전력을 나타내고 σ^2 은 산란성분의 전력을 나타낸다. K-factor값이 큰 값을 가진다면 LOS 성분의 전력이 산란성분 즉 반사파의 전력보다 더 큰 값을 가지므로 좋은 신호전력 값을 가진다고 볼 수 있다. 반대로 K-factor값이 작아진다면 LOS 성분의 전력이 반사파의 전력보다 작은 값을 가지므로 낮은 신호전력 값을 가진다고 볼 수 있다. 본 시뮬레이션에서는 K-Factor값을 이용하여 라이시안 페이딩 채널과 레일레이 페이딩 채널을 구현하였다. 즉, K-factor가 0 dB보다 작아질수록 레일레이 페이딩 채널의 확률 분포에 가까워지고 K-factor값이 0 dB보다 커질수록 라이시안 확률 분포와 같아진다^{[9][11]}. 따라서 본 논문에서는 라이시안 페이딩 채널

모델의 경우는 K-factor값을 20 dB를 사용하였고 레일레이 페이딩 채널의 경우는 K-factor값을 -10 dB를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

표 2. 시뮬레이션 파라미터들
 Table 2. Simulation parameters

Simulation tool	NS-2
Simulation time	30 sec
Simulation terrain	670 m x 670 m
Number of node	2 Node
Node distance	40 M
Traffic type	CBR(Constant Bit Rate)
MSDU size	50 byte ~ 300 byte
Transmission rate	40 Mbps, 80 Mbps
Maximum A-MPDU length	65,535 byte
Maximum A-MSDU length	7,935 byte
Channel	Rician & Rayleigh fading Channel
Minimum MPDU Start Spacing	16 μ s

2. 시뮬레이션 결과 분석

그림 5와 그림 6은 라이시안 페이딩 채널 환경에서 MSDU의 크기에 따른 처리율의 결과를 보여주고 있다. 그림 5와 6에서는 정보 전송속도가 80 Mbps와 40 Mbps로 각각 다른경우로 그림 5에서 사용한 정보 전송속도가 그림 6에서 사용한 정보 전송속도보다 2배 가 빠르기 때문에 전체적으로 처리율도 높게 나오는 것을 확인할 수 있다. 그림 5의 경우에서 식 (2)을 이용하여 L_{min} 을 계산하면 $16(\mu s) \times 80(\text{Mbps})/8 = 160 \text{ Byte}$ 가 나오게 된다. 따라서 Case 1의 경우에 MSDU 크기가 160 Byte이하에서는 처리율이 현저히 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 사용한 방식인 Case 2에서는 160 Byte이하에서도 일정한 처리율을 갖는 것을 알 수 있다. 또한 Case 3은 L_{min} 에 대한 고려 없이 재전송 정보와 신규 정보와 함께 집적하는 기존 A-MPDU를 사용하기 때문에 Case 2의 경우

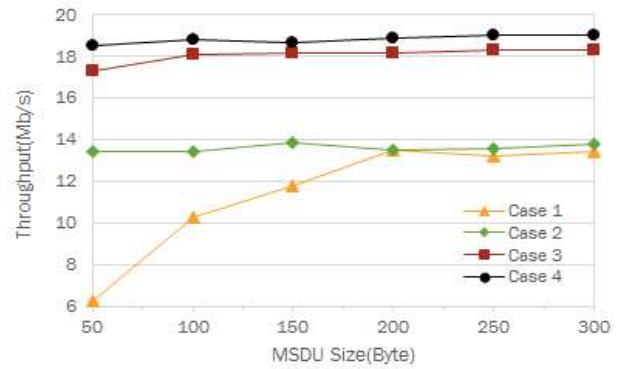


그림 5. 라이시안 페이딩 채널에서 MSDU 크기에 따른 처리율 (전송속도가 80 Mbps일 때)
 Fig. 5. Throughput according to MSDU size in Rician fading channel (When transmission speed is 80 Mbps)

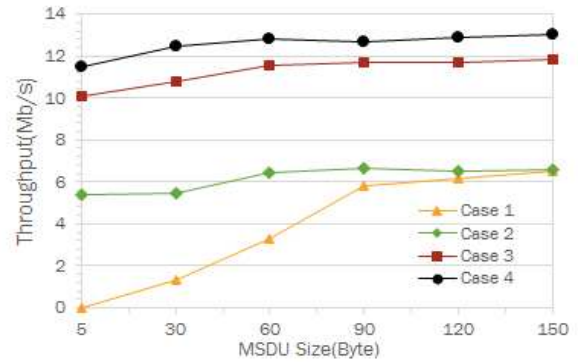


그림 6. 라이시안 페이딩 채널에서 MSDU 크기에 따른 처리율 (전송속도가 40 Mbps일 때)
 Fig. 6. Throughput according to MSDU size in Rician fading channel (When transmission speed is 40 Mbps)

보다는 처리율이 높게 나오지만 재전송 정보의 크기가 L_{min} 값보다 작은 경우에 신규 MSDU들과 재전송 데이터들을 함께 집적하는 제안한 Case 4의 경우보다는 1.2 Mbps 정도 낮은 처리율을 보이게 된다. 같은 방법으로 전송 속도가 40 Mbps인 그림 6의 경우에서 식 (2)을 이용하여 L_{min} 값을 계산하게 되면 $16(\mu s) \times 40(\text{Mbps})/8 = 80 \text{ Byte}$ 가 나오게 된다. 따라서 그림 6에서 80 byte이하에서는 Case 1의 처리율 성능이 Case 2보다 낮게 나오게 되고 Case 3과 Case 4의 경우에서도 그림 5의 경우에서 설명한 것과 같이 Case 4의 처리율이 더 높게 나오게 된다.

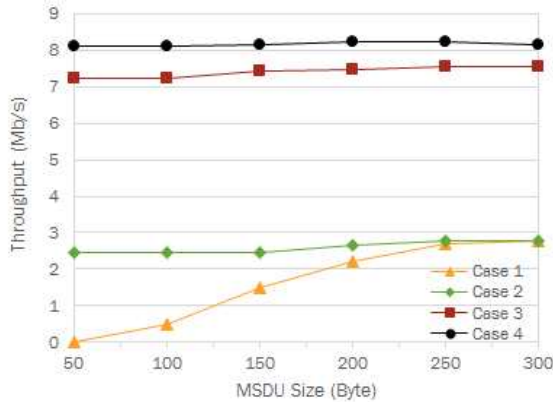


그림 7. 레일레이 페이딩 채널에서 MSDU 크기에 따른 처리율 (전송속도가 80 Mbps일 때)
 Fig. 7. Throughput according to MSDU size in Rayleigh fading channel (When transmission speed is 80 Mbps)

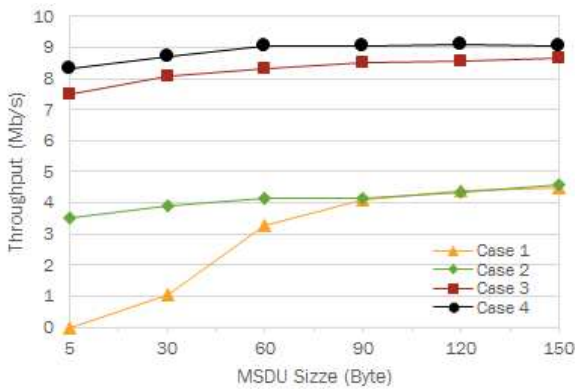


그림 8. 레일레이 페이딩 채널에서 MSDU 크기에 따른 처리율 (전송속도가 40 Mbps일 때)
 Fig. 8. Throughput according to MSDU size in Rayleigh fading channel (When transmission speed is 40 Mbps)

그림 7과 그림 8은 레일레이 페이딩 채널환경에서 MSDU 크기에 따른 처리율 결과를 나타낸 그래프이다. 레일레이 페이딩 채널의 경우는 직접파는 없고 반사파만 있는 환경이기 때문에 전체적으로 라이시안 페이딩 채널일 때보다는 처리율 성능이 떨어지게 된다. 따라서 그림 8의 Case 별 처리율 성능의 순서는 그림 7에서와 같이 Case 4 > Case 3 > Case 2 > Case 1 이 순서를 나타내기 때문에 L_{min} 기반의 재전송 방식을 사용하는 제안된 방법이 가장 좋은 처리율을 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

VI. 결론

기존의 IEEE 802.11n의 미디어 접근 제어 계층은 A-MPDU와 A-MSDU라는 두 가지 집적 방법을 이용하여 미디어 접근 제어 계층에서의 처리율을 높이고 있다. A-MPDU 집적 방식을 사용하는 경우에 송신기는 수신기의 능력에 따라 최소 MPDU 시작간격을 의미하는 t_{MMSS} 라는 파라미터에 의해 정의된 제한 시간 내에 하나 이상의 A-MPDU내에 MPDU를 송신할 수 없다. 이러한 제약에 의한 처리율 성능 저하의 문제점을 해결하고자 A-MPDU내에 MPDU의 크기가 최소 MPDU 시작간격 크기보다 작은 경우에 구분자를 삽입하는 대신에 A-MSDU를 삽입하여 전체 처리율을 높이는 2-단계 집적 방식이 신규 정보 전송에 사용되었다. 그러나 본 논문에서는 상기의 2-단계 집적 방법을 신규 정보 전송뿐만 아니라 재전송에도 활용하는 새로운 재전송방법을 제안하였다. 제안된 방법에서는 재전송 요청을 받은 재전송 정보의 크기가 최소 MPDU 시작간격 크기보다 작은 경우는 재전송 정보들과 신규 MSDU들을 함께 집적하여 전송함으로써 처리율을 향상시켰다. 제안된 재전송 방식을 포함한 모든 가능한 집적 방식들에 대하여 NS-2을 이용하여 레일레이 페이딩 채널과 라이시안 페이딩 채널에서 처리율을 분석한 결과 제안된 방식의 성능개선의 효과를 확인할 수 있었다. 하지만 본 논문에서 제안한 재전송 방식에서는 그 요청이 Lower MAC이 아닌 Upper MAC까지 올라가고 그곳부터 재전송 정보가 집적되기 때문에 프로세싱의 오버헤드가 발생할 수도 있다.

참고 문헌 (References)

- [1] IEEE 802.11n, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications : Amendment 4: Enhancements for Higher Throughput", IEEE 802.11n/D3.00, Sep. 2007.
- [2] Byung Soo Kim, Ho Young Hwang, and Dan Keun Sung, "Effect of Frame Aggregation on the Throughput Performance of IEEE 802.11n", Wireless Communications and Networking Conference, pp. 1740-1744, 2008.
- [3] D. Skordoulis, Q. Ni, H. H. Chen, A. P. Stephens, C. Liu, and A. Jamalipour, "IEEE 802.11n MAC frame aggregation mechanisms for next-generation high-throughput WLANs", IEEE Wireless Communi-

- cations, Vol. 15, Issue 1, pp. 40-47, February 2008.
- [4] Y. Lin and V. W. S. Wong, "Frame Aggregation and Optimal Frame Size Adaptation for IEEE 802.11n WLANs", IEEE Global Telecommunications Conference 2006, pp. 1- 6, 2006.
- [5] T. Selvam and S. Srikanth, "A frame aggregation scheduler for IEEE 802.11n", Communications (NCC), 2010 National Conference on, pp. 1-5, January 2010.
- [6] Y. S. Kim, O. H. Lee and K. J. Park, "Adaptive two-level frame aggregation in IEEE 802.11n WLAN", Asia-Pacific Conference on Communications 2012, pp 658 - 663.
- [7] T. Y. Arif and R. F. Sari, "An analytical model of A-MSDU scheme with enhanced Block ACK for IEEE 802.11n networks", Networks (ICON), 2012 18th IEEE International Conference on, pp. 291-298, December 2012.
- [8] B. Ginzburg and A. Kesselman, "Performance analysis of A-MPDU and A-MSDU aggregation in IEEE 802.11n", IEEE Sarnoff Symposium 2007, pp. 1-5, April 2007.
- [9] I. C. Shin and D. H. Kim, "Block Ack-based Dynamic A-MPDU Aggregation Scheme in IEEE 802.11n", The Journal of Broadcast Engineering, Vol 15, Issue 4, pp 510 - 520, 2014.
- [10] Ns-2 simulator. [Online]. Available: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [11] R. J. Punnoose, P. V. Nikitin, and D. D. Stancill "Efficient simulation of Ricean fading within a packet simulator", IEEE Vehicular Technology Conference Fall 2000, Vol. 2, pp. 764-767, Sep. 2000.

저 자 소 개



신 인 철

- 2009년 ~ 현재 : 강원대학교 IT대학 전기전자공학부 전자통신공학과 공학사
- 주관심분야 : 차세대 이동통신 및 차세대 무선 네트워크



김 동 회

- 2005년 : 고려대학교 전파공학과 공학박사
- 1989년 ~ 1997년 : 삼성전자 전임연구원
- 2000년 ~ 2005년 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2006년 ~ 현재 : 강원대학교 IT대학 전기전자공학부 전자통신공학과 교수
- ORCID : 0000-0003-1359-6125
- 주관심분야 : 차세대 이동통신시스템, 무선자원 알고리즘 및 무선액세스 프로파일