

IEEE 802.11 무선 LAN 환경에서 실시간 서비스를 제공하기 위한 채널 구간 할당 방안

正會員 박 중 신*, 류 시 훈*, 강 태 원*, 이 준 호*, 이 재 용*, 이 상 배*

An Efficient Channel Assignment Method for Real-Time Service in the IEEE 802.11 Wireless LAN System

Jung-shin Park*, Shi-hoon Rhu*, Tae-won Kwang*, June-ho Lee*,
Jai-young Lee*, Sang-bae Lee* *Regular Members*

※본 연구는 한국과학재단 특정기초연구비(961-0100-001-2) 지원으로 수행되었습니다.

요 약

본 논문에서는 IEEE 802.11 무선 근거리 지역망(Wireless LAN; WLAN) 환경에서 실시간 서비스를 제공하기 위한 매체 접근제어 계층에서의 채널의 사용 구간 할당 방법을 제안하고, 컴퓨터 모의 실험을 통하여 제안된 방식의 실시간 서비스 지원 성능과 채널 사용 효율을 분석하였다.

제안한 채널 사용 구간 할당 방안을 바탕으로 한, 개선된 매체 접근 제어(Medium Access Control; MAC) 프로토콜은 실시간 서비스를 이용하고자 하는 단말들로 하여금 사용하고자 하는 대역폭에 대한 정보를 AP(Access Point)로 전송토록 함으로써 비경쟁 구간에서 뿐 아니라, 경쟁 구간에서도 높은 채널 효율이 얻어질 수 있도록 하고 있다.

제안된 방안의 성능 평가를 위한 모의 실험은 실시간 서비스 데이터를 7개의 상태 천이를 갖는 VBR 소스로 모델링하고 비동기 트래픽들은 Poisson 소스로 모델링하여 실시간 서비스 단말들의 이용 대역폭과 버퍼 크기 등을 성능 평가 인자로 하여 수행하였다.

본 논문에서 제안된 방법을 적용한 개선된 매체 접근 제어 프로토콜을 모의 실험을 통하여 분석한 결과, 표준안 방법에 비해 제안 방안은 버퍼의 크기 변화가 작고 실시간 서비스의 서비스 시간이 보장됨과 아울러 비경쟁 구간에서도 높은 처리율을 갖는 좋은 성능을 발휘함을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

This paper proposes an efficient channel assignment method for real-time service in the IEEE 802.11 Wireless LAN system, and analyzes the supportability to real-time service and the channel utilization of that through computer simulations.

The improved MAC(Medium Access Control) protocol employing the proposed channel assignment method achieved good throughput over contention period as well as contention-free period by making real-time terminals transmit the information about their desiring value before starts of data transmissions.

For performance evaluation of the proposed method, a simulation analyzing the variation of allocated bandwidths to terminals using real-time service and their buffer sizes was executed. Real-time data traffics was modeled as 7-state transition VBR sources, and asynchronous data traffics modeled as Poisson processes.

In the simulation, the proposed method showed smaller variation of the bandwidth of each terminal and smaller buffer size than the existing method, and also recorded good throughput over contention period.

I. 서 론

통신 기술의 발전으로 망의 속도가 개선되고 통신 기기가 널리 보급됨에 따라 통신의 수요 증가와 함께 보다 세련된 서비스에 대한 요구가 대두되게 되었고, 그 결과 발전된 망 상황 +을 바탕으로 멀티미디어 서비스와 같은 새로운 서비스를 지원하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있다. 이러한 흐름과 아울러 한편으로, 과거 유선 망의 단말 장치로 소수의 특수한 기능만을 수행하던 무선 통신 기기들이 기술 발전으로 유선에 버금가는 능력을 갖추고 유선 단말들을 대체하기 시작하면서, 무선망에서 이와 같은 서비스를 지원할 수 있도록 하는 것이 하나의 중요한 연구 분야로 대두되고 있다. 이러한 연구는 PCS, Wireless-ATM 등 무선망의 여러 분야에 걸쳐 수행되고 있는데[1][2], 본 논문은 이 중 무선 근거리 지역망(이하 WLAN)에서의 실시간 서비스 지원에 관하여 고찰하였다.

무선 근거리 지역 망에서 음성이나 영상과 같은 실시간 정보의 전송을 지원하기 위해서는, 무선망이 갖는 낮은 신뢰성과 이들 서비스가 요구하는 시제한(time-bound) 특성을 고려한 전송 방법이 필요하다[3][4]. 특히, 시제한 특성을 만족시키기 위해서는 계약된 서비스 품질(Quality Of Service; QoS)을 지원하기 위한 제어부가 상위 계층뿐만 아니라, 하위 계층에도 존재해야만 하는데[5], 하위 계층의 경우 무선망의 특성 상 유선 망에서 사용되는 방법이 적용되기에는 문

제가 있다[6]. 하위 계층에서의 지원을 위한 연구는 주로 무선망의 특성이 뚜렷이 드러나는 계층인 매체 접근 제어(Medium Access Control; MAC) 계층을 중심으로 이루어져 왔는데, 이전에 이 계층에서 제안되었던 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)[7], MACA(Multiple Access with Collision Avoidance)[8]와 같은 프로토콜들은 랜덤 액세스만을 지원하는 것으로 실시간 서비스가 요구하는 시제한 특성을 지원하기 위한 기능을 갖추지 못하였다. 이러한 기능을 갖춘 WLAN 매체 접근 제어 프로토콜에 관한 연구는 근래에 들어서야 시작되었고, IEEE 802.11 그룹과 ETSI HIPERLAN등을 중심으로 표준화가 진행되고 있다[9][10].

WLAN의 표준으로 제안되고 있는 IEEE 802.11의 표준안에서는 DCF(Distribution Coordination Function)와 PCF(Point Coordination Function)의 두 가지 제어모드를 통해 채널 사용 시간을 비경쟁 구간(Contention-Free Period; CFP)과 경쟁 구간(Contention Period; CTP)으로 나누어 사용하게 함으로써 이와 같은 실시간 서비스를 제공할 수 있도록 하고 있으나, 제시된 비경쟁 구간에서의 동작만으로는 실제 실시간 서비스를 지원하기에는 문제점이 있다[11].

본 논문에서는 IEEE 802.11안을 따르는 WLAN에서 실시간 서비스가 요구하는 시제한 특성을 효과적으로 지원하면서 동시에 채널을 효율적으로 사용하기 위한 비경쟁 구간과 경쟁 구간의 할당 방안을 제

안하고, 모의 실험을 통하여 이의 성능을 분석하였다. 본 논문에서 제안된 방법은, 실시간 서비스를 이용하고자 하는 단말들이 사용하고자 하는 대역폭을 AP로 전송하고 AP가 이들 정보를 바탕으로 하여 비경쟁 구간의 사용을 관리하도록 함으로써 실질적인 실시간 서비스가 구현될 수 있도록 하며, 비경쟁 구간에 여유가 있는 경우에는 AP와 전송의 신뢰성을 요구하는 단말들의 비동기 데이터가 전송되도록 함으로써 AP에서 손실되는 비동기 데이터의 양을 줄이고 비경쟁 구간에서의 비동기 데이터의 전송이 가능하게 한다. 제안 방법은 비경쟁 구간의 크기를 허용 가능한 최대 크기가 아닌 단말이 요구한 값을 바탕으로 설정토록 하기 때문에 비경쟁 구간에서의 높은 품질의 실시간 서비스 외에도 경쟁 구간에서의 안정된 처리율을 제공한다.

본 논문의 2장에서는 IEEE 802.11 MAC/PHY 표준안에서 제시된 구조 및 접근 제어 프로토콜의 동작에 대하여 살펴보고, 실시간 서비스 지원시의 문제점들에 관하여 고찰한다.

3장에서는 이들 문제점을 해결하기 위한 효율적인 구간 할당 방법을 제안하고, 성능 분석을 위한 모의 실험 모델에 대하여 설명하며, 4장에서 실험 결과를 분석하고 5장에서 결론 및 추후 연구에 대하여 기술한다.

II. IEEE 802.11과 실시간 서비스시의 문제점

IEEE 802.11 그룹에서 제안한 구조는 크게 Ad-hoc WLAN과 Infrastructure WLAN의 두 가지로 분류할 수 있다[9]. Ad-hoc WLAN은 특정한 제어 단말 없이 동결의 무선 단말들이 모여서 이루어진 형태로 분산 제어 형태의 매체 접근 방식을 통하여 단말들 상호간의 직접적인 통신만을 지원할 뿐, 다른 망과 접속하거나 다른 망에 속한 단말들과의 통신을 지원하지 않는 구조이고, Infrastructure WLAN은 망에 속한 단말들의 등록 및 매체 접근을 관리하고, 다른 망과의 통신을 지원하기 위한 제어 단말인 AP(Access Point)를 포함한 구조로 분산 제어 형태의 매체 접근 제어 방식 외에 중앙 제어 형태의 매체 접근 제어 방식도 지원한다. IEEE 802.11 WLAN은 아래 그림 1과 같이 중계망을 거치지 않고 단말들끼리 직접 통신이 가능한

단말들의 모임인 BSS(Basic Service Set)을 기본단위로 하여 이것들이 중계망을 통해 연결된 형태인 ESS(Extended Service Set)를 구성하는 구조로 되어 있다.

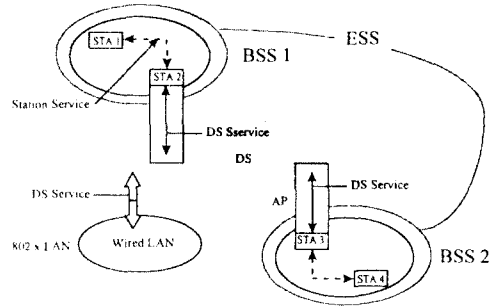


그림 1. IEEE 802.11 WLAN의 구조와 구성 요소

Fig. 1 Architecture and its components of IEEE 802.11 WLAN

표준안에서 제안된 매체 접근 제어 프로토콜은 비경쟁 구간에서의 매체 접근을 관리하는 PCF와 경쟁 구간을 관리하는 DCF의 두가지 모드로 되어 있다[12]. DCF는 전송할 데이터가 있는 단말들이 채널의 현재 사용 여부를 감지한 후 채널이 사용 중이지 않은 경우에 전송을 시도하도록 하는 일종의 CSMA/CA 프로토콜로 각 단말들 상에 구현되는 분산 제어 형태이다. 각 단말은 채널이 사용되지 않는 것을 확인하기 위하여 DIFS(Distributed coordination function Inter-Frame Space)기간 만큼의 연속된 슬롯 시간동안 채널이 비어 있는 것을 감지하게 되고, 이것이 감지된 후 랜덤 값을 발생시켜서 초기 지연(backoff)을 수행하여 프레임의 전송 시작 시기를 랜덤하게 함으로써 다른 단말들과의 충돌을 회피하는 구조로 되어 있다. PCF는 DCF가 사용하는 IFS(InterFrame Space)보다 작은 IFS를 사용함으로써 DCF보다 높은 동작 우선 순위를 갖는다. 즉, PIFS(Point coordination function InterFrame Space)가 DIFS보다 작은 값을 갖고 있기 때문에 DCF가 동작하기 이전에 PCF가 동작하여 채널의 점유를 관리하게 갖게 된다. PCF는 AP가 일종의 폴링 마스터 역할을 하는 중앙화된 접근 제어 모드로 DCF가 분산된 제어 형태로 각 단말들이 채널을 사용하기 위하여 경쟁하는 경쟁 구간을 형성하는 것과는 달리, PCF가 관장하는 구간은 AP에 사용을 등

록한 단말들이 채널 사용권을 PCF를 통하여 폴링의 형태로 부여받는 방식의 비경쟁 구간을 형성한다. PCF와 DCF, 이들 두 가지 모드의 매체 접근 제어 기능은 서로 번갈아 가며 동작하며, 이들이 합쳐져서 superframe 구조를 형성하도록 되어있다. superframe이 시작되었을 때 PCF가 DCF보다 항상 먼저 채널을 점유하여 채널 사용을 관리할 수 있도록 하게 하기 위하여, 각 단말들은 superframe 단위로 동기화되면서 superframe의 초기에 PCF가 구현되어 있는 AP를 제외한 모든 단말들이 자신의 NAV(Network Allocation Vector) 값을 비경쟁 구간이 취할 수 있는 최대 값(CFPMaxDuration)으로 설정하고 NAV의 값이 0이 아닌 경우에는 무조건 DCF가 동작하지 못하도록 한다.

PCF가 관장하는 비경쟁 구간의 최대 길이는 경쟁 구간에서 적어도 한 개의 최대 크기 MPDU(MAC Protocol Data Unit)가 전송될 수 있도록 하는 한계에서 결정된다. 비경쟁 구간의 길이는 이 한계 안에서 상황에 따라 임의의 값을 가질 수 있고, 비경쟁 구간의 끝을 다른 단말들에게 알려서 DCF기능이 동작할 수 있도록 하기 위하여 CF-End라는 특별한 형태의 관리 프레임을 전송한다. CF-End를 수신한 모든 단말들은 자신의 NAV 값을 0으로 설정함으로써 DCF에 의한 채널의 점유가 이루어질 수 있도록 한다. 그림 2에 PCF와 DCF가 구성하는 superframe 구조와 비경쟁 구간이 취할 수 있는 최대값을 나타내었다.

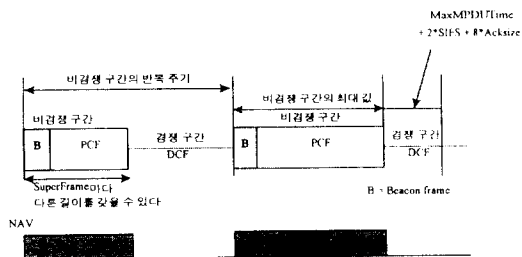


그림 2. Superframe 구조와 비경쟁 구간의 최대 길이
Fig. 2 Superframe structure and maximum length of contention-free period

PCF는 본래 경쟁 구간에서 프레임 전송의 신뢰성이 떨어지는 경우에 신뢰성 있는 전송을 지원하기 위한 매체 접근 제어 모드로 수용되었던 것이다. 초기에 작성된 표준안에서는 PCF의 사용 용도를 비동기

데이터의 신뢰성 있는 전송을 지원하는 목적 외에도, PCF가 사용하는 폴링 방식이 갖는 예약성을 이용하여 실시간(time-bound) 서비스를 지원할 수 있다고 제안하였다[9]. 그러나, 실제로 실시간 서비스를 구현 하기에는 다음과 같은 문제점이 있다.

첫째, 표준안은 실시간 서비스를 이용하는 단말의 실시간 서비스 요구 대역폭을 PCF가 동작하는 제어 단말인 AP로 전송하는 방법을 제공하지 않고, 단지 각 단말들로 하여금 비경쟁 구간의 이용 여부만을 전송하도록 하기 때문에 AP는 각 단말들이 얼마 만큼의 대역폭을 사용할 것인가를 알 수 없다. 이러한 상태에서의 폴링은 각 단말이 요구하는 지연시간에 대한 제한사항을 만족시킬 수 없게 되어 실시간 서비스는 지원될 수 없게 된다. 즉, 표준안이 제공하는 방식에서는, 실시간 단말이 AP로부터 CF-Poll 관리 프레임 을 통하여 채널의 점유권을 할당받게 되면 할당받은 단말은 자신이 전송하고자 하는 모든 프레임들을 전송하게 되어, 폴링 순서가 뒤에 위치한 단말들은 앞의 단말의 전송에 자신의 전송 시간이 영향을 받게 되는 문제가 발생한다. 둘째로, 표준안에서는 비경쟁 구간의 길이를 비경쟁 구간이 취할 수 있는 최대 길이인 CFPMaxDuration내에서 폴링을 원하는 단말들을 서비스하는데 필요한 길이만큼 설정할 수 있도록 하고 있는데, 표준안 방식대로 폴링을 원하는 단말들이 폴링을 받게 되면 각 단말들은 자신이 가지고 있는 데이터를 최대로 전송하게 되므로 비경쟁 구간의 길이는 매우 높은 확률로 CFPDuration 값을 갖는 경우가 발생하게 되고, 그 결과 경쟁 구간에서의 충돌 확률이 증가되고, 이로 인해 재전송을 원하는 단말들의 수가 갈수록 많아지게 되어 채널의 처리율이 급격히 하락하게 되는 문제점이 있다. 채널의 처리율이 하락하는 경우에는 비동기 데이터의 경우에도 신뢰성 있는 전송을 위하여 비경쟁 구간을 사용하려 하게 되며, 이로 인해 경쟁 구간의 처리율이 계속하여 하락하게 될 뿐 아니라, 비경쟁 구간을 이용하는 단말 수의 증가로 실시간 서비스의 품질도 떨어지게 된다.

III. 실시간 서비스 지원을 위한 구간 할당 방안

제안 방안에서는 실시간 서비스를 제공하고자 하는 단말로 하여금, AP와 연결 설정 시에 ASSOCI-

ATION 관리 프레임에 제공받으려 하는 대역폭의 값을 포함시켜 전송하도록 하여 사용하려는 대역폭을 명확히 알릴 수 있도록 한다. 관리 프레임과 함께 전송된 대역폭의 값은 AP가 비경쟁 구간의 크기를 설정하기 위한 정보로 사용된다. 이를 바탕으로 비경쟁 구간의 크기를 필요한 만큼만 설정하도록 하고 각 단말에서의 실시간 서비스의 품질이 하락되는 것을 막고 여분의 구간에 대하여 신뢰성을 요구하는 비동기 트래픽이 전송될 수 있도록 하고 있다. 관리 프레임에 포함되는 대역폭 정보는 구체적으로 ASSOCIATION 관리 프레임의 Capability Information 필드의 사용되지 않는 10비트를 사용하여 전송된다. 사용되지 않는 B5-B15 필드가 나타내는 정보는 CF-Pollable(비경쟁 구간을 사용할 수 있는 기능이 포함된 단말인가를 나타내는 필드)을 나타내는 B2 필드의 값과 CF-Poll Request(실제 이 단말이 이 기능을 이용할 것인가를 나타내는 필드)를 나타내는 B3 필드의 값이 모두 1로 설정되어 있는 ASSOCIATION 관리 프레임에 대해서만 단말이 실시간 서비스를 위해 요구하는 대역폭 정보로 사용된다. 또한, 제안하는 방안에서는 CF-Pollable, CF-Poll Request 비트의 사용 용도를 보다 구체적으로 한정시킴으로써 비경쟁 구간에서의 비동기 데이터 전송 서비스와 실시간 서비스의 구별이 가능하도록 했다. 이들 CF-Pollable과 CF-Poll Request 비트는 원래 0인 경우에는 폴링을 원하지는 않지만 AP 임의로 폴링이 가능한 단말임을 나타내고, 1인 경우에는 폴링에 정식으로 참여하고자 하는 의사를 전달하는 기능이 있는데, 제안 방안에서는 표준안의 의미를 해치지 않으면서 이들 비트의 사용 용도를 그림 3과 같이 한정시켜 실시간 서비스와 비동기 데이터 전송 서비스가 구별될 수 있도록 하였다.

B0	B1	B2	B3	B4	B5 - B15
ESS	IBSS	CF Pollable	CF Poll Request	Privacy	미사용 필드
← 16 Bits →					

CF-Pollable	CF-Poll Request	의 미
0	0	not CF-Pollable
0	1	비동기 데이터 전송
1	0	실시간 서비스 사용
1	1	비경쟁 구간 사용 안함

그림 3. 성능 정보 필드
Fig. 3 Capability Information Field

폴링 시간을 더 이상 이용하지 않게 되는 경우에는 DISASSOCIATION 관리 프레임이나 REASSOCIATION 관리 프레임을 통하여 더 이상 사용되지 않음을 알리도록 한다. 또, 현재 설정된 폴링 시간에 대해 변화가 요구될 때에는 REASSOCIATION 관리 프레임의 성능 정보 필드(Capability Information Field)를 이용하여 대역폭 정보를 전송하도록 하였다. 요컨대, 제안된 방식에서는 IEEE 802.11 표준에서 정의된 PCF구간, 즉, 비경쟁 서비스가 이루어지는 부분을 그림 4와 같이 두 개의 세부 구간으로 나누어, 처음 부분은 각 단말들이 전송한 대역폭 요구 사항을 바탕으로, 시간제한 서비스를 제공하기 위해 협상된 길이 만큼 폴링을 하기 위한 구간으로 설정하고, 두번째 부분은 허용 가능한 CFPMaxDuration 값에서 실시간 서비스를 할당하는데 필요한 길이 만큼을 제한 값을 이용하여 설정한다. 즉, 이 값의 범위에서 AP와, 비경쟁 구간을 이용하여 비동기 데이터를 전송하고자 하는 단말들이 채널을 사용할 수 있도록 함으로써 신뢰성의 보장을 원하는 비동기 데이터의 전송을 사용할 수 있도록 한다.

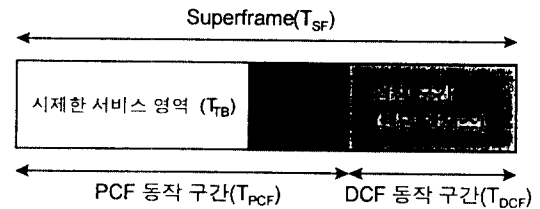


그림 4. 제안하는 채널 할당 방안
Fig. 4 Proposed channel assignment method

이들 세 구간 길이의 설정은 다음과 같은 알고리즘을 통해 이루어진다.

〈채널의 사용 구간 길이 설정 알고리즘〉

- ASSOCIATION 관리 프레임을 통해 단말들로부터 전송되어온 대역폭 정보 BW_i 를 이용하여 실시간 서비스 이용 구간의 길이 T_{TB} 를 설정한다.

$$T_{TB} = \sum BW_i$$

- 전송되어 온 대역폭 정보 중에서 $T_{TB} > T_{CFPMaxDuration}$ 이 되게 하는 BW_i 값은 T_{TB} 에 더해지지 않고 제외

되어진다. BW_i 이 허용 가능한 경우, ASSOCIATION Response 프레임에 할당된 대역폭 값을 포함하여 전송하고, 허용할 수 없는 경우에는 허용 가능한 최대 값을 포함하여 전송한다.

3. AP의 버퍼 크기(N_1)를 측정하여 비경쟁 구간에서 비동기 데이터의 전송을 원하는 단말 수(N_2)와 더한 값(N)을 구한다.

$$N = N_1 + N_2$$

4. 비경쟁 구간에서의 비동기 데이터 전송을 위하여 T_{Async} 의 값을 $\min\{T_{CFPMaxDuration} - T_{TB}, \text{time}([N/2 + 1])\}$ 의 값으로 설정한다.

(단, $\text{time}(x)$ 는 x 개의 MPDUMax 프레임을 전송하는데 소요되는 시간, $[x]$ 는 x 를 넘지 않는 최대 정수를 나타낸다.)

$$T_{Async} = \min\{T_{CFPMaxDuration} - T_{TB}, \text{time}([N/2 + 1])\}$$

5. 위에서 얻은 T_{Async} 와 T_{TB} 를 사용하여 비경쟁 구간과 경쟁 구간의 길이 T_{PCF} , T_{DCF} 의 값을 설정한다.

(단, T_{SF} 는 superframe의 전체 길이를 나타낸다)

$$T_{PCF} = T_{TB} + T_{Async}, T_{DCF} = T_{SF} - T_{PCF}$$

6. 등록 순서대로 실시간 서비스 단말들을 차례로 폴링하고, 이것이 끝나면, 비경쟁 구간에서의 비동기 데이터 전송을 위하여 $(N_2 + 1)/2$ 개의 단말을 비동기 서비스 등록 순서대로 폴링한 후, $(N_1 + 1)/2$ 개의 AP 데이터 프레임을 전송한다.

7. 위의 모든 과정이 끝나면 CF-END 제어프레임을 전송하여 경쟁구간을 시작한다.

비경쟁 구간에서 전송의 신뢰성을 요구하는 비동기 트래픽들을 전송하기 위하여 두 번째 구간을 설정하는 것이 필요한데, 다른 단말의 경우 이러한 트래픽의 양은 그리 크지 않은데 비하여 AP의 경우에는 AP가 다른 망으로의 접속점 역할을 할 뿐만 아니라 신뢰성을 요구하는 정보에 대해서 각 단말들로부터 정보를 전송 받아서 이를 다시 특정한 단말로 전송해주는 분배(delivery) 시스템의 역할까지 겸하고 있기 때문에 다른 단말에 비하여 비경쟁 구간을 통하여 전송되어야 하는 많은 양의 비동기 트래픽을 포함하게

된다. 이들의 전송을 위해 T_{Async} 의 값을 적당한 값으로 설정하는 것이 요구되는데, T_{Async} 의 값을 너무 크게 설정하는 경우에는 경쟁 구간에서의 처리율이 하락하게 되는 문제가 발생할 수 있기 때문에 T_{Async} 의 값은 AP에서의 프레임 손실을 일으키지 않기 위해 필요한 최소량으로 설정되어야 한다. 이러한 이유로, 제안하는 방법에서는 이를 위하여 AP의 버퍼에 저장되어 있는 프레임의 수를 알아내고 이를 이용하여 전송할 프레임의 수를 결정하는 알고리즘을 사용하였다. 이러한 방식을 사용하면, 다음 번에 전송되는 프레임의 수는 항상 현재 버퍼 내에 존재하는 프레임 수의 절반으로 결정된다. 비경쟁 구간에서 비동기 데이터 전송을 원하는 단말의 경우에는 AP에 비하여 도착하는 프레임의 수가 작고, 버퍼를 사용하여 관리되어 지며 전송 시간에 대한 제한이 없기 때문에 경쟁 구간의 효율을 최대한 유지하기 위하여 전송을 원하는 총 단말 수에 비례하는 값으로 설정하였다. 그림 5에 이러한 제안 방식의 적용 예를 나타내었다. 실시간 서비스를 원하는 각 단말들의 대역폭 값과 비경쟁 구간을 통해 비동기 데이터를 전송하고자 하는 단말의 수, AP의 버퍼크기 및 이로부터 계산되는 각 구간 길이의 값을 나타내었다.

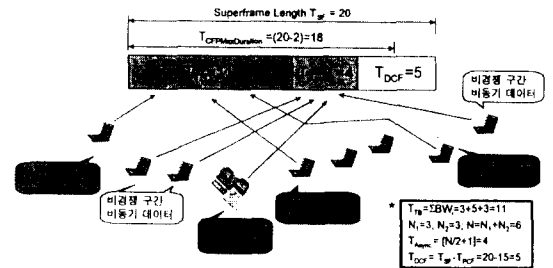


그림 5. 제안 방안의 동작 예
Fig. 5 Channel allocation example of the proposed scheme

제안 방법의 성능 분석을 위한 모의 실험 모델로 15개의 무선 단말과 하나의 AP로 이루어진 하나의 WLAN(하나의 BSS)를 설정하였다. 실험에 쓰인 무선 LAN 단말들의 물리 계층 파라미터 값들은 IEEE 802.11이 지원하는 세 가지 방식 중의 하나인 FHSS (Frequency-Hop Spread Spectrum) 방식을 따르는 물리 계층에서 정의된 값을 사용하였으며, 무선 LAN의

전송 속도는 2 Mbps를 채택하였다. 실험에 사용된 파라미터 값들을 표 1에 나타내었다.

표 1. 실험에서 사용된 물리 계층 파라미터
Table 1. Physical layer parameters used for simulation

파라미터 이름	표준안에서 제시된 값
aSlotTime	50 μ s
aSIFSTimea	28 μ s
aPreambleLength	96 μ s
aCWmin	15
aCWmax	1023
aMPDUMaxLength	4095octets
aPIFSTime	aSIFSTime + aSlotTime
aDIFSTime	aSIFSTime + 2 * aSlotTime

이 밖에, 이 실험은 매체 접근 제어 계층에서의 실시간 서비스 지원 성능을 평가하기 위한 것이므로 각 단말은 전력 제어 모드를 사용하지 않는다고 가정하였다. 즉, 모든 단말은 항상 작동(active)상태에 있다고 가정하였다. 또, 실험에서는 무선 채널에서 발생하는 간섭이나 채널 자체의 예러는 없다고 가정하였다.

실시간 서비스를 이용하는 단말의 경우, 제안 방식은 AP와의 설정을 통하여 이용 가능한 대역폭을 할당받고 이에 따라 실시간 데이터를 생성하기 때문에 제안된 방식이 표준안에 비하여 월등한 성능을 나타낼 것이 당연하기 때문에, 실험은 7개의 상태 천이를 갖는 VBR 소스 모델을 사용하여 VBR 소스와 비슷하게 MSDU의 크기가 시간에 따라 어느 정도 변화를 갖는 경우, 즉, 실시간 서비스 이용에 대하여 불완전한 제어가 이루어지는 경우에 대하여 수행하였다. 이러한 MSDU를 모델링하기 위하여 140,000~180,000 bits까지 7개의 상태 천이를 가는 MMPP모델로 이들 단말들의 source 모듈을 작성하였다. MMPP 모델의 상태 천이율은 skelly가 비디오 소스를 모델링하기 위하여 사용한 값을 이용하였다[13]. 비동기 트래픽 단말들에 대해서는 실험 과정의 편의를 위하여 Poisson 도착 프로세스에 따라 일정한 길이의 패킷을 생성하는 것으로 모델링하였다. 실시간 서비스를 이용하는 단말은 모두 5개로 설정하였고, 비경쟁 구간에서 비동기 데이터를 전송하고자 하는 단말들은 2개, 경쟁

구간만을 사용하는 단말은 8개로 설정하여 실제의 경우와 비슷하도록 하였다.

표 2. 실험에 사용된 파라미터 값들
Table 2. Other parameters used for simulation

단말 이름	비경쟁 구간 사용	평균 MSDU 길이	도착률
Station_0~Station_4	실시간 서비스	180,000	1pk/sec
Station_5, Station_6	비동기 데이터 서비스	100,000	5pk/sec
Station_7~Station_14	사용하지 않음	3,000	100pk/sec

IV. 모의 실험 결과 및 고찰

제안 방안의 실시간 서비스 지원 성능을 검증하기 위하여, 먼저, 비경쟁 구간에서 실시간 서비스를 받는 단말들에 대해 실시간 서비스의 품질을 평가하는 요소로 매체 접근 계층에서의 전송 시간의 변화, 즉, 서비스 이용 시간의 변이를 관찰하였다. 제안하는 방식의 경우, AP와의 ASSOCIATION 설정을 통하여 미리 실시간 서비스로 이용 가능한 대역폭의 크기(정확히는 한 번의 폴링으로 허용되는 채널 사용 시간)를 할당받기 때문에 각 단말들은 이와 같은 대역폭에 맞추어 전송할 데이터 프레임의 크기 및 도착률을 조절하게 된다. 반면에, 표준안에서 제시된 방법은 실시간 서비스를 이용하려는 단말에 아무런 정보를 제공하지 못하기 때문에 각 단말들의 MSDU 크기와 도착률은 효율적으로 설정되지 못하며, 이로 인하여 상당한 전송 지연과 프레임 손실이 발생하게 된다.

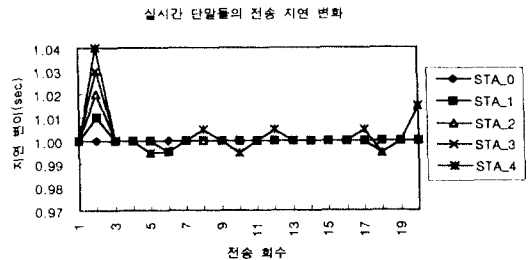
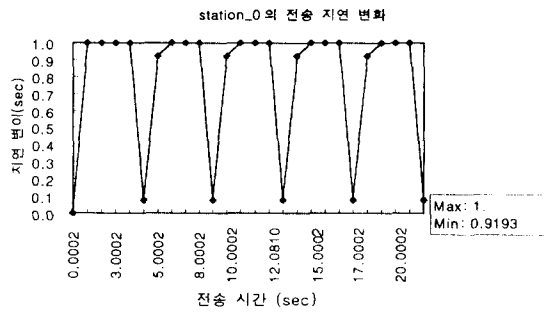
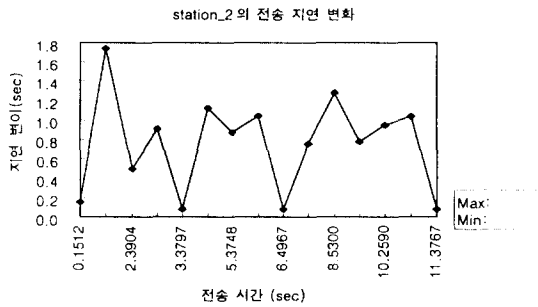


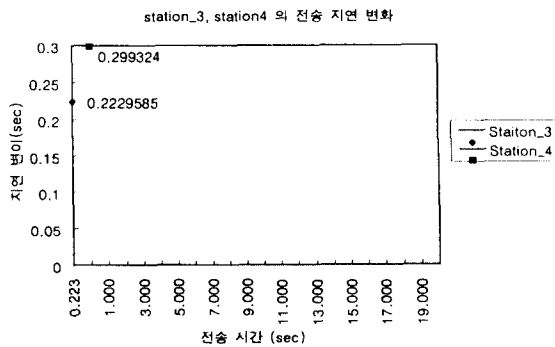
그림 6. 제안 방안의 전송 지연 변화
Fig. 6 Transmission delay variation of proposed method



(a) station_0



(b) station_2



(c) station_3, station_4

그림 7. 표준안의 전송 지연 변화

Fig. 7 Transmission delay variation of standard method

그래프의 지연 변이 값들은 이전에 프레임이 전송된 시간으로부터 현재 프레임 전송이 이루어지는 때까지의 시간을 나타낸다. 표준안 방식의 경우에는 실시간 서비스를 이용하는 단말과 비경쟁 구간에서 비동기 데이터를 전송하는 단말과의 구별이 불가능하기 때문에 이 모의 실험에서와 같이 비경쟁 구간에서 비동기 데이터를 전송하는 Station_5가 실시간 서비스 단말인 Station_2보다 폴링 리스트의 앞에 위치하는 것이 발생한다. Station_5의 전송으로 인해 Station_2는 Station_0이나 Station_1과 매우 다른 지연 특성을 나타내었고, 실시간 서비스의 품질이 크게 하락되었음을 살펴 볼 수 있었다. 더구나, Station_2에 이어 실시간 단말보다 AP와 Station_6이 먼저 폴링됨으로 인해 실시간 서비스를 이용하는 나머지 2개의 단말 Station_3과 Station_4에서는 앞의 단말들의 채널 사용 때문에 처음 전송 이후로는 AP로부터 전혀 폴링을 받지 못하는 상황이 최악의 상황이 발생하고 있다.

결과를 살펴보면, 그림 6에서 보듯이 제안 방안의 경우에는 프레임 크기가 크게 변하는 경우에도 전송 지연이 최대 50ms이내의 지연 변이를 갖는데 비하여, 표준안의 경우에는 그림 7과 같이 낮은 도착률 하에서도 폴링 리스트의 앞에 위치한 단말들로 인하여 뒤쪽에 위치한 실시간 단말들이 매우 큰 값의 지연 변이를 가지게 됨을 확인할 수 있었고, Station_3, Station_4의 경우에는 처음 서비스 이후에는 전혀 서비스를 받지 못하는 문제점이 발생하였다. Station_2의 경우에도 조금 시간이 경과한 후에는 전송 시간의 지연이 차츰 증가하게 되고, 마침내 앞의 비동기 단말의 독점으로 인하여 서비스를 전혀 받지 못하는 상태가 되

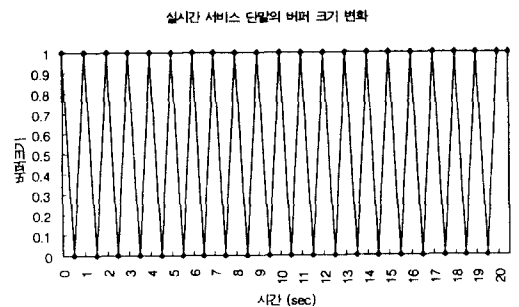


그림 8. 제안 방안의 버퍼 크기 변화

Fig. 8 Queue length variation of proposed method

었다. 반면, 제안 방법의 경우에는 프레임 크기가 크게 변화하는 경우에도 전송 지연이 최대 50ms이내의 지연 변이를 일으키는 정도에 그침으로써 안정된 실시간 서비스가 이루어질 수 있음을 확인할 수 있었다.

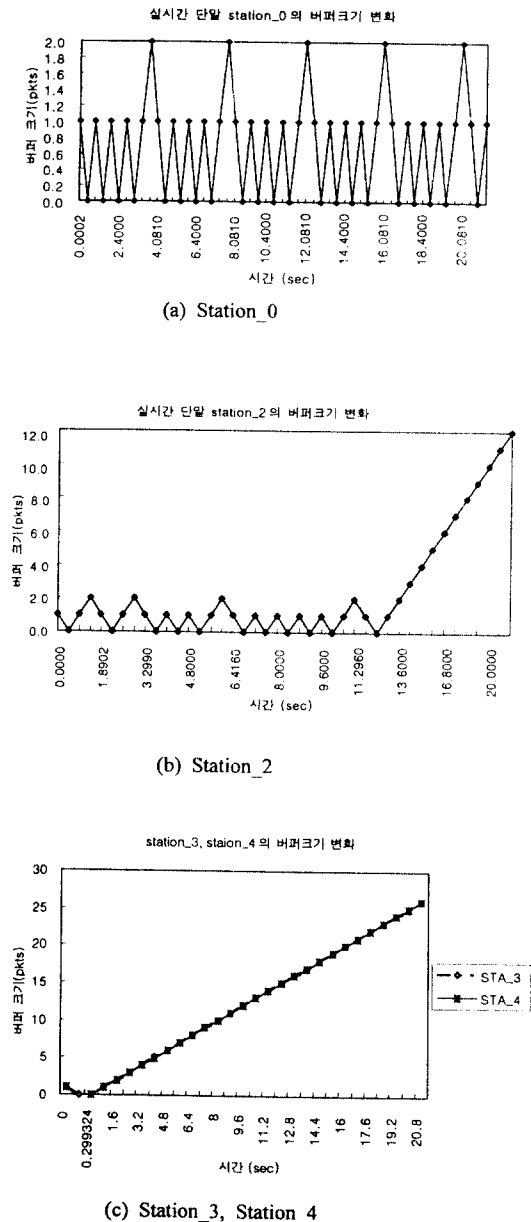


그림 9. 표준안의 버퍼 크기 변화
Fig. 9 Queue length variation of standard method

다음으로, 비경쟁 구간에서의 실시간 서비스 지원 성능과 함께 신뢰성을 요구하는 비동기 데이터들의 전송 효율을 평가하기 위하여 비경쟁 구간을 사용하는 단말들의 프레임 손실을 추적하고자 버퍼 크기 변화를 조사하였다. 그림 8에서 보듯이 제안 방법은 실시간 서비스를 이용하는 단말들의 경우 사용 대역폭에 맞추어 데이터가 생성되기 때문에 버퍼 크기가 2 이상으로 증가하지 않았고, AP, Station_5, Station_6의 경우 각각의 값에는 차이가 조금 있었지만 세 경우 모두 버퍼가 어느 값 이상으로 증가되지 않는 안정된 동작을 보였다. 반면, 표준안의 경우에는 그림 9와 같이 폴링 리스트의 앞에 위치한 Station_5로 인해 Station_2의 경우, 상당한 손실을 겪고 있으며, Station_3와 Station_4, Station_6에서는 거의 모든 프레임을 상실하는 결과를 보였다. 이러한 현상은 실시간 서비스에 비하여 데이터의 크기는 작지만 상대적으로 훨씬 더 빈번한 도착률을 가지는 Station_5가 실시간 단말들보다 앞서 폴링을 받고 채널을 상당 기간 점유함으로써 인해 야기된 것이다. 제안 방안을 적용한 결과, 그림 10과 같이 AP의 버퍼 크기는 10~12(pkts) 정도에서 안정된 동작을 보였다.

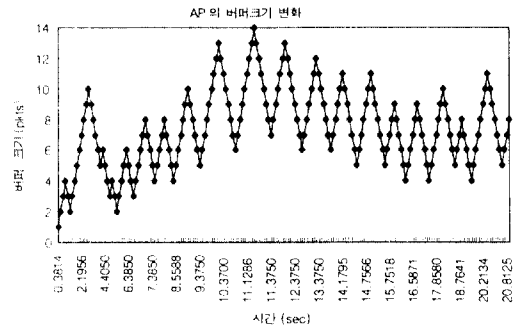


그림 10. 제안 방안에서의 AP 버퍼 크기 변화
Fig. 10 Queue length variation at AP of proposed method

V. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.11 WLAN 환경에서 실시간 서비스를 지원하기 위한 효율적인 채널 구간 할당 방안을 제안하였다. 표준안의 방법을 적용할 때 비경

쟁 구간에 참여하는 단말의 수가 증가함에 따라 각 단말들의 실시간 서비스 품질이 하락하게 되는 문제 점을 해결하기 위해, 본 논문에서는 각 단말들로 하여금 실시간 서비스를 위해 사용하고자 하는 대역폭 정보를 AP와의 연결 설정(association) 단계에서 ASSOCIATION 관리 프레임을 통하여 AP로 전송하도록 하여 AP가 이를 바탕으로 비경쟁 구간의 길이를 설정하게 함으로써 단말의 수가 증가하는 경우에도 실시간 서비스가 안정적으로 제공될 수 있는 방법을 제안하였다. 표준안에 제시된 설정 방법과는 달리 전송된 정보를 바탕으로 비경쟁 구간의 길이를 설정하도록 함으로써 비경쟁 구간의 길이가 항상 허용 가능한 최대 길이가 되는 것을 막고 경쟁 구간에서의 전송 지연이 줄어들 수 있도록 하였다. 또, 비경쟁 구간에 여유가 있을 경우에는 AP를 포함, 전송의 신뢰성을 위해 비경쟁 구간의 사용을 요구하는 비동기 트래픽들이 전송될 수 있도록 하여, 신뢰성을 요구하는 비동기 데이터들의 손실률을 줄일 수 있도록 제안하였다. 제안 방안의 성능 평가를 위해 실시간 서비스를 이용하는 단말에서의 전송 시간 변이와 실시간 데이터 버퍼의 크기 변화 및 AP와 비경쟁 구간을 통하여 비동기 데이터를 전송하는 단말들의 비동기 데이터 버퍼 크기의 변화를 모의 실험을 통해 분석한 결과, 실시간 서비스를 이용하는 단말의 수가 증가하여도 기존의 방식에 비해 높은 품질의 실시간 서비스가 제공되며, AP와 비동기 트래픽 단말들의 프레임 손실도 낮은 값을 가짐을 확인할 수 있었다. 추후 과제로 각 단말이 사용하고자 하는 실시간 서비스의 이용 대역폭을 설정하는 방안에 대한 연구와 비경쟁 구간의 크기와 경쟁 구간에서의 처리율과의 관계 등에 관한 연구가 수행되어야 할 것이며, ATM 혹은 다른 무선망으로 구성된 기간 망과 WLAN과의 접속 시에 이중 망간의 효율적인 연동 및 유선 망과의 접속을 개선하기 위해 유선 LAN과 비슷한 전송속도를 낼 수 있도록 전송 속도 개선을 위한 물리계층에서의 전송 방법에 대한 꾸준한 연구가 계속되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. R. O. LaMaire, A. Krishna, and P. Bhagwat, "Wireless LANs and Mobile Networking:Standards

and Future Directions", IEEE Commun. Mag., pp. 86-94, Aug., 1996.

2. J. Porter, and A. Hopper, "An ATM Based Protocol for Wireless LANs", ftp://cam-ori.co.uk/pub/docs/ORL, April, 1994.

3. H. Ahmadi, A. Krishna, and R. O. LaMaire, "Design Issues in Wireless LANs", Journal of High-Speed Networks (JHSN), vol. 5, no. 1, pp. 87-104, 1996.

4. B. Jabbari, G. Colombo, A. Nakajima, and J. Kulkarni, "Network Issue for Wireless Communications", IEEE Commun. Mag., vol. 2, no. 2, pp. 88-98, Jan., 1995.

5. K. C. Chen, "Medium Access Control of Wireless LANs for Mobile Computing", IEEE Network, 8 (5), pp. 50-63, 1994.

6. C. Oliveira, J. B. Kim, and T. Suda, "Quality-of-Service Guarantee in High-Speed Multimedia Wireless Networks", IEEE ICC Conf., pp. 728-734, 1996.

7. A. Colvin, "CSMA with Collision Avoidance", Computer Communications, vol. 6, no. 5, pp. 227-235, Oct., 1983.

8. P. Karn, "MACA-A New Channel Access Method for Packet Radio", ARRL/CRRRL Amateur Radio 9th Computer Networking Conference, pp. 134-140, Sep., 1990.

9. The Editors of IEEE 802.11, "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) And Physical Layer (PHY) Specifications, Draft Standard IEEE 802.11, P802.11/D5.0", July, 1996.

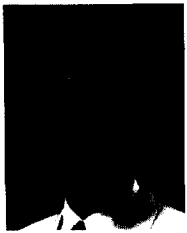
10. ETSI Secretariat, "Hiperlan Functional Specification, Draft prETS 300 652", July, 1995.

11. J. Weinmiller, M. Schlaeger, A. Festag, and A. Wolisz, "Performance Study of Access Control in Wireless LANs-IEEE 802.11 DFWMAC and ETSI RES 10 HIPERLAN", Mobile Networks and Applications, July, 1997.

12. J. Weinmiller, H. Woesner, and A. Wolisz, "Analyzing And Tuning the Distributed Coordination Function in the IEEE 802.11 DFWMAC Draft

Standard”, MASCOT'96-International Workshop on Modelling, Analysis and Simulation of Computer and Telecommunication Systems, Feb., 1996.

13. P. Skelly, M. Schwartz, and S. Dixit, “A Histogram-Based Model for Video Traffic Behavior in an ATM Multiplexer”, IEEE/ACM Trans. on Networking, vol. 1, no. 4, pp. 446-459, Aug., 1993.



박 중 신(Jung-shin Park) 정회원
 1972년 2월 19일생
 1995년 2월:연세대학교 전자공학과(학사)
 1997년 8월:연세대학교 대학원 전자공학과(석사)
 1997년 9월~현재:연세대학교 대학원 전자공학과 박사과정

※주관심분야:무선 근거리망, 무선ATM, 이동 통신망 등임

류 시 훈(Shi-hoon Ryu) 정회원
 1966년 9월 9일생
 1990년 2월:연세대학교 전자공학과(학사)
 1992년 8월:연세대학교 대학원 전자공학과(석사)
 1992년 9월~현재:연세대학교 대학원 전자공학과 박사과정

※주관심분야:개인휴대통신(PCS), 무선ATM, 이동성 관리 등임

강 태 원(Tae-won Kang) 정회원
 1984년:공군사관학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1992년~1994년:연세대학교 대학원 전자공학과 석사 졸업
 1994년~현재:연세대학교 대학원 전자공학과 박사과정
 ※주관심분야:B-ISDN/ATM, Network Management, PCS, ATM LAN

이 준 호(June-ho Lee) 정회원
 연세대학교 대학원 전자공학과 박사
 한국통신학회 논문지 제 20권 12호 참조

이 재 용(Jai-yong Lee) 정회원
 현재:연세대학교 전자공학과 교수
 한국통신학회 논문지 제21권 11호 참조

이 상 배(Sang-bae Lee) 정회원
 현재:연세대학교 전자공학과 교수
 한국통신학회 논문지 제21권 11호 참조