

NCTUns 시뮬레이터에서 IEEE 802.11e MAC 프로토콜을 위한 TID 제공방안

*김영환, 허필영, 석정봉
연세대학교 전산학과
e-mail : leo0207@empal.com

TID providing method for IEEE 802.11e MAC protocol in NCTUns simulator

*Young-Hwan Kim, Pil-Young Heo, Jung-Bong Suk
Dept. Computer Science of Yonsei University

Abstract

본 논문에서는 IEEE 802.11e MAC (Medium Access Control) 프로토콜을 NS-2 등과 같은 유명한 시뮬레이터들보다도 진보적인 NCTUns 시뮬레이터를 이용하여 개발하고자 하면서, 각 MSDU (MAC Service Data Unit)마다 제공되어야 하는 TID (Traffic Identification)를 결정하는 방안을 모색하고 있다. 따라서 본론에서는 IEEE 802.11e MAC 프로토콜과 NCTUns 시뮬레이터에 대해서 기술하며 본 논문에서 제안하는 방법에 대해서 서술한다.

1. 서론

IEEE 802.11 무선 랜은 몇 개의 무선 랜 표준 중에서 상용화가 가장 활발히 진행되어 많은 사용자들이 사용하고 있다. 그러나 지금 상용화된 IEEE 802.11 무선 랜 제품들은 best-effort 형식의 전송만을 제공하고 있어 멀티미디어 통신과 다수의 사용자들에게 차별화되고 안정적인 서비스 제공에 효율적이지 못하다.

IEEE 802.11 위원회에서는 새로운 태스크 그룹을 만들고 기존 IEEE 802.11 무선 랜의 MAC 프로토콜을 멀티미디어 통신과 다수의 사용자들을 위해서 향상된

MAC 프로토콜을 IEEE 802.11e MAC 프로토콜이라고 명하였다.

본 논문에서는 IEEE 802.11e MAC 프로토콜을 사용함에 있어서 다양한 트래픽에 따른 TID를 제공하는 방법에 대해서 논하고자 하며, 특히 진보된 네트워크 시뮬레이터인 NCTUns를 이용해서 제안하는 방법을 구현하고자 한다. 2장에서는 IEEE 802.11 무선 랜의 전반적인 내용과 기존과 새로운 MAC 프로토콜에 대해서 설명한다. 이어서 3장에서는 NCTUns 시뮬레이터를 소개하여 4장에서는 제안하는 방법을 밝히고, 5장에서는 본 논문의 내용을 종합하고자 한다.

2. 관련 연구

2.1 IEEE 802.11 무선 랜 표준

현재의 IEEE 802.11은 best-effort 서비스를 지원하는 이더네트의 무선 버전이라고 생각할 수 있으며, 주로 물리계층과 링크계층 중 MAC (Medium Access Control) 부 계층까지만 다루고 있으며, IEEE 802.11은 동시적 (isochronous)보다는 대체적으로 비동기적 (asynchronous) 데이터의 전송을 목적으로 하고 있다.

IEEE 802.11 표준은 물리계층의 규격에 따라서 크네 종류로 분류할 수 있다. 현재 거의 사용되고 있지는 않지만 1997년경에 개발되어 900MHz 대역을 사용하는

IEEE 802.11 버전은 FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum), DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) 방법을 사용하여 최대 2Mbit/s의 전송율을 보였다. 이후 1999년경에 2.4GHz 대역의 ISM (Industrial, Scientific, Medical) 밴드를 사용하는 802.11b 버전은 DSSS 방법을 사용하여 11Mbit/s까지, 5GHz 대역의 UNII (Unlicensed National Information Infrastructure) 밴드를 사용하는 IEEE 802.11a 버전은 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기술을 사용해서 54Mbit/s까지의 전송율을 제공하고 있다. 최근에는 2.4GHz 대역의 ISM (Industrial, Scientific, Medical) 밴드를 사용하는 IEEE 802.11g 버전이 OFDM 기술을 적용하여 최대 54Mbit/s까지 전송율이 제공되도록 개발되고 있다.

2.2 IEEE 802.11 MAC 프로토콜

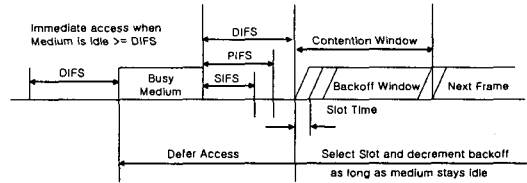
매체 접근 조절, 즉 IEEE 802.11에서의 MAC은 무선 매체에 접근 하는 것을 조절한다는 의미로서, 다시 말하면, WSTA (Wireless Station)의 전송 권한을 조절하는 기능이다. 현재 IEEE 802.11 표준으로 완성된 MAC은 크게 두 가지의 매체 접근 제어 방식이 있다. 그 중에 하나는 전송을 시도하는 WSTA들 사이에 경쟁을 통하여 무선 매체에 접근할 수 있는 권한을 획득하게 하는 방법이 있고, 또 다른 하나는 경쟁을 하지 않고 무선 매체에 접근할 수 있는 권한을 획득하는 방법이다.

WSTA들 간에 경쟁이 일어나는 기간을 CP (Contention Period)라고 하고 이 기간 동안에 무선 매체의 접근 권한을 조절하는 기능을 DCF (Distributed Coordination Function)라고 한다. 반면에 경쟁을 하지 않는 기간을 CFP (Contention Free Period)하며 이 기간 동안에 무선 매체의 접근 권한을 조절하는 기능을 PCF (Point Coordination Function)라고 한다.

DCF는 IEEE 802.11 MAC계층의 기본이 되는 프로토콜이며, CSMA 매커니즘에 기초하여 Listen-before-Talk 방법으로 작동한다. CSMA는 무선 채널의 상태를 감지한다는 의미의 캐리어 센싱 (Carrier Sensing)이라고 하는 방법을 이용해서 다수의 WSTA이 무선 채널을 이용할 수 있게 해주는 다중 접속 기술이다. 만약 같은 시간에 두 WSTA 이상이 사용되고 있지 않는 상태의 무선 매체 채널을 발견한다면, 그 WSTA들은 전송을 시도할 것이고 충돌이 발생하게 된다. 그래서 IEEE 802.11은 CSMA 매커니즘에 충돌의 확률을 낮추어 주는 CA (Collision Avoidance) 매커니즘을 더해져서 CSMA/CA라 정의하고 있다.[1]

[그림 1]은 CSMA/CA 매커니즘을 나타낸 것이며, CSMA에 의해서 어떤 WSTA이 전송을 시작하기 전에

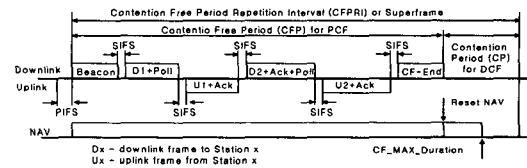
캐리어 센싱과 백오프 프로시저 (Backoff Procedure)를 수행한다. 즉, DIFS (DCF InterFrame Space)라고 불리는 최소한의 기간동안 무선 채널이 유휴 상태인지를 확인하고 난 후에, 임의의 시간을 더한 기간동안 채널을 센싱하고 있어야만 한다. 만약 그 임의의 추가 시간이 지난 뒤에도 채널이 사용되고 있지 않다면, 그 WSTA은 전송을 시작할 수 있다.



[그림 1] Distributed Coordination Function

IEEE 802.11 표준에서는 시간에 민감한 데이터에 대해서도 서비스를 제공하고 있는데, 이 기능을 PCF이라고 한다. 이 프로토콜은 PC (Point Coordinator)라고 하는 WSTA에 의해서 조절되며, WSTA이 무선 매체에 접근하는데 UP (User Priority)를 가진다. 가장 짧은 IFS (InterFrame space)를 가지는 SIFS (Shortest InterFrame Space)보다 길고 DIFS보다는 짧은 기간인 PIFS (PCF InterFrame Space)가 지난 후에 전송을 할 수 있기 때문에 DCF보다 높은 우선순위를 가진다.

[그림 2]를 보면, PCF를 위한 CFP 구간과 DCF를 위한 CP 구간이 있는데, 이 두 구간을 합한 시간적 구조를 슈퍼프레임(superframe)이라고 한다. 슈퍼프레임의 범위 안에서 CFP 구간과 CP 구간의 시간적 길이는 변화할 수 있다. 단, 슈퍼프레임은 DCF를 통해서 적어도 하나의 MSDU가 전송될 수 있는 최소한의 CP 구간을 포함해야만 하는 필수 사항이 있다. [2]



[그림 2] Point Coordination Function

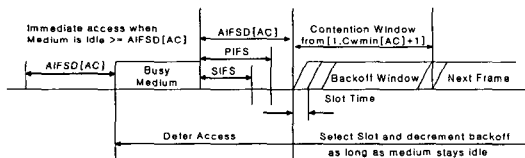
2.3 IEEE 802.11e MAC 프로토콜

서비스 요구를 모두 충족 시켜 줄 수 있다면 아무런 문제가 없겠지만, 만일 그렇지 못하다면 서비스를 차별화 하여 가능한 한 모든 서비스에 대하여 공평한 만족을 주는 것이 그 해결 방안이라 할 수 있다. 또한, 우리는 이러한 서비스의 차별화 기능을 QoS (Quality of

Service)라고 한다. 기존의 IEEE 802.11은 일반적인 데이터만을 전송대상으로 고려하고 있어 멀티미디어와 같은 데이터 형식은 서비스 하는데 한계가 있다. 즉 QoS 기능이 결여되어 있다.

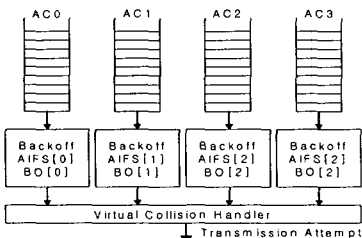
IEEE 802.11e는 IEEE 802.11 무선 LAN을 이용하여 일반 데이터뿐만 아니라 음성, 오디오, 비디오와 같은 멀티미디어 서비스를 위한 QoS (Quality of Service) 요구사항들을 LAN 어플리케이션들에게 제공하는 MAC 프로시저들을 정의하고 있다. 현재 IEEE 802.11의 태스크 그룹 IEEE 802.11e에서는 기존의 MAC 프로토콜에 QoS 기능을 강화하는 MAC 프로토콜 표준을 작성하고 있는 중이며 완성단계를 앞두고 있다. 따라서, IEEE 802.11e의 QoS 기능 제공은 보다 다양한 트래픽 특성을 수용할 수 있어 여러 종류의 상위 계층과 연계될 수 있다.

IEEE 802.11e에는 QoS를 두 가지 경우로 나누어서 제공하고 있는데, 우선순위 방식과 파라미터 방식이 있다. 우선순위 방식은 기본적인 QoS 방법으로서 8단계로 서비스 차별화를 선택할 수 있으며, 8단계는 다시 4등급의 AC (Access Category)로 나누어 서비스를 차별화 하고 있으며, 파라미터 방식에서는 트래픽의 특성에 따라 다양한 파라미터들을 정의해서 매체 접근을 관장하는 HC (Hybrid Coordinator)가 적절히 매체 접근을 허가하는 진보된 QoS를 제공한다.



[그림 3] EDCA의 UP별 다중 백오프

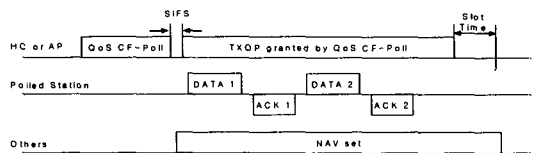
EDCA (Enhanced Distributed Channel Access)는 HCF (Hybrid Coordination Function)를 위해서 IEEE 802.11e에서 기본적으로 제공되어야 하는 프로토콜이다. EDCA는 CP 구간 동안에 작동하는 매체 접근 제어 방법으로서, 우선순위 방식의 QoS 방침을 따른다. [그림



[그림 4] EDCA의 액세스 카테고리 및 가상 백오프

[그림3]은 전송 권한 (TXOP : Transmission Opportunity)을 획득하기 위해서 경쟁을 하는데 있어서, UP별로 채널이 유휴 상태인지를 판단하는데 걸리는 시간에 차이를 둔 것을 나타낸 것이고, [그림 4]에서는 한 WSTA에서 각 AC 간에 전송 권한을 획득하기 위해서 가상 백오프 알고리즘이 수행된다.

HCCA (HCF Controlled Channel Access)는 EDCA 액세스 규칙을 확장시킨 것이다. [그림 5]에서와 같이 HCCA는 CFP와 CP 구간에서 모두 전송이 가능하다. HCCA에서 전송권한을 획득하는 방법에는, CFP 구간의 경우 마치 PC처럼 HCCA의 기능을 하는 HC에 의해서 폴링으로 전송 권한이 주어지고, CP 구간의 경우에도 HC에 의해서 폴링에 의한 전송 권한 획득이 이루어진다.

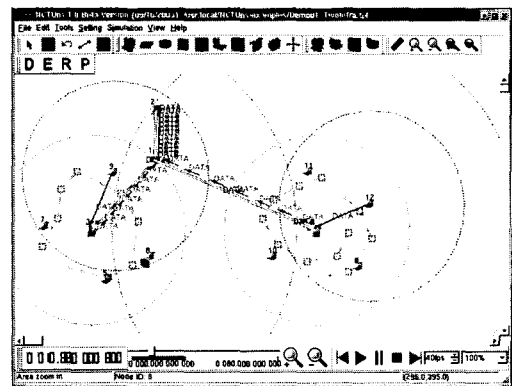


[그림 5] HCF Polled TXOP timing

3. NCTUns 시뮬레이터

NCTUns 1.0은 대만의 NCTU(National Chiao Tung University)에서 개발된 네트워크 시뮬레이터로서 IP (Internet Protocol)를 기반으로 하는 유선 및 무선망의 다양한 프로토콜들을 시뮬레이션 할 수 있는 시뮬레이터이다. [3]

NCTUns는 DrawTopology, Edit Property, Run Simulation 그리고 Packet Animation Player와 같이 네 가지의 모드를 제공한다. Draw Topology는 시뮬레이션 하고자 하는 유/무선 네트워크 시나리오를 GUI 환



[그림 6] NCTUns 1.0 시뮬레이터

경에서 쉽게 작성 할 수 있도록 해주고 Edit Property 는 장치에서 사용할 프로토콜들의 구성, 무선 단말기의 이동 경로, 각 단말기들의 발생 트래픽 설정 그리고 링크에는 전송 속도와 에러율 등과 같은 속성을 설정할 수 있다.

위의 두 과정을 통해 생성된 네트워크 시나리오는 Run Simulation 모드로 시뮬레이션이 수행되고 그 결과를 Packet Animation Player를 통해 마치 동영상을 보는 것처럼 실시간으로 재생해 볼 수 있으며 남겨진 로그 데이터를 그래프로 관찰할 수 있는 기능도 제공된다. 또한 NCTUns는 복합적이고 사실적인 시뮬레이션을 위해 다양한 장치들과 프로토콜들을 지원하고 있다.

단 본 논문의 제안을 위해서는 IEEE 802.11e MAC 프로토콜이 있어야 하지만 현재의 NCTUns에서는 기존 IEEE 802.11 MAC 프로토콜의 DCF까지만 제공되고 있다. 때문에 현재 본 논문의 제안을 입증하기 위해서 NCTUns 에 IEEE 802.11e MAC 프로토콜을 드래프트 5.0의 EDCA 부분 완성에 근접하고 있다.

4. NCTUns 시뮬레이터에서 IEEE 802.11e MAC 프로토콜을 위한 TID 제공 방안

TID는 MA-UNITDATA. request 프리미티브에 의해서 상위 계층으로부터 MAC 계층에 공급되는 MSDU 마다 트래픽의 종류를 구별해 준다. MAC 프레임의 헤더에 4 비트로 표현되는 TID 필드는 UP와 같이 0부터 7까지로 표기가 되면 TC (Traffic Category)로 구분되어 EDCA의 4개의 AC에 의해서 QoS가 제공된다. 이와 마찬가지로 TID가 8부터 15까지로 표기가 되면 TS (Traffic Stream)로 구분한다.

TS는 주로 파일 혹은 멀티미디어 데이터 등을 연속적으로 대량 전송하고자 하는 트래픽을 뜻한다. 상위 계층에서 MAC 계층에 TS 전송을 요구하면 MAC 계층에서는 안정적인 전송 권한을 위해서 TS의 QoS 특징들을 규정된 TSPEC (Traffic SPECification) 형식으로 HC에 요청한다. 무선 단말기가 TS를 설정하기 위해서 작성한 TSPEC을 HC에 요구하면 admission control과정을 거친 후 결과를 다시 무선 단말기에 통보한다. TS 설정이 정상적으로 이루어지면 단말기는 HC의 스케줄링에 의해서 폴링 되는 순간 마다 전송 권한을 부여 받는다.

NCTUns에서는 트래픽 발생을 사실적으로 표현 할 수 있다. 각 단말기들은 트래픽 발생 시간을 정해두고 그때에 발생시키는 트래픽의 종류와 특징을 기술할 수 있다. 이러한 트래픽 발생 정의는 한 단말기에 다수 개

만들어 줄 수 있어 동시에 다수개의 트래픽을 발생시켜 줄 수 있다.

NCTUns에서 제공하는 self-similar 모드의 트래픽 발생은 UDP 트래픽의 평균 패킷 길이와 대역폭을 정해 주면 NCTUns의 트래픽 발생 모듈이 각 패킷의 길이와 패킷 사이의 인터벌을 미리 파일에 발생할 패킷의 수만큼 정해두고 시뮬레이션이 진행되는 동안에 미리 기록된 대로 트래픽을 발생시켜 준다. 그러나 TCP 트래픽은 마치 파일 전송처럼 greedy 형식만 제공이 되고 있다. 미리 정해진 트래픽 발생 기록을 통계적으로 계산하여 각 트래픽 혹은 세션 별로 UP를 결정하고 TC 혹은 TS 전송을 요구 할 것인지를 결정한다. UP를 결정하기 위해서는 패킷의 길이와 대역폭 그리고 패킷간의 인터벌 타임 정도가 필요하며 TC와 TS로의 결정은 통계적인 결과를 근거로 하여 결정한다. [4]

5. 결론

IEEE 802.11e MAC 프로토콜은 각 MSDU 마다 TID를 상위 계층에서 제공해 주어야 한다. 본 논문에서는 트래픽 발생뿐만 아니라 기타 다양한 부분에서 장점을 가지고 있는 NCTUns 시뮬레이터를 기반으로 TID를 제공해 주는 방법에 대해서 살펴보았다. IEEE 802.11e MAC 프로토콜을 위한 NCTUns에서의 개발은 아직 진행 중이며 제안한 방법을 접목시켜 향후 개선된 방안을 제시하고자 한다.

참고 문헌

- [1] Stefan Mangold, "IEEE 802.11e Wireless LAN for Quality of Service" in Proc European Wireless '2002, Florence, Italy, February 2002
- [2] IEEE Std 802.11e/D5.0 "Medium Access Control (MAC)Enhancements for Quality of Service (QoS), august, 2002
- [3] Shie-Yuan Wang, "The Design and Implementation of the NCTUns 1.0 Network Simulator", Computer Networks, Vol. 42, Issue 2, June 2003, pp.175-197
- [4] Shie-Yuan Wang, "The NCTUns 1.0 Network Simulator Protocol Module Writer Manual", National Chiao Tung University, Taiwan, jun 2003