主題

무선 홈네트워킹을 위한 QoS 지원 MAC 기술

한국전자통신연구원 김 종 원 충남대학교 김 대 영

차 례

Ⅰ. 서 론
Ⅱ. IEEE802.11 MAC 기술
Ⅲ. IEEE802.11e QoS 지원 MAC 기술
Ⅳ. IEEE802.15.3 QoS 지원 MAC 기술
Ⅴ. IEEE802.11e와 IEEE802.15.3의 MAC 기술 비교
Ⅵ. 결 론

Ⅰ. 서 론

최근에 IT 기술의 급속한 발달과 초고속 가입자망의 폭발적인 보급으로, 기업이나 공공기관의 사무실 중심으로 구축되던 네트워크 환경이 가정 내의 모든 정보가전기기가 유무선으로 연결되는 홈네트워킹 기술에 대한 관심이 높아지고 있다.

홈네트워킹 기술은 크게 유선 기술과 무선 기술로 구분되고, 유선 기술로는 이더넷, 전화선, 전력선, IEEE1394, USB 등이 있으며, 무선 기술로는 IEEE802.11 계열의 무선 LAN(Local Area Network) 기술, IEEE802.15 계열의 무선 PAN (Personal Area Network) 기술 등이 있다. 이 가운데 무선 홈네트워킹 기술은 유선 홈네트워킹 기술에 비하여 새로운 배선이 필요하지 않고, 설치하기가 쉬우며, 사용하기가 용이하고, 이동성이 보장된다는 여러 가지 장점들이 있어서 선호되고 있다.

무선 LAN 기술은 전송 거리 100m 이내에서 고속의 데이터를 전송하고, AP(Access Point)와 STA(Station)으로 구성되며, Station으로서는 노트북 PC(Personal Computer), 데스크 탑 PC, PDA(Personal Digital Assistant) 등이 적용될 수 있고, 무선 PAN 기술은 전송 거리 10m 이내에서 고속의 데이터를 전송하며, 개인 휴대형 단말 기기들로 구성되며, 개인 휴대형 단말기기로서는 노트북 PC, PDA, 디지털 카메라, MP3 Player, 무선 헤드 셋 등이 적용될 수 있다.

또한 최근에 가정 내의 새로운 디지털 장치들이 많이 등장하고, 고속의 멀티미디어 서비스 제공에 대한 사용자 요구가 급속히 증가함에 따라서, QoS(Quality of Service)를 지원하는 광대역 무선 멀티미디어 시장이 급속히 증가하고 있다. 무선 홈네트워크에서 고속의 멀티미디어 트래픽

이 증가하면, 여러 개의 멀티미디어 서비스들이 한 개의 무선 채널을 공유하게 되므로, 효율적이고 강력한 무선 QoS MAC(Medium Access Control) 기술이 요구된다. 최근에 우선 순위가 다르고, 파라미터가 다른 QoS 기반의 트래픽을 효율적으로 제어할 수 있는 MAC 프로토콜이 여러 개 제안되었고, 이 가운데 대표적인 것이 무선 LAN용 IEEE802.11e MAC 기술과 무선 PAN용 IEEE802.15.3 MAC 기술이다.

본 고에서는 2장에서 무선 LAN에서 QoS가 지원되지 않는 기존의 IEEE802.11 MAC 기술을 설명하고, 3장에서 무선 LAN에서 QoS를 지원하기 위하여 제안된 IEEE802.11e MAC 기술을 설명하며, 4장에서 무선 PAN에서 QoS를 지원할 수 있도록 제안된 IEEE802.15.3 MAC 기술을 설명하고, 5장에서 IEEE802.11e와 IEEE802.15.3의 MAC 기술을 비교하며, 마지막으로 6장에서 결론을 기술한다.

Ⅱ. IEEE802.11 MAC 기술

IEEE802.11 Working Group은 1997년에 무선 LAN에 대한 최초의 표준인 IEEE802.11 규격을 완성하고 1999년에 개정을 하였으며, 무선 LAN의 고속화에 대한 시장의 요구를 반영하기 위하여 새로운 물리계층 규격으로서 5GHz 대역에서 최대 54Mbps의 데이터 전송 속도를 제공하는 IEEE802.11a 규격과 2.4GHz 대역에서 최대 11Mbps의 데이터 전송 속도를 제공하는 IEEE802.11b 규격을 추가로 표준화하였다.

가. IEEE802.11 구조

IEEE802.11 구조는 그림 1과 같다. 그림 1에서 IEEE802.11은 Infrastructure 망 구조와 Ad hoc 망 구조를 모두 지원하고, 동일한 AP에 연결된 Station의 집합을 BSS(Basic Service Set)라고 한다. DS(Distribution System)은 BSS간 프레임을 전송하기 위한 Backbone으로서 어떤 Station이 다른 BSS에 존재하는 Station으로 프레임을 전송할 때 전송 경로를 제공한다. AP는 자신과 결합된 Station과 DS를 연결하는 하나의 Station으로서, Station이 DS로 프레임을 전송하기 위해서는 반드시 어떤 하나의 AP와 결합(Association)을 설정하여야 한다. Portal은 IEEE802.11 무선 LAN과 다른 IEEE802.x LAN이 DS로 들어가는 논리적인 지점이다.

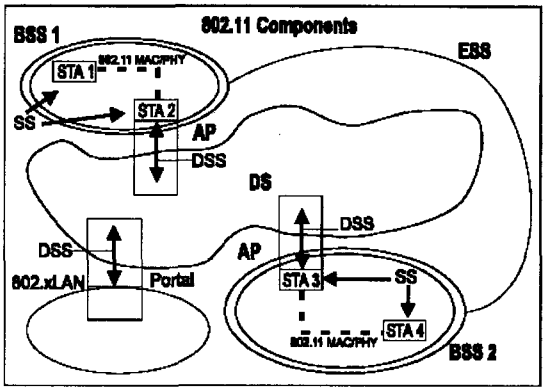

그림 1. IEEE802.11 구조

나. DCF와 PCF

IEEE802.11 MAC 기술은 DCF(Distributed Coordination Function)와 PCF(Point Coordination Function) 두 개의 동작 모드로 구성된다. DCF는 IEEE802.11 MAC의 기본적인 접속 방식으로서, CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 또는 "listen before talk"라고 알려진 경쟁 접속 방식이고, Infrastructure 망과 Ad hoc 망에서 모두 이용된다. PCF는 선택 규격으로서, 폴링(Polling) 기반의 비경쟁 접속 방식이고, Infrastructure 망에서만 이용된다.

그림 2는 물리적인 신호 검출 방식에 기반한

기본적인 DCF 접속 방식을 나타낸다.

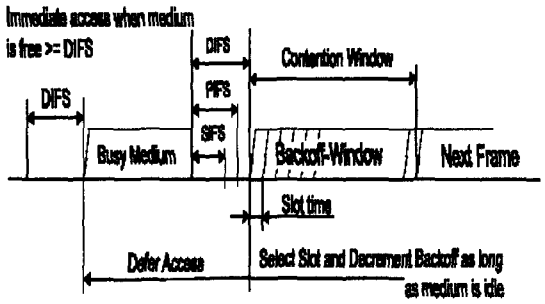

그림 2. 기본적인 DCF 접속 방식

그림 2에서 각 Station은 DIFS(DCF InterFrame Space) 이상 동안 매체에 신호가 검출되지 않으면(Idle 상태) 즉시 프레임을 송신할 수 있다. 그러나 송신을 기다리는 동안 신호가 검출되면(Busy 상태) Station은 매체가 다시 Idle 상태가 되기를 기다린다. 매체가 Idle 상태가 되면 그 시점부터 다시 DIFS 만큼을 기다린 후 CW(Contention Window) 이내 즉, [0, CW] 구간내에서 임의의 Backoff 시간을 선택하고, 이 값을 Backoff Timer에 입력한 후 Timer 값을 감소시키면서 Backoff 시간이 경과하기를 기다린다. Backoff 시간이 경과한 후에도 매체가 Idle 상태에 있으면 그때 비로소 Station은 프레임을 송신한다. 그러나 Backoff 시간이 경과하기를 기다리는 동안 매체가 Busy 상태가 되면 해당 Station은 매체가 다시 Idle 상태가 될 때까지 기다려서 이전 Backoff Timer에 있는 값을 그대로 이용하여 송신을 다시 시도한다.

위와 같은 물리적인 신호 검출 방식(Physical Carrier Sense Mechanism) 외에 매체의 상태를 결정하기 위한 또 하나의 방식은 가상 신호 검출 방식(Virtual Carrier Sense Mechanism)이다. 이러한 가상 신호 검출 방식은 MAC에 의해 제공되고, 임박한 매체 사용 사실을 알리는 예약 정보의 분배를 기초로 한다. 그림 3은 RTS(Request To Send)/CTS(Clear To Send) 프레임을 이용한 가상 신호 검출 방식을 나타낸다.

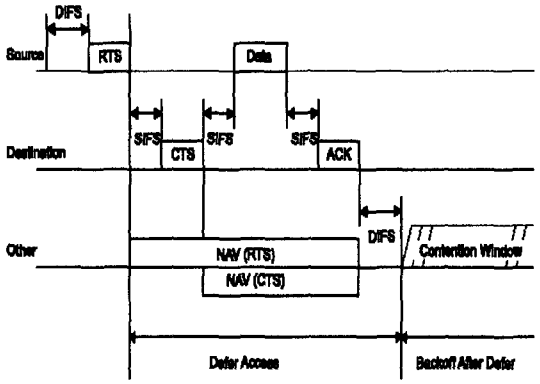

그림 3. RTS/CTS/data/ACK 및 NAV setting

그림 3에서 데이터 프레임을 송신하고자 하는 Station은 먼저 RTS 프레임을 송신하고 이를 수신한 Station은 CTS를 보낸다. 이때 RTS 프레임과 CTS 프레임의 헤더에는 그 뒤를 따르는 데이터 프레임과 ACK 프레임의 교환까지를 모두 완료할 수 있는 시간 정보가 들어 있고, RTS와 CTS 중 하나의 프레임이라도 수신한 다른 Station들은 자신의 NAV(Network Allocation Vector)를 해당 정보로 갱신하여 이 시간 동안 송신 시도를 중단한다. 이는 다른 Station들이 가상적으로 신호 검출을 수행하여 충돌을 회피하고 있음을 의미한다. RTS/CTS 프레임 이외에도 대부분의 프레임들은 이러한 목적을 위하여 헤더에 매체 예약 정보를 가지고 있다.

데이터 프레임의 전송에 앞선 RTS/CTS 프레임의 교환은 상대적으로 긴 데이터 프레임을 직접 송신하여 ACK 프레임을 기다리는 것보다 프레임 충돌의 추정 및 전송 경로 점검을 빨리 수행할 수 있다. 또한 동일한 주파수 채널을 이용하

는 다수의 BSS들의 서비스 구역(Coverage)이 중첩되어 있는 경우와, AP의 신호는 모든 Station들이 수신할 수 있으나 일부 Station들 간에는 신호를 수신할 수 없는 *Hidden Node Problem* 상황에서, 접속 성능을 매우 향상시킨다.

PCF 접속 방식은 그림 4와 같다.

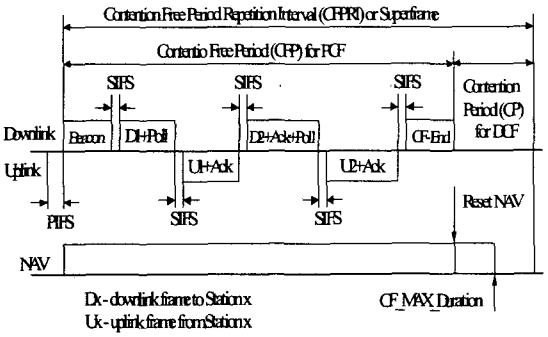

그림 4. PCF 접속 방식

그림 4에서 PCF 접속 방식은 DCF 바탕 위에서 동작하고, BSS의 AP에 위치하는 PC(Point Coordinator)를 이용한다. PC는 폴링 마스터(Polling Master)로 동작하고, 모든 결합된 CF 폴링 가능 스테이션(Associated CF-pollable Station)들의 리스트를 관리하며, 비경쟁 접속 구간 동안 리스트 상의 모든 Station들을 AID (Association ID)의 오름 차순 방식으로 폴링한다. 각 Station은 PC의 폴링 프레임을 수신 받았을 때만 프레임을 전송한다. PCF 접속에서 각 Station은 DIFS 대신 PIFS(PCF InterFrame Space)를 이용하여 프레임을 송신한다. PIFS는 DIFS보다 한 개의 Slot Time 만큼 작고, 이러한 이유로 PCF에 의해 접속을 시도하는 Station은 DCF를 사용하여 접속을 시도하는 Station보다 더 높은 송신 우선권을 갖는다.

PCF가 동작하는 비경쟁 구간(CFP : Contention Free Period)과 DCF가 동작하는 경쟁 구간(CP : Contention Period)은 비경쟁 반복 간격(Contention Free Repetition Interval)으로 계속 반복된다.

PCF는 매우 기본적인 QoS를 지원하고, 유용한 대역폭을 최대한 활용할 수 있도록 설계되었다. 그러나 PCF에는 다음과 같이 심각한 제한 요소들이 있다. 첫째, 비경쟁 구간의 시작은 매체가 Idle일 때만 시작할 수 있어서, 정확하게 주기적이 아니기 때문에, 비경쟁 구간에 폴링 리스트에 있는 일부 Station들을 폴링하지 못하고 강제적으로 끝날 수 있다. 둘째, 모든 CF-Polling 가능한 Station들은 단순히 AID의 오름 차순 방식으로 폴링되는 방식을 사용하기 때문에 모두 같은 우선 순위를 갖는다. 셋째, 비경쟁 구간 반복율은 동적으로 변화하지 않기 때문에, 빠른 반복율을 필요로 하는 적은 지연의 실시간 데이터와 느린 반복율을 필요로 하는 매체의 사용 효율성 간의 이율 배반성(Trade-off)이 존재한다. 넷째, PC는 송신할 데이터가 없는 Station도 폴링 리스트에 등록되어 있으면 폴링을 하게 되므로 비효율적이다. 다섯째, 비경쟁 구간 동안 폴링되는 하나의 Station이 가지는 송신 기회(TxOP : Transmission Opportunity)가 단일 PPDU (PLCP Protocol Data Unit)를 송신하는 데 필요한 시간보다 짧다는 점이다.

Ⅲ. IEEE802.11e QoS 지원 MAC 기술

현재의 IEEE802.11 MAC 계층 규격에 정의된 접속 방식인 DCF와 PCF는 다양한 QoS 요구 사항을 만족하지 못한다. IEEE802.11 TGe(Task Group e)는 1999년 7월에 다양한 QoS 요구 사항을 지원할 수 있도록 IEEE802.11 MAC 규격을 강화하고, 프로토콜의 능력과 효율성 및 보안을 개선하면서, 기존의 IEEE802.11-1999 표준과

하향 호환성(Backward Compatibility)를 유지하기 위하여 만들어졌으며, 현재 Draft Version 4.3을 표준화하고 있다.

802.11 TGe는 기존의 MAC 규격을 확장하여 HCF(Hybrid Coordination Function)라는 새로운 동작 모드를 추가하였다. HCF는 EDCF (Enhanced Distributed Coordination Function)라는 경쟁 기반의 채널 접속(Contention-based channel access) 방식과 제어 채널 접속(Controlled channel access) 방식을 함께 사용한다.

EDCF는 기존의 DCF를 보완한 것으로서 우선순위를 갖는 QoS를 지원하고, 한 개의 QSTA(QoS Station)에서 8개의 사용자 우선 순위(User Priority)를 지원할 수 있도록 4개의 AC(Access Category)를 설정한다. 사용자 우선순위와 AC간의 관계는 표 1과 같다.

표 1. 사용자 우선 순위와 AC간의 관계

사용자 우선순위 (802.1D Priority와 동일)	802.1D Designa-tion	AC(Access Category)	데이터 종류
1	BK	0	Best Effort
2	-	0	Best Effort
0	BE	0	Best Effort
3	EE	1	Video Probe
4	CL	2	Video
5	VI	2	Video
6	VO	3	Voice
7	NC	3	Voice

그림 5는 EDCF 접속 방식을 나타낸다.

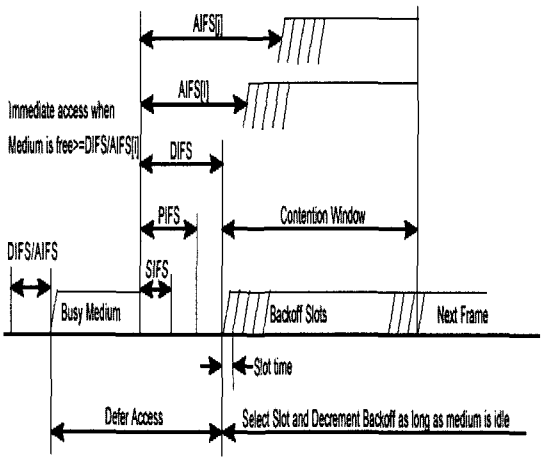

그림 5. EDCF 접속 방식

그림 5에서 EDCF 접속 방식은 4개의 AC별로 AIFS(Arbitration InterFrame Space)와 CWmin[AC]/CWmax[AC]를 다르게 함으로써 AC별로 서비스를 차별화하는 방식을 사용한다.

HCF 제어 채널 접속 방식은 EDCF 바탕 위에서 동작하고, PCF를 보완한 것으로서, 파라미터화된(Parameterized) QoS를 지원할 수 있도록 폴링 방식과 HC(Hybrid Coordinator)의 우선 순위 채널 접속 방식을 함께 사용한다. HC는 BSS의 QAP(QoS Access Point)에 위치하고, 각각의 연결 설정에 대한 트래픽 협상과 QoS 요구 사항을 고려하여, 중앙 집중적인 스케줄링에 의하여 비경쟁 구간과 경쟁 구간에 모두 QSTA의 TxOP를 할당하는 역할을 한다. HC는 각각의 트래픽 흐름에 대하여 남아있는 트래픽의 양을 분석함으로써 자신의 스케줄러(Scheduler)를 조정하여 QoS를 보장하고, 폴링 방식과 임의(Random) 접속 방식을 함께 사용함으로써 우선 순위 서비스와 예약 기반 서비스를 모두 제공한다.

Ⅳ. IEEE802.15.3 QoS 지원 MAC 기술

IEEE802.15.3 High Rate Task Group(TG3)는 20Mbps 이상의 고속 전송을 목표로 하는 WPAN의 새로운 표준 개발을 수행한다. 새로운 표준은 고속의 데이터 전송율 뿐만 아니라, 휴대용 디지털 장치의 멀티미디어 서비스 제공을 위하여 저 전력, 저 비용에 대한 기술들도 개발한다. 또한 IEEE802.15.3a Alt Higher Rate PHY Task Group(TG3a)는 더 짧은 거리에서 480Mbps의 초고속 전송 속도를 제공하는 UWB(Ultra Wide Band) 기술을 표준화하고 있다.

IEEE802.15.3은 중앙 집중적이고 연결성(Connection-oriented)인 Ad hoc 망 구조를 기반으로 한다. 초기에는 한 개의 DEV(Device)가 PNC(Piconet Coordinator)가 되어서 WPAN의 조정자 또는 스케줄러의 역할을 한다. PNC는 기본적인 망 동기 시간을 제공하는 것뿐만 아니라, 미리 설정된 QoS 정책과 데이터 전송을 위한 CT(Channel Time) 자원을 기반으로 연결 설정, Piconet 상의 망 자원 할당 및 Power Save 모드 관리를 수행한다.

그림 6.은 IEEE802.15.3 Superframe Structure를 나타낸다.

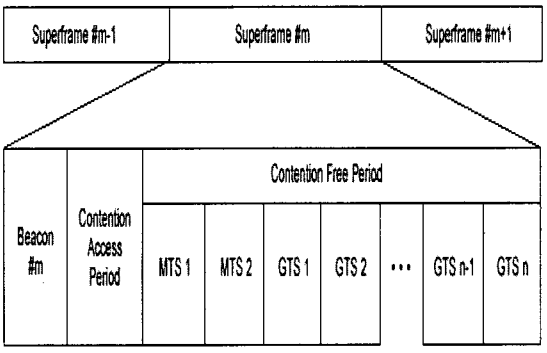

그림 6. IEEE802.15.3 Superframe Structure

그림 6에서 IEEE802.15.3의 시간 분할 슈퍼프레임 구조는 3개의 주요 구간인 Beacon, 선택적인 경쟁 접속 구간(CAP : Contention Access Period) 및 기본적인 비경쟁 구간(CFP : Contention Free Period)으로 구성된다. Beacon은 전체 Piconet에 동기, 최대 송신 전력 등의 제어 정보와 특수한 응용 정보 및 입력되는 슈퍼프레임의 Stream_index 당 CT 할당 정보를 전송한다. 선택적인 경쟁 접속 구간은 Authenti- cation, Association, CT의 요구 및 응답과 같은 관리 프레임의 교환과 비동기 데이터 교환을 위하여 사용된다. 기본적인 비경쟁 구간은 MTS (Management Time Slot)과 GTS (Guaranteed Time Slot)으로 구성되고, 등시성 스트림 데이터 교환과 비동기 데이터 교환을 위하여 사용된다. 비경쟁 구간은 PNC가 미리 해당되는 Device들에게 Beacon을 통하여 트래픽 매핑 정보를 전달함으로써, 모든 송신이 Beacon 전송 시간을 기준으로 미리 정해진 시간에 시작되고, 데이터가 미리 정해진 최대 지속 기간 동안 전송된다. 계획된 GTS 슬롯 동안, DEV는 전체 전송 구간이 할당된 구간을 초과하지 않는 범위 내에서 임의의 수만큼 데이터 프레임을 보낼 수 있다. 모든 GTS 슬롯은 같은 등급을 가지지 않기 때문에, 어떤 슬롯은 동적이어서 슈퍼프레임 내에서의 위치가 각각의 슈퍼프레임마다 다를 수 있고, 다른 슬롯은 의사 정적(Pseudo-static)이어서 PNC가 송수신 Device 모두로부터 먼저 승인을 받아야 슈퍼프레임 내의 위치를 변경할 수 있다. 의사 정적 GTS 슬롯은 일반적으로 CBR(Constant Bit Rate) 트래픽 전송을 위하여 사용된다. MTS 슬롯은 경쟁 접속 구간 대신에 명령 프레임 전송을 위하여 사용될 수 있다. PNC는 슈퍼프레임당 MTS 슬롯 수를 제어하여야 하고, Device들은 Slotted Aloha 임의 접속 방식을 사용하여 MTS 슬롯들을 경쟁한다.

IEEE802.15.3의 QoS는 단순하게 트래픽 예약을 통하여 이루어지고, 모든 QoS 협상과 트래픽

제어 관리는 망 계층에서 이루어진다. 망 계층은 오직 링크 계층(Service Specific Convergence Sublayer와 MAC)에게 무선 인터페이스에 대한 자원 요구를 할 수 있도록 충분한 정보를 제공한다. 그리고 Device는 PNC에게 자신의 QoS 요구 사항이 허용될 수 있는지 문의한다. 만약 요구 사항이 허용되면, 해당 트래픽에 대하여 IP 계층과 링크 계층간에 흐름 인식자(Flow Identifier)가 설정된다. 이러한 PNC와 Device간의 양방향 협상은 링크 계층의 QoS 구현 복잡도를 현저하게 줄일 수 있다.

IEEE802.15.3에서 사용하는 예약 방식은 망 자원을 가장 효율적으로 사용함으로써, 매우 신뢰적인 QoS를 제공하지만, 이와 관련하여 신호 메시지의 트래픽이 증가함으로써 응용 서비스가 데이터를 송신하기 전에 지연이 생기는 문제가 발생한다.

V. IEEE802.11e와 IEEE802.15.3의 MAC 기술 비교

IEEE802.11e MAC 기술과 IEEE802.15.3 MAC 기술을 비교하면 상대적으로 장단점이 있다.

IEEE802.15.3 MAC에서 사용하는 스케줄링 방식은 폴링 방식에 비하여 Ad hoc 망과 같이 대부분의 망 대역폭이 Peer-to-peer 통신을 위하여 사용될 때 더 좋은 성능을 가지므로, 무선 멀티미디어 홈네트워크와 같이 내부 셀 트래픽이 많은 환경에서는 더욱더 효율적이다. 그리고 IEEE802.15.3의 시간 분할 슈퍼프레임 구조는 각 노드의 구현 복잡도를 감소시킴으로써 노드 내의 밧데리 수명을 엄청나게 증가시킨다. 또한 각 Device는 미리 데이터 송수신 시간을 알 수 있기 때문에, 다른 노드들의 통신에 방해를 주지 않고, 사용하지 않는 슈퍼프레임의 나머지 구간에 PNC 대신에 원거리 채널 스캐닝을 실행하거나, 보다 좋은 성능의 신호가 있거나 트래픽 로드가 적은 다른 Piconet을 찾을 수 있다.

IEEE802.11e MAC에서 사용하는 폴링 방식은 스케줄링 방식에 비하여 Infrastructure 망과 같이 대부분의 프레임이 AP로 송수신되는 환경에서 더 좋은 성능을 가진다. 그리고 폴링 방식은 CF-poll이 데이터 프레임 서브타입 내에서 인코딩되고, TxOP의 지속 시간이 QoS Control 필드 내에서 인코딩되므로 양방향 또는 하향 무선 접속 트래픽에 대해서는 부하가 추가되지 않는다. 또한 IEEE802.11e 폴링 방식은 HC가 근본적으로 모든 데이터 트래픽을 관찰할 수 있고, QoS Control 필드를 통하여 모든 QSTA의 큐에 쌓여있는 트래픽의 양을 실시간으로 알 수 있기 때문에, HC 내에서 동작하는 스케줄러는 망 자원의 할당을 더욱더 효율적으로 수행할 수 있다. 그리고 HC는 즉석의 TxOP를 허용할 수 있음으로써, 여분의 대역폭의 변화나 일시적인 망 혼잡에 대하여 매우 빠르게 반응할 수 있고, 이러한 빠른 반응 동작은 VBR (Variable Bit Rate) 트래픽을 제어할 때 무선 대역폭을 최적으로 사용할 수 있는 장점이 있다.

VI. 결 론

최근의 무선 홈네트워크에서는 음성, 데이터, 이미지 및 영상 정보가 복합된 멀티미디어 트래픽이 증가함에 따라서, 지연에 민감한 실시간 음성 및 영상 정보를 지연에 덜 민감한 데이터 및 이미지 정보보다 우선적으로 처리하는 QoS 보장형 MAC 기술이 절대적으로 필요하게 되었다.

또한 무선 홈네트워킹의 대표적인 기술은 무선 LAN과 무선 PAN 기술이므로 가정 사용자에게 광대역 무선 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 무선 LAN용 MAC 기술과 무선 PAN용 MAC 기술이 모두 다양한 QoS 요구 사항을

만족시킬 수 있도록 개발되어야 한다.

기존의 무선 LAN용 IEEE802.11 MAC 기술은 데이터 정보 위주의 Best Effort 서비스에 적합하도록 설계되었고, 다양한 QoS 요구 사항을 만족하지 못한다. 이를 개선하기 위하여 현재 IEEE802.11 TGe가 IEEE802.11 MAC 규격을 강화하고, 프로토콜의 능력과 효율성 및 보안을 개선하면서, 기존의 IEEE802.11 MAC 표준과 하향 호환되는 IEEE802.11e MAC 규격을 표준화 추진 중이다.

또한 IEEE802.15.3 TG3는 20Mbps 이상의 고속 데이터를 전송하면서 다양한 QoS 요구 사항을 만족하는 무선 PAN용 IEEE802.15.3 MAC 기술을 현재 표준화 추진 중이다.

본 고에서는 무선 LAN에서 QoS가 지원되지 않는 기존의 IEEE802.11 MAC 기술, 무선 LAN에서QoS를 지원하는 IEEE802.11e MAC 기술 및 무선 PAN에서 QoS를 지원하는 IEEE802.15.3 MAC 기술에 대하여 기술하고, 두가지 MAC 기술에 대하여 장단점을 비교하였다. 결론적으로 IEEE802.11e MAC 기술은 폴링 방식 기반으로서 AP와 Station간의 트래픽이 많은 Infrastructure 망에 적합하도록 설계되었고, IEEE802.15.3 MAC 기술은 스케쥴링 방식 기반으로서 Device와 Device간의 트래픽이 많은 Ad hoc 망에 적합하도록 설계되었음을 알 수 있다.

참고문헌

[1] ANSI/IEEE std 802.11, 1999 Edition: "Wireless LAN Medium Access Cont- rol(MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications".

[2] IEEE Std 802.11e/D4.0(Draft Supplement to IEEE Std 802.11, 1999 Edition): "Medium Access Control (MAC) Enhancements for Quality of Service(QoS)".

[3] IEEE Draft P802.15.3/D17: "Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks(WPAN)".

[4] http://grouper.ieee.org/groups/802/11

[5] http://grouper.ieee.org/groups/802/11

[6] 안재영, 오덕길, 김재명, "무선 LAN 기술 동향," 한국통신학회지, Vol.19, No.5, pp.616-636, 2002년 5월

김 종 원

1980년 한국항공대학교 항공전자공학과(학사)
1998년 충남대학교 전자공학과(석사)
2000년~현재 충남대학교 전자공학과 박사과정
1992년~현재 ETRI 네트워크연구소 홈네트워크팀 근무(책임연구원)

관심분야 : B-ISDN, 액세스 망 기술, 댁내 망 기술

김 대 영

1975년 서울대학교 전자공학과(학사)
1977년 한국과학원 전기및전자공학과(석사)
1983년 한국과학원 전기및전자공학과(박사)
1982년~현재 충남대학교 전자공학과, 정보통신공학과 교수
1998년~현재 한국통신학회 대전충남지부장
2000년 개방형컴퓨터통신연구회(OSIA) 회장
관심분야 : 차세대 인터넷 프로토콜, 고속 네트워킹 기술