

고속 WPAN 프로토콜의 기술 개발 동향

광운대학교 이왕종* · 이승형**

1. 서 론

최근 들어 노트북, 휴대용 디지털 장치, PDA 등과 같은 이동용 장치들이 널리 보급되면서 컴퓨팅 환경에 있어 급격한 변화를 가져오게 되었다. 이러한 환경의 변화는 언제, 어디서나 통신이 가능한 기능에 대한 요구로 나타나게 되었고 이를 위하여 무선 통신 기술은 광범위한 분야에서 사용되고 있다. 근거리 무선 통신 네트워크는 IEEE의 무선 통신 관련 워킹그룹의 표준 제정과 여러 상용 기기들의 판매에 의하여 사용이 훨씬 더 증대되었다. 애드 혹 네트워크는 고정된 인프라 구조 없이도 이동 호스트와 같은 무선기기들끼리 연결로 네트워크가 형성될 수 있는 것으로서, 이런 애드 혹 네트워크에서 사용될 수 있는 응용들은 홈 네트워크, 개인 영역 네트워크, 센서 네트워크, 유비쿼터스 네트워크, 원거리 지역에서의 탐색 및 구조, 그리고 민간용 및 군용 응용 등 다양하다. 예를 들어, WPAN(Wireless Personal Area Network)은 휴대용 가전 및 통신기기들 사이에서, 일반적으로 10m 이내의 단거리 애드 혹 통신을 가능하게 해주는 기술이다[1,2].

IEEE 802.15 워킹그룹(working group)에서 WPAN 기술로 가장 먼저 개발한 802.15.1 기술은 블루투스(Bluetooth)라고 불리며, 이미 가정이나 소규모 사무실에서 여러 기기들을 무선으로 연결하는데 사용되고 있다. 블루투스는 소비전력이 낮고 크기가 작다는 특징으로 인해 많은 연구가 진행되었지만, 최대 1Mbps 미만의 낮은 전송률 때문에 고화질 대용량의 멀티미디어 트래픽을 지원하는 것이 불가능하다[3]. 점차 고속의 대용량 전송을 필요로 하는 멀티미디어 트래픽이 많아짐에 따라 블루투스는 한계에 부딪히게 될 것이다. WPAN 기술 중 IEEE 802.15.3 태스크그룹(task group)에서 개발한 고속 WPAN은 이러한 한계를 극복하기에 적합한 기술이다[1,5]. 10m의 범위에서 55Mbps 이상의

전송률을 가지는 고속 WPAN은 고속의 대용량 멀티미디어의 전송에 대한 요구를 만족시킬 것이며 앞으로 사용범위가 확장되어 갈 것이다.

한정된 무선 대역폭을 공평하고 효율적으로 공유하게 하는 무선 MAC에 대한 연구는 1970년대 이후에 매우 광범위하게 연구되어 왔으며, 멀티미디어 트래픽을 주요 대상으로 하는 고속 WPAN의 MAC 프로토콜에 대한 연구는 최근에 많은 주목을 받고 있다. 일반적으로 무선 MAC 프로토콜들은 크게 분산(distributed) 방식과 중앙집중(centralized) 방식으로 나눌 수 있는데, IEEE 802.15.3 MAC은 멀티미디어 트래픽의 효율적인 전송을 목적으로 중앙집중방식으로 개발되었다. 이러한 방식의 채택으로 인한 여러 가지 문제점을 보완하기 위하여 고속 WPAN의 MAC 프로토콜을 수정 보완하기 위한 기술개발이 최근에 활발히 진행되고 있다. **본 고에서는 802.15.3 MAC 프로토콜의 성능개선을 목적으로 하는 연구사례 및 기술 동향을 살펴본다.** 2장에서는 고속 WPAN 프로토콜의 개요를 기술하고, 3장부터 6장까지는 고속 WPAN의 성능 향상과 관련하여 현재 논의되고 있는 여러 가지 기술적 이슈들, 즉, QoS 향상, TCP 전송, 전력 관리 및 메쉬 네트워킹에 대해 기술 개발 동향을 정리하고 7장에서 결론을 맺는다.

2. 고속 WPAN 프로토콜 개요

WPAN은 휴대용 가전 및 통신기기들 사이에서, 일반적으로 10m 이내의 단거리 애드 혹 통신을 가능하게 해주는 기술이다[1]. 앞으로의 휴대용 가전 및 통신기기들이 고화질 비디오 및 오디오, 대량의 음악 및 이미지 파일 전송 등, 대용량의 전송을 필요로 하는 멀티미디어 트래픽을 지원할 것으로 예상되기 때문이다(그림 1).

멀티미디어 장비 사이의 통신은 애드 혹 타입의 점대점(peer-to-peer) 연결 및 20Mbps 이상의 전송률과 QoS 보장을 필요로 한다. 이러한 요구사항을 만족하는 PHY 및 MAC 계층의 개발을 위해 IEEE 802.15.3

* 학생회원

** 종신회원

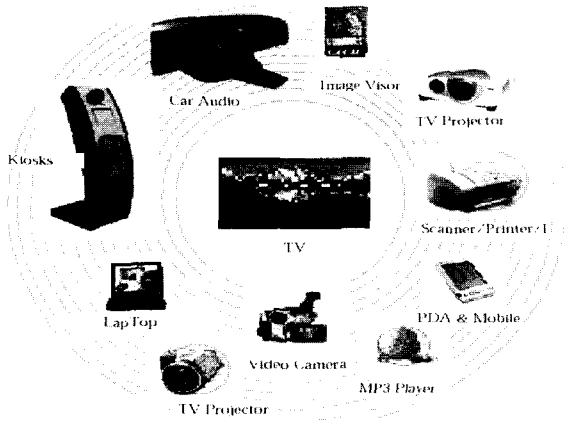


그림 1 고속 WPAN의 주요 응용

태스크그룹이 구성되어 저전력, 저가격 및 단거리 전송의 특성을 갖는 고속 WPAN 표준을 개발 중에 있다. 이 고속 WPAN의 최종 표준은 2003년 중에 제정되었으며, 현재는 UWB(Ultra Wide-Band) 기술을 적용하여 전송 속도를 수백 Mbps로 높이기 위한 새로운 표준의 개발 작업이 진행되고 있다. 802.15.3 WPAN의 주요한 특징은 다음과 같다.

- 멀티미디어 트래픽에 대해 QoS를 지원하면서 애드혹 연결이 가능
- 기존의 네트워크(피코넷)에 손쉽게 가입(join)과 탈퇴(leave)
- 배터리 전력을 절약하기 위한 여러 가지 전력 관리 방법
- 10m 이하의 단거리 통신에 최적화된 저가격, 저복잡도의 MAC과 PHY
- 비디오와 고음질 오디오를 위한 55Mbps까지의 고속 전송

802.15.3 WPAN의 피코넷은 그림 2에서와 같이 두 가지의 장치로 구성된다. 기본 구성요소인 DEV(device) 중에서 한 DEV는 피코넷의 PNC(piconet coordinator) 역할을 할 수 있어야 하며, PNC는 비콘(beacon) 신호를 이용하여 그 피코넷의 기본적인 타이

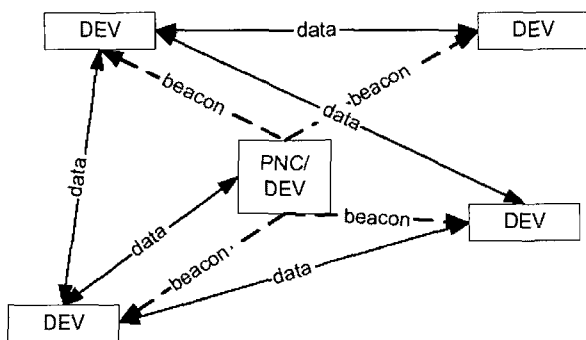


그림 2 802.15.3 피코넷의 구성

밍을 관리한다. 또한 PNC는 QoS와 전력 관리(power management) 모드를 관리하며, 보안이 구현된 경우에 피코넷에 대한 접근을 제어한다.

802.15.3 MAC 프로토콜은 처음 단계에서부터 애드혹 네트워크, 멀티미디어 QoS 및 전력 관리를 고려하여 설계되었다. 802.15.3 피코넷에서의 타이밍은 그림 3과 같은 슈퍼프레임(superframe)을 사용하여 제공되는데, 이 슈퍼프레임은 다음의 세 부분으로 구성된다.

- 비콘(beacon) - 타이밍의 할당과 관리 정보의 교환
- 경쟁 구간(CAP: contention access period) - 제어 정보 및 비실시간 데이터의 전송
- 비경쟁 구간(CFP: contention free period) - 중요한 제어 정보와 실시간 데이터의 전송에 사용되며, 여러 개의 CTA(channel time allocation) 및 MCTA(management CTA)로 구성된다.

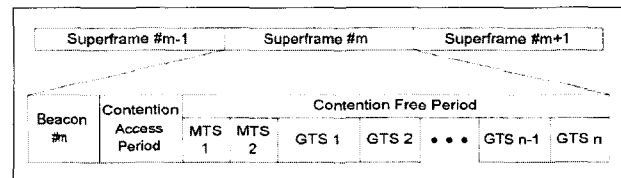


그림 3 802.15.3 superframe의 구조

경쟁 구간은 CSMA/CA 방식을 사용하며, 이 구간의 길이는 PNC가 결정하고 비콘을 통해 DEV에게 알려주며, PNC는 MCTA를 사용하여 경쟁 구간의 기능을 대체할 수 있다. 한편 비경쟁 구간은 DEV들이 정해진 시간 구간에서만 전송을 하는 TDMA 방식을 사용한다. 그러므로 802.15.3 피코넷에서 DEV들 사이의 점대점 데이터 전송은 다음 셋 중의 한 방법을 사용한다.

- 경쟁 구간이 있는 경우에 이를 통한 비실시간 데이터의 전송
- 실시간 데이터 전송을 위해 비경쟁 구간에 CTA를 할당 받는다.
- 비경쟁 구간에서 비주기적인 채널 시간을 할당받는다.

3. QoS 향상

3.1 동적인 버퍼할당

최근 Intel의 Mangharam과 Demirhan은 제한된 시간 내에 전송되어야 하는 멀티미디어 트래픽의 전송 성능을 높일 수 있는 간단한 방법을 제안한 바 있다[4]. 이 기법은 MAC 프레임의 헤더에 1 바이트의 정보를 추가하여 각 DEV가 PNC에게 자신의 현재 버퍼 상태를 알리도록 하자는 것이다. 따라서 매 패킷 마다 PNC는

각 DEV의 순시적인 채널요구사항을 파악하여 여러 DEV 사이에 동적으로 타임 슬롯을 할당하거나, 사용되지 않고 있는 대역폭을 트래픽이 많은 다른 플로우(flow)에게 추가로 할당하는 것이 가능해진다. 트래픽이 많은 플로는 버퍼에 여유가 있는 플로우로부터 추가적인 대역폭을 할당받는 'shortest remaining processing time' 스케줄링 알고리즘을 적용하여, 평균 서비스 응답 시간을 최소화하도록 하였다. 패킷 당 1 바이트의 추가정보는 PHY 헤더의 프리앰블(preamble) 크기에 비하면 매우 적은 양이며, 시뮬레이션 결과에 따르면 MPEG-4 트래픽의 전송실패율(JFR: Job Failure Rate)을 평균 46%, 최대 60%까지 개선하는 것으로 나타났다.

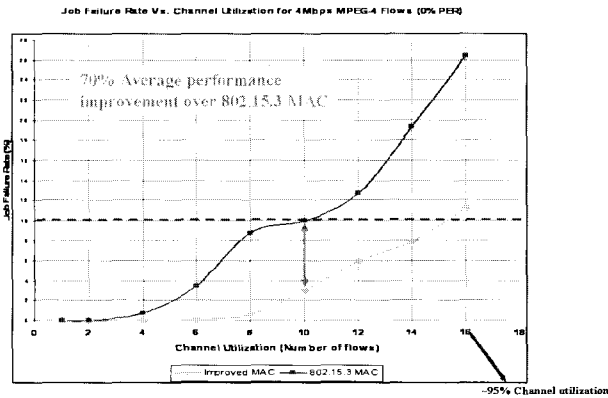


그림 4 동적인 버퍼 할당에 의한 성능 향상

3.2 어플리케이션 인지형(application-aware) MAC

이 방식은 어플리케이션이 MPEG 트래픽인 경우에는 PNC가 미리 알려진 프레임의 크기 정보에 따라 동적으로 CTA를 할당하여 트래픽의 전송실패율(JFR)을 최대한 낮추도록 하되 그 목적이 있다[5,6]. 이 경우 DEV는 PNC에게 CTA를 요청할 때 추가로 어플리케이션에 대한 정보, 즉, MPEG 트래픽의 I, B, P 프레임의 최대 크기 및 프레임의 순환주기(GOP: Group of Pictures)에 대한 정보를 PNC에게 알려준다. 이 정보에 의하여 PNC는 MPEG 트래픽을 위한 CTA를 그림 5와 같이 동적으로 할당해 준다.

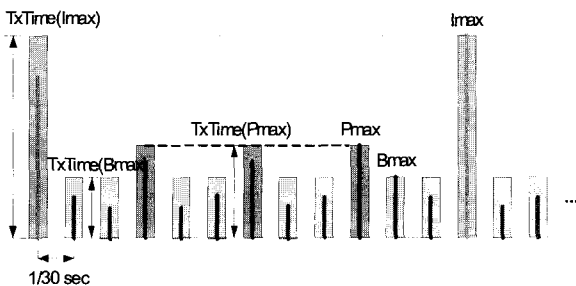


그림 5 MPEG 트래픽을 위한 CTA 할당

그러나 이 방법은 MPEG 플로우의 개수가 많아지거나 네트워크의 대역폭이 충분하지 못할 경우에 문제가 발생하게 한다. 예를 들어 하나의 슈퍼프레임 내에 4개의 플로우가 각각 I, I, P, B 프레임을 전송하고 이에 대한 CTA를 할당하여야 하는 경우에 그 합이 비경쟁 구간 보다 큰 상황에는 모든 플로우의 CTA를 할당해주지 못한다. 이를 해결하기 위해서는 다음에 소개되는 바와 같이, 적응적인 채널타임 할당 방법을 사용하여야 한다.

PNC는 슈퍼프레임에 남은 CTA 양을 계속 계산해서 유지하고 있고, 매 슈퍼프레임마다 초기화한다. 그리고 각 CTA를 할당할 때 마다 이 값을 갱신하면서 남은 CTA의 양을 관리한다. DEV의 CTA 요청이 있을 때 PNC는 요구량과 남은 CTA 양을 비교하여 남은 양이 요구량보다 크다면, 요청한대로 전부 할당을 해준다. 만약 남은 양이 더 작다면 남은 양 모두를 할당해 주고, 요청했지만 할당해주지 못한 양은 다음 슈퍼프레임에 추가로 더 할당을 해준다. 만약 다음 슈퍼프레임에서도 요구량을 전부 할당을 못해준다면 그 다음 슈퍼프레임에 더 해주는 방식이다. 이처럼 확장된 방식을 사용하면 대역폭이 낮거나 트래픽의 전송 속도가 높을 경우에도 성능을 유지할 수 있다[6].

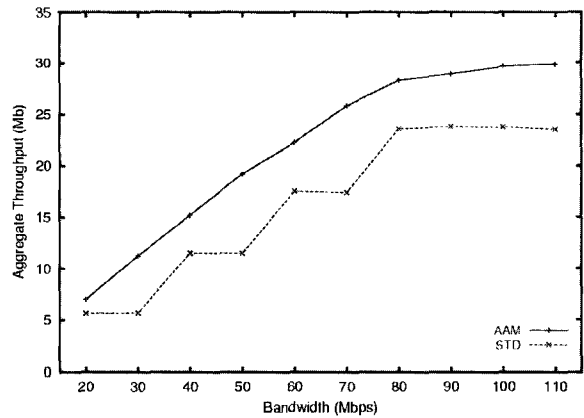


그림 6 어플리케이션 인지형 MAC(AAM)의 성능

4. TCP 전송

4.1 고속 WPAN의 TCP 전송

신뢰성을 보장하는 TCP 트래픽은 TCP ACK을 필요로 한다. 그러므로 TCP 트래픽을 전송하기 위해서는 양방향 통신이 가능해야 한다. 그러나 802.15.3 고속 WPAN은 비디오, 오디오나 음성 같은 실시간 트래픽 전송을 기반으로 개발되었기 때문에 단방향 채널을 이용하여 트래픽을 전송한다. 만약 하나의 CTA를 이용해 통신할 경우 전송 계층의 ACK 전송이 불가능하여 송신단과 수신단 사이에 TCP 트래픽 전송을 할 수 없다[8, 9, 10].

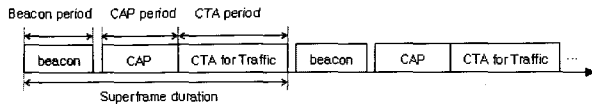


그림 7 고속 WPAN의 비실시간 트래픽 전송

현재의 802.15.3 고속 WPAN 프로토콜을 사용하는 경우에 TCP 트래픽의 전송은 다음 세 가지 방법을 생각할 수 있다. 첫째는 TCP와 같은 비실시간 트래픽을 경쟁 구간에서 전송하는 방법이다. 경쟁 구간에서는 CSMA/CA 방식을 사용하므로, 충돌 없이 TCP 트래픽을 전송할 수 있다. 그러나 경쟁 구간의 크기를 결정하는 것이 쉽지 않다. 만약 경쟁 구간을 크게 할당할 경우 TCP 트래픽에 따른 경쟁 구간의 낭비와 CTA의 감소를 초래하게 되고, 만약 경쟁 구간을 작게 할당할 경우 충분한 TCP 전송이 이루어질 수 없다.

두 번째는 송신단과 수신단이 각각 TCP 데이터와 TCP ACK를 위한 별도의 CTA를 할당받아 TCP 트래픽을 전송하는 것이 가능하다. 송신단은 반드시 자신의 CTA를 이용하여 TCP 데이터를 보내고 수신단은 TCP ACK를 위해 할당받은 CTA동안에 TCP 데이터에 대한 TCP ACK를 전송한다. 그러나 이 방법에는 송신단이 TCP 윈도우의 크기만큼 데이터를 보낸 후에 ACK를 받을 때까지 기다리고 수신단은 자신의 CTA가 돌아올 때까지 ACK를 보낼 수 없기 때문에 효과적인 ACK 전송이 불가능하고 CTA를 낭비하게 된다.

세 번째 가능성은 양방향 CTA를 사용하는 방법으로 PNC는 송신단과 수신단에 동일한 CTA를 할당한다. 하나의 CTA를 이용하여 송신단은 TCP 데이터를 수신단은 TCP ACK를 교환하기 때문에 송신단이 데이터를 전송하는 시간에 수신단이 ACK를 전송할 경우 충돌이 발생할 수 있고 이에 따라 전송 효율이 저하된다.

4.2 새로운 TCP 전송모드

TCP 트래픽의 전송에서 효율성을 높이기 위해서 송신단이 할당받은 CTA에서 송신단과 수신단이 충돌 없이 트래픽을 전송하는 방식이 필요하다. 새로이 제안된 TCP 전송 모드(6)는 고속 WPAN의 ACK 방식 중에서 Immediate-ACK 방식과 No-ACK 방식을 고려하여 개발되었다. No-ACK 방식의 경우 송신단은 TCP 데이터 전송 후 SIFS 시간 후에 자신의 상태를 송신 모드에서 수신 모드로 바꾸고 다음 SIFS 시간 동안 TCP ACK의 전송 여부를 감지한다. 감지 기간 동안 채널이 비어 있는 상태라면 송신단은 계속하여 TCP 데이터를 전송한다. 그러나 만약 이 구간 동안에 TCP ACK 전송을 감지하였다면 송신단은 계속 수신 상태를 유지하며 TCP ACK를 수신한다. 송신단은 전체 ACK를 받은 후

SIFS 시간 후 다시 다음 TCP 데이터를 전송한다. No-ACK 방식에서는 TCP 데이터의 전송 후에 바로 2개의 SIFS 시간동안 TCP ACK에 대한 감지 상태에 들어가고, Immediate-ACK의 방식에서 송신단은 수신단의 MAC으로부터 ACK를 수신한 후에 2개의 SIFS 시간동안 수신 모드로 TCP ACK의 감지를 시작한다.

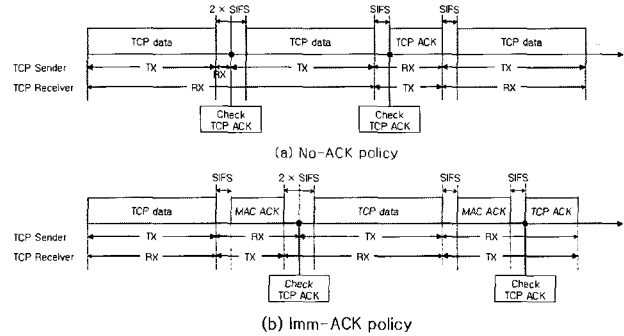


그림 8 새로운 TCP 전송 모드

이러한 TCP 전송방식의 경우에는 기존의 세 가지 전송방식에 비하여 훨씬 향상된 전송 성능을 보이는데, 그림 9의 시뮬레이션 결과에 의하면 2개의 CTA를 이용한 TCP의 전송 방식보다 43%, CAP 구간을 이용하여 TCP트래픽을 전송하는 방식보다 28% 향상된다. 전송 링크 상에 오류가 발생하는 경우에는 피코넷 전체의 전송률(aggregate throughput)은 재전송과 TCP 윈도우

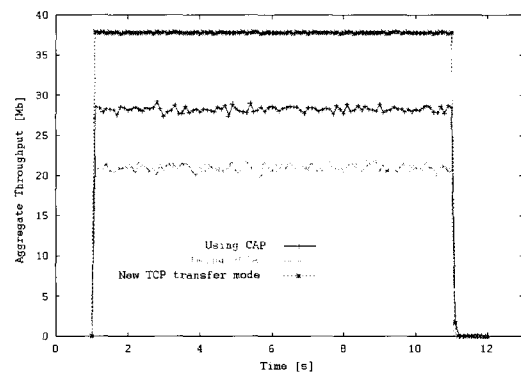


그림 9 TCP 전송 성능의 비교

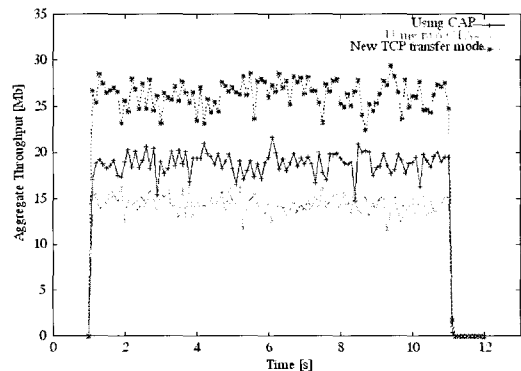


그림 10 오류 환경에서의 TCP 전송 성능 비교

우 크기 변화로 인하여 안정적이지 못하고 전송되는 TCP 트래픽의 양이 잦은 변화를 일으키게 되지만 여전히 다른 방식에 비해 높은 성능을 보인다(그림 10).

5. 전력관리

5.1 전송전력 제어

IEEE 802.15.3 고속 WPAN 시스템에서 사용 가능한 전송출력제어(TPC: transmit power control) 방식[1]은 수퍼프레임의 구간에 따라 다르게 동작한다. 예를 들어, 비콘, 경쟁 구간 및 MCTA 구간에서는 DEV와 PNC의 전송 출력을 최대로 하여 전송한다. 경쟁 구간 내에서 최대 출력으로 데이터를 전송하는 이유는 전송 범위 내의 다른 모든 DEV들에게 자신의 전송이 전달되도록 하여 확실한 채널 접근을 하기 위함이다. 즉, 경쟁 구간에서 CSMA/CA로 채널 접근을 할 경우에 충돌을 미리 예방하기 위해서 이다. CTA 내에서는 두 DEV가 적절하게 조정된 출력으로 전송할 수 있다. 즉 두 DEV 사이의 거리에 따라 전송할 출력을 최소화하여 에너지 소모를 줄일 수 있다. 또한, 이웃한 다른 피코넷 내에 속한 DEV에 대한 간섭을 줄이기 위해 전송 출력을 적당한 수준으로 조정하여 데이터를 전송하며, 이를 위한 최적의 전력 제어 알고리즘은 많은 사람들에 의해 연구되고 있다[11].

5.2 고속 WPAN의 저전력 모드

IEEE 802.15.3 고속 WPAN에서는 ACTIVE, APS, PSPS, DSPS의 네 가지 전력 관리(PM: power management) 모드가 있으며, 이들 가운데 후자의 세 가지 모드를 저전력(PS: power save) 모드라 한다.

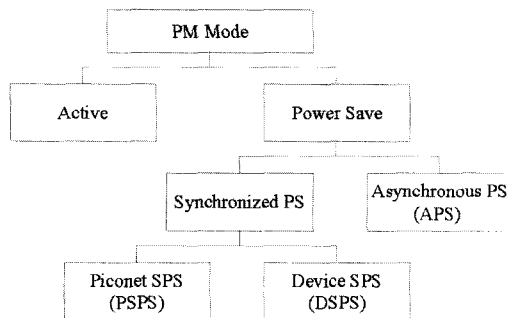


그림 11 고속 WPAN의 전력 관리

PNC는 SLEEP 상태에 있는 DEV를 깨우기 위해 비콘에 AWAKE 해야 하는 DEV에 대한 정보를 적게 되는데, PSPS(Piconet Synchronized PS) 모드에 있는 DEV는 PNC에 의해 발생하는 비콘들을 들어야 하며, DEV의 지시에 따라 해당 수퍼프레임 동안 AWAKE

상태를 유지해야 한다. 만약 PSPS 모드에 있는 DEV가 비콘을 정확히 전달받지 못했다면, 그 DEV는 비콘을 정확하게 받을 때까지 AWAKE 상태를 유지해야 한다. PSPS 모드를 사용하는 DEV는 SLEEP 상태로 들어가기 전에 비콘으로 동기를 맞추는 것이 필요하다. 왜냐하면 PSPS DEV가 제어정보를 PNC에게 보낼 필요가 있는데, 경쟁 구간에 제어 정보를 보낼 수 없는 상황이라면 PNC는 MCTA가 할당될 때 DEV가 PNC에 대해 전송할 경우를 고려해야 하기 때문이다. DSPS(Device Synchronized PS) 모드에서는 에너지 소비에 민감한 DEV가 다른 DEV들과 서로 AWAKE 상태를 동기화한다. DSPS 모드는 자신과 전력 조건이 유사한 DEV끼리 그룹을 이루어 여러 DSPS 그룹을 형성하는 것을 근간으로 한다. 이러한 DSPS 그룹은 PNC가 관리하지만 DSPS 그룹의 여러 조건들은 DEV들이 결정한다. APS(Asynchronous PS) 모드는 DEV가 장시간 동안 SLEEP 상태를 유지하도록 하여 에너지를 절약하는 방법이다. APS 모드로 동작하는 DEV는 일정 시간동안 통신이 없어 피코넷과 멤버십이 끊어지는 것을 방지하기 위해 ATP 구간 안에 PNC와 통신을 해야 한다. APS 모드는 다른 저전력 모드와 함께 사용되지 않고 독립적으로 사용된다. 에너지와 전체전송률은 trade-off 관계에 있기 때문에 더 많은 에너지를 절약하게 되면 전송되는 데이터의 양도 그만큼 줄어들게 된다[12, 13].

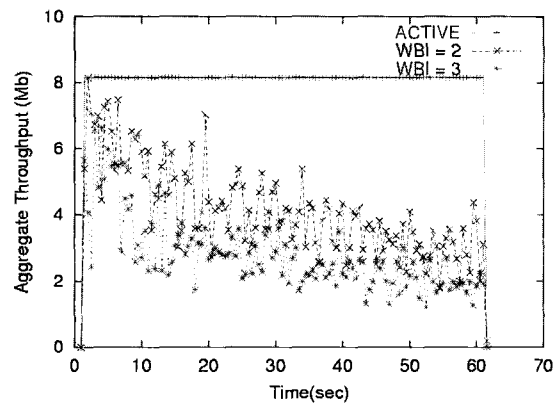


그림 12 저전력 모드에 따른 전송률 비교

5.3 고속 WPAN의 에너지 소비 분석

전체 네트워크에서 전송되는 MAC 프레임을 비콘, 데이터 프레임, ACK 프레임으로 구분하고, 이 프레임들을 송신하고 수신하기 위해 DEV가 에너지를 소모하는 패턴을 시뮬레이션을 통해 분석하면, 표 1에서 보는 바와 같이 전체 통신에 소요되는 에너지에서 ACK가 차지하는 비중이 상당히 큼을 알 수 있다(이 경우 약 13.3%). 따라서 이러한 경우에 ACK 프레임의 개수를 줄일 수

있는 방법을 사용하면 에너지를 절약할 수 있다.

표 1 프레임의 에너지 소비 분석

(J)	PNC	DEV	Total	Percent
Total	2.58812	3.891692	6.479812	100 %
beacon	0.281417	0.140708	0.422125	6.514464
Data	1.731797	3.463536	5.195333	80.17722
ACK	0.574906	0.287448	0.862354	13.30832

예를 들어, 다음의 dynamic-ACK 방식은 DEV가 독립적으로 채널의 상태를 판단해서 ACK의 개수를 동적으로 변경함으로써 에너지 소비를 줄이는 ACK 정책이다. 채널의 상태는 이전 ACK를 받았는지 여부의 확인을 통해서 판단하게 된다. 예를 들어, 처음 하나의 데이터 프레임을 보내고 ACK를 받으면 송신 DEV는 채널 상태가 좋다고 판단하고 다음에 2개의 데이터 프레임을 연속해서 전송한다. 이렇게 전송된 2개의 데이터 프레임에 대해서 하나의 ACK로 전송 여부를 확인한다. 송신 DEV는 이 후 다시 한 번 ACK를 받으면 다음 전송에 4개의 데이터 프레임을 연속해서 보내게 된다. 이렇게 채널 상태가 좋을 경우 한 번에 연속적으로 보내는 데이터 프레임의 개수를 최대 윈도우 크기만큼 늘려간다. 만약 여러 개의 데이터 프레임을 연속해서 보냈는데 그 중 제대로 전송되지 않은 데이터 프레임이 있을 경우 수신 DEV는 ACK가 아닌 NAK를 보내주게 된다. NAK를 보낼 경우 전송되지 않은 데이터 프레임의 번호를 함께 알려줌으로써 송신 DEV는 그 프레임을 재전송할 수 있다. 이 방법으로 전송하는 ACK의 개수를 줄여서 에너지 소비를 줄이면서도 전송 성능을 보장할 수 있다.

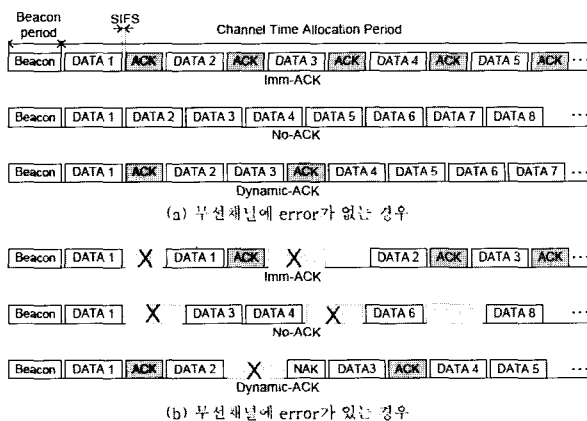


그림 13 채널 상태에 따른 ACK 방식의 비교

6. 메쉬 네트워크

6.1 메쉬 네트워크의 개요

메쉬 네트워크는 네트워크에 있는 노드가 다른 노드

에게 전송되는 트래픽을 받았을 경우 그 트래픽을 포워딩할 수 있는 네트워크를 말한다[14]. 많은 네트워크가 메쉬 네트워크 형태로 구성되어 있으며, 인터넷과 전화 시스템이 대표적인 메쉬 네트워크의 예이다. 만약 데이터나 음성 같은 정보를 실은 패킷이 원하는 목적지에 도달하지 못했다면, 패킷을 수신한 노드는 단순히 그 패킷을 포워딩한다. 각 노드는 중계기의 역할을 하고, 자신이 목적지가 아닌 데이터는 주변에 있는 이웃 노드에게 포워딩된다. 예를 들면, 자신에게 전송될 패킷이 아닐 경우 노드는 이웃의 모든 노드에게 그 패킷을 복사해서 전송한다. 그러나 이 방법은 매우 비효율적이다. 대신에 각 노드는 특정한 주소를 가지는 패킷을 이웃의 어느 노드에게 전송해야 하는지가 기록된 라우팅 테이블을 가지고 있다. 네트워크는 각 노드의 수와 연결이 고정되어 있는 고정된 네트워크 형태이거나 노드의 이동과 연결이 자유로운 애드 혹 형태로 구성된다[15].

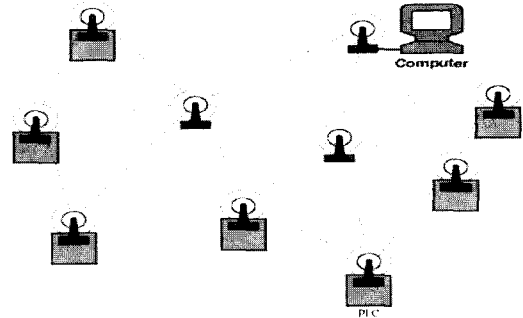


그림 14 애드 혹 메쉬 네트워크

6.2 UWB 메쉬 네트워크

UWB 무선 링크는 거리가 증가함에 따라 대역폭이 급격히 감소하는 특성을 가지고 있다[16]. 이러한 특성은 FCC에 의한 출력 규제와 열잡음(thermal noise)에 의해 송수신단에서 사용되는 신호 세기가 약해지기 때문에 나타난다. 실내 채널에서는 거리의 세제곱 이상의 속도로 감소된다. 그러나 UWB는 서로의 무선 범위에서 구현에 따라서는 간섭이 일어나지 않는 채널을 수십 개나 수백 개까지 사용할 수 있다. 따라서 메쉬를 사용할 경우 다양한 채널을 사용하여 성능을 향상시키는 것이 가능하다.

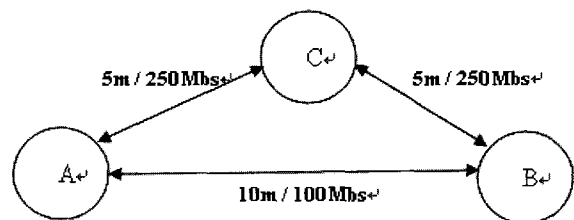


그림 15 중간 노드를 이용한 성능 개선

예를 들어, 그림 15의 노드 A가 10m 떨어져 있는 노드 B와 통신하려고 한다면, 두 노드는 100 Mbps의 대역폭으로 직접 통신할 수 있다. 하지만 각 노드에서 5m 떨어진 위치에 노드 C가 있다면 거리가 짧아지기 때문에 노드 C는 각 노드와 250Mbps의 대역폭으로 통신할 수 있다. 노드 C를 중계기 역할을 하면서 트래픽을 조절한다면, A와 B는 직접 통신할 때보다 2배 이상 빠른 속도인 250Mbps로 통신할 수 있다. 메시 네트워크의 경우 중간 노드가 중계기 역할을 하여 처리율을 향상시킬 수 있다.

메시 네트워크는 거리가 멀어서 통신이 불가능한 지역까지 통신이 가능하다는 특징을 가진다. 노드는 중간 매체를 이용하여 자신의 범위 밖에 있는 노드들과 통신할 수 있다. 예를 들어, 넓은 사무실에서 20m 무선 범위 밖에 있는 노드는 중간 매체를 통하여 호핑(hopping)을 함으로써 통신이 가능하게 된다. 메시 네트워크는 적절한 위치에 중계기를 설치해서 두꺼운 벽이나 금속벽, 지하철역의 에스컬레이터와 같은 장애물을 피하여 통신할 수 있다. 메시 네트워크의 대표적인 특징은 기기의 수가 증가함에 따라 사용할 수 있는 대역폭이 기존에 사용 가능했던 대역폭 이상으로 증가한다는 것이다. 만약 사무실 네트워크가 두 배로 빨라지기를 원한다면 중계기의 수를 두 배로 증가시키면 된다. 또한 노드가 여러 경로를 통해 연결되어 있을 때, 하나의 노드에 문제가 생기는 경우에도 네트워크가 동작할 수 있다. UWB 무선 기술과 결합된 메시 네트워크를 이용하여 사무실, 가정 혹은 다른 곳에서 쉽게 통신 기반을 설치할 수 있으며 [17], 현재 IEEE 802.15.5 태스크그룹에서는 UWB 기술을 적용하는 새로운 고속 WPAN을 포함한 모든 WPAN을 대상으로 하여 이러한 메시 네트워킹 기술을 개발 중에 있다.

7. 결 론

WPAN은 휴대용 가전 및 통신기기들 사이에서, 일반적으로 10m 이내의 단거리 애드 혹 통신을 가능하게 해주는 기술로 일상생활에서 고속의 데이터 전송을 위한 기술로 부각되고 있다. 다양한 응용에 대한 요구가 발생하면서 기존의 WPAN 기술의 성능이 향상되어야 한다. 한정된 무선 대역폭을 효율적으로 사용하기 위해 전송 성능의 개선, 공평성의 증가, 전력 관리 기능의 강화를 중심으로, 성능 향상을 위한 방안들이 연구되고 있다. 본 고에서는 WPAN 환경에서의 성능 향상을 위한 MAC 프로토콜 개선 방안 연구 사례 및 기술 동향에 대하여 살펴보았다. 데이터의 대부분이 멀티미디어 형태로 제공되면서 요구되는 QoS 보장을 위해 MPEG과 같은

특정한 어플리케이션의 트래픽 패턴을 MAC 계층에 알리고, MAC 계층은 이에 가장 알맞은 채널 타임을 할당하여 QoS를 보장하고 전송 성능을 향상시킬 수 있다. 또한, 고속 WPAN에서 TCP와 같이 양방향 전송 채널을 필요로 하는 데이터의 전송 성능 유지를 위해, 표준 문서를 기반으로 TCP 트래픽을 전송하는 방법들을 살펴보고, 이러한 방법들의 문제점을 개선하여 송수신의 상태 변화를 통하여 CTA의 낭비를 줄이고 전송 성능을 향상시키는 기법을 살펴보았다. 배터리를 주요 전력으로 사용하는 WPAN 환경에서는 제한된 배터리 에너지를 효율적으로 사용하는 것이 중요하다. 표준 문서에서는 전력 제어와 저전력 모드를 통한 전력 관리 방안을 기술하고 있다. 이를 중심으로 하여 네트워크 트래픽의 에너지 소비 패턴을 살펴보고, 네트워크 상황에 따른 ACK의 개수를 조절하여 효율적으로 에너지를 절약하는 가능성에 대해 살펴보았다. 마지막으로 802.15.3 WPAN의 확장을 위한 메시 네트워크에 대해 간략히 소개하고 UWB와 메시 네트워크를 통해 얻을 수 있는 개선점을 살펴보았다. WPAN의 응용 분야가 지속적으로 확장되어 가면서 다양한 성능 개선이 요구되고 있다. 본 고에서 살펴본 WPAN의 성능 향상은 MAC 계층에 중점을 두고 있으나, MAC 계층의 연구만으로는 성능을 개선시키는데 한계가 있으며, 각 계층별 프로토콜의 연동을 통해 성능 개선을 하기 위한 작업이 필요하다.

참고문헌

- [1] Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Network (WPAN), IEEE std 802.15.3, Sep. 2003.
- [2] J. Karaoguz, "High-rate wireless personal area networks," *IEEE Communications Magazine*, pp. 96-102, Dec. 2001.
- [3] A. Chandra, V. Gummalla, and J. Limb, "Wireless medium access control protocols," *IEEE Communications Surveys*, <http://www.comsoc.org/pubs/surveys>, 2nd Qtr, 2000.
- [4] R. Mangharam and M. Demirhan, "Performance and simulation analysis of 802.15.3 QoS," *IEEE Doc 802.15-02/297r1*, Jul. 2002.
- [5] R. Koenen, "MPEG-4 Overview," *ISO/IEC JTC1/SC29/WG11*, Mar. 2002.

- [6] S. Rhee, K. Chung, Y. Kim, W. Yoon, and K. Chang "An application-aware MAC scheme for IEEE 802.15.3 high-rate WPAN," *Proceedings of WCNC*, Mar. 2004.
- [7] The CMU Monarch Project, "Wireless and mobile extension to ns," Snapshot Release 1.1.1, Carnegie Mellon University, Aug. 5, 1999.
- [8] J. Zhu and S. Roy, "Improving TCP Performance in TDMA-based satellite access networks," *Proceedings of ICC*, May 15, 2003.
- [9] J. Neale and A. Mohsen, "Impact of CF-DAMA on TCP via satellite performance," *Proceedings of GLOBECOM*, Nov. 23, 2001.
- [10] H. Balakrishnan, S. Seshan, E. Amir and R. Kantz, "Improving TCP/IP performance over wireless networks," *Proceedings of Mobicom*, Nov. 1995.
- [11] J. Monks, V. Bharghavan, and W. Hwu, "A power controlled multiple access protocol for wireless packet networks," *Proceedings of Infocom*, pp. 219-228, Apr 2001.
- [12] C-K Toh, *Ad Hoc Mobile Wireless Networks*, Prentice Hall PTR.
- [13] S. Agrawal and S. Singh, "An experimental study of TCP's energy consumption over a wireless link," *European Personal Mobile Communications Conference*, Feb. 2001.
- [14] J. Lang, "Mesh network outline," IEEE P802.15-03/393, Jan. 2003.
- [15] F. daCosta, "Managing the performance of ad hoc mesh networks," IEEE P802.15-04/211, May 2004.
- [16] J. Ding, L. Zhao, S. Medidi, and K. Sivalingam, "MAC protocols for ultra-wide-band(UWB) wireless networks: Impact of channel acquisition time," *Proceedings of the SPIE*, vol. 4869, pp. 97-106, Oct. 2002.
- [17] J. Boot, "IEEE P802.15.TG5 Call For Application," IEEE P802.15-05/267r1, May 2004.

이왕종



2003. 2 광운대학교 전자공학부(학사)
 2005. 2 광운대학교 전파공학과(석사)
 2005. 3~현재 광운대학교 전파공학과 박사과정
 관심분야 : 무선네트워크(WPAN, WLAN, WSN)
 E-mail : woorihope@explore.kw.ac.kr

이승형



1988. 2 연세대학교 전자공학과(학사)
 1990. 2 연세대학교 전자공학과(석사)
 1999. 2 The University of Texas at Austin(공학박사)
 2000~현재 광운대학교 전파공학과 교수
 2002. 3~현재 한국이더넷포럼 무선 TAG 위원장
 2003. 1~현재 정보통신기술협회 표준화 전문가
 2004. 1~현재 OSIA 협동이사
 관심분야 : 무선네트워크 (WPAN, WLAN, WSN)
 E-mail : shrhee@daisy.kw.ac.kr

8th Int'l Conference on Document analysis and Recognition(ICDAR 2005)

- 일 자 : 2005년 8월 29일~9월 1일
- 장 소 : 잠실 롯데 호텔
- 주 최 : 컴퓨터비전및패턴인식연구회
- 내 용 : 논문발표 등
- 상세안내 : <http://www.icdar2005.org>