

WPAN 피코넷 채널 시간 배정에 대한 연구

(Study of Piconet Channel Time Assignment for WPAN)

조우호 · 문준호

(Mooho Cho · Junho Moon)

(경주대학교 컴퓨터전자공학과)

요 약

WPAN 시스템 개발의 중요한 목표는 다양한 대역폭의 멀티미디어 서비스를 효율적으로 언체, 어디서나, 누구와도 자연스럽게 현실감 있게 정보를 교환할 수 있도록 제공하는 것이다. 멀티미디어 서비스 품질을 보장하기 위해서는 Ad hoc 네트워크에서 한정된 자원과 물리적인 한계에 의해서 가장 취약한 부분인 무선접속 구간에서의 트래픽 특성에 따른 채널할당이 가장 중요시 고려되어야 한다. 본 논문에서는 WPAN을 응용을 지원하기 위한 대역폭 요구사항에 대해 알아보고, 응용 서비스별 트래픽 종류에 따라 WPAN MAC 계층에서의 채널 시간 할당 방안에 대해 살펴본다.

1. 서 론

현재 무선랜, 하이퍼랜, 홈 RF, Bluetooth, IrDA, UWB 등과 같은 다양한 무선 네트워킹 기술들이 한층 진화된 형태로 발전하고 있어서, 앞으로는 근거리 무선 통신 시장의 기술 표준 주도권 경쟁이 더욱 치열하게 전개될 것으로 전망되고 있다 [1]. 현재에는 여러 무선 네트워킹 기술 가운데서 무선랜 기술이 주도권을 잡고 있는 것으로 분석되고 있다. 이는 IEEE802.11b가 기업은 물론 일반 가정에 본격적으로 보급되기 시작하였고, 이제는 IEEE802.11a가 확산되고 있기 때문이다. Gartner는 전세계 50여 개의 무선랜 장비 제조업체가 2001년에 출하한 무선랜 카드는 약 689만 개, 액세스포인트(Access Point)는 약 144만 개인 것으로 집계하였는데, 이는 지난 2000년의 무선랜 카드와 액세스포인트 출하량에 비해 무려 150% 성장한 것으로 분석되고 있다. 또한 무선랜 장비의 출하량 증가는 2007년까지 지속될 것으로 전망되고 있는데, 전 세계 무선랜 카드 출하량은 2007년까지 약 5,700만 개를 초과할 것으로 전망하고 있으며, 무선랜 액세스포인트 출하량은 2007년까지 약 656만 대를 초과할 것으로 전망하고 있다 [2].

그러나 무선 네트워킹 시장이 본격적으로 성장하려면 현재의 10Mbps~50Mbps 대역폭 속도의 무선랜 기술로는 고품질 동영상 서비스를 제공하기 위한 멀티미디어 응용을 처리하는 능력이 부족하

다는 의문이 제시되고 있으며, 이를 대체 및 보완하기 위한 기술의 요구가 가전업계와 칩 제조업체를 중심으로 높아지고 있다 [3]. 최근에는 WPAN(Wireless Personal Area Networks)이 이러한 요구사항들을 만족시킬 수 있는 기술 중의 하나로 고려되고 있다.

본 논문에서는 WPAN을 응용을 지원하기 위한 대역폭 요구사항에 대해 알아보고, 응용 서비스별 트래픽 종류에 따라 WPAN MAC 계층에서의 채널 시간 할당 방안에 대해 살펴본다.

2. WPAN 대역폭 요구사항

WPAN은 10m이내의 단거리에 놓여 있는 컴퓨터와 주변기기, 이동단말기, 가전제품 등을 상호 무선 네트워크로 연결하여 기기간 양방향 통신을 이루어 다양한 응용분야를 지원하는 기술이다. WPAN은 기존의 무선 네트워킹 시스템들과는 달리 네트워크 인프라가 최소한으로 요구되며, 네트워크 인프라가 없는 경우에도 단말기 간의 통신으로 네트워킹이 가능한 시스템이다. 또한 멀티미디어 통신을 다양한 장치에 값싸고 전력 효율이 좋게 다른 무선 네트워크에 비해 용이하게 구현할 수 있다는 장점이 있다 [4].

그림 1은 WPAN 응용들을 보여주고 있으며, 이러한 응용들은 크게 대용량 데이터 파일 전송에 관련된 것과 실시간 비디오와 고품질 오디오 분배에 관련된 것으로 구분할 수 있다 [5].

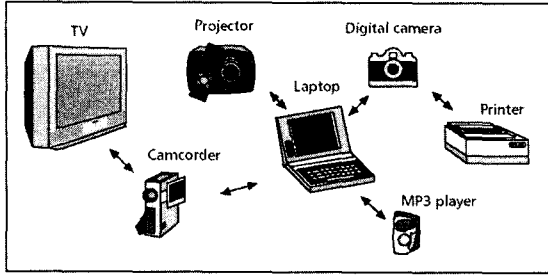


그림 1. WPAN 응용
Fig. 1. WPAN Applications

표 1은 WPAN 어플리케이션 장치에서 요구되는 대역폭을 나타내고 있으며, 대체적으로 현재의 무선랜이 제공하는 대역폭 이상을 요구하고 있다.

표 1. WPAN 응용 장치들의 대역폭 요구사항
Table 1. Bandwidth requirement for WPAN Application Devices

Peripheral	Desired BW	Comments
Video conferencing, digital still camera	75~150Mbps	비압축된 Mpeg-2 영상을 수초이내에 다운로드
Scanner	50~100Mbps	빠르고, 고화질 스캔
Printer	50~100Mbps	고화질, 다양한 색상
External storage	Up to 240Mbps	SCSI/IDE 수준의 속도의 CD/RW, DVD-ROM, HDD, Flash memory
Broadband	10~1000Mbps	Cable, DSL, Ethernet, HPNA 등
High resolution monitor, Projector	63Mbps 이상	상한 ~4Gbps

IEEE 802.15.3에서는 WPAN 멀티미디어 응용에서의 대역폭 문제점을 획기적으로 해결할 수 있는 기술 중의 하나로 UWB (Ultra Wide Band) 기술을 주목 하고 있다. UWB 기술에 대한 연구는 지난 1940년대부터 시작되었으며, 미국 국방부가 1960년대부터 1990년대까지 군사적인 목적으로 관련 기술개발을 추진해왔고, 군사용 레이더와 보안성이 높은 무선 통신에 적용되었다. UWB 기술은 수~수십GHz대의 넓은 주파수 대역을 사용하는 것에 비해 전력 소비가 낮으며, 전송속도는 현재 가장 빠른 무선랜 표준인 IEEE802.11a (54Mbps) 보다 10배 이상 빠른 500Mbps ~1Gbps에 이르며, 보안기능과 다른 무선 네트워킹 기술과의 공존이 가능한 장점으로 인해 추후 무선 네트워킹 시장에 있어서 무선랜 기술을 대체할 것으로 전망되고 있다 [6].

또한 UWB 기술은 매우 넓은 주파수 대역폭을 사용하는데 비해 소비 전력이 낮아 광대역 무선

통신시스템의 큰 문제점인 전력소비 문제를 해결할 수 있으며, RF 반송파 기반의 무선 기술이 아니므로 아날로그 신호의 변조와 복조작업이 필요 없어 일반적인 무선 기술에 비해 하드웨어적으로 간단하여 WPAN 구현에 적합한 특징이 있다. 그리고 UWB 기술은 센티미터 단위의 위치추적이 가능한 특성을 지니고 있어서 향후 무선 통신 시스템과 결합할 수 있어 다양한 위치기반 서비스를 수용할 수 있는 장점이 있다 [7]. 따라서 UWB 기술은 근거리 무선 통신에 있어서는 이미 상용화된 무선 기술인 Bluetooth나 무선랜에 비해 많은 장점을 가지고 있는 것이 사실이며, 향후 상용화 단계에 접어들게 되면 고속률 WPAN 시장규모가 급성장할 것으로 전망되는 유망 기술인 것으로 평가 받고 있다. 표 2는 주요 근거리 무선 기술들을 비교한 것을 나타내고 있다 [8].

표 2. 주요 근거리 무선 기술들의 비교
Table 2. Comparisons of major WLAN technology

표준	802.11b	Bluetooth	802.11a	UWB
주파수 대역폭	2.4GHz (ISM band)	2.4GHz (ISM band)	5GHz (U-NII band)	3.1~10.6GHz
커버리지	100m	10m	50m	10m
최대 속도	11Mbps	10Mbps	54Mbps	500Mbps
Spatial Capacity	1,000	30,000	83,000	1,000,000

주) : Spatial Capacity : Bit/Sec/Square-meter 혹은 bps/m²

3. WPAN 피코넷 형성

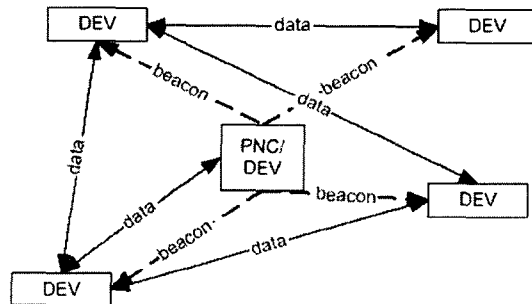


그림 2. IEEE 802.15.3 WPAN 피코넷 구성요소
Fig. 2. IEEE 802.15.3 WPAN Piconet Components

WPAN의 피코넷(piconet)은 여러 개의 데이터 디바이스(DEV)들이 서로 통신할 수 있도록 하는 ad hoc 데이터 통신 시스템이다. WPAN은 10m

반경 내에서 정지하거나 움직이고 있는 사람이나 물체와 통신할 수 있다는 점에서 다른 데이터 네트워크와 구분된다 [9]. WPAN의 기본 요소는 디바이스이며, 두 개 이상의 디바이스 또는 스테이션이 POS(Personal Operating Space) 내에서 동일한 물리채널로 통신하면 피코넷이 구축된다. 이때, 한 디바이스는 Piconet Coordinator(PNC) 역할을 수행해야 하며, PNC는 WPAN의 기본 타이밍을 제공하고 QoS 요구사항을 제어한다.

WPAN 피코넷의 동작 영역은 정지하거나 이동 중인 개인의 커버리지 영역을 나타낸다. 그러나 무선 물리계층에서 전파 특성은 시간에 따라 변하고 예측 불가능하므로 커버리지 영역을 정확히 정의하기가 어렵다. 위치나 방향이 조금만 변하더라도 신호세기나 품질 면에 있어 큰 차이가 생길 수 있다.

WPAN 피코넷은 미리 설계되는 것이 아니고, WPAN이 필요할 때 형성되는 Ad hoc 네트워크이다. Ad hoc 네트워크는 언제, 어디서나 중앙 네트워크 인프라의 도움 없이도 디바이스 간 통신을 할 수 있는 방식이다. 피코넷의 자동구성(Auto-configuration)은 Ad hoc 네트워크에서 기본적으로 요구되는 기능 중의 하나이다. Ad hoc 네트워크 내의 디바이스들은 네트워크에 접속하거나 이탈하기도 하고, 네트워크 내에서 수시로 위치를 변경함에 따라, 네트워크의 접속형태(topology)도 이에 따라 수시로 변경된다. 이러한 환경에서 이동 중인 디바이스의 중단 없는 통신을 보장하기 위해서 각 디바이스는 스스로 동작 중인 네트워크나 디바이스들을 검출하고 접속을 변경할 수 있는 자동구성 기능이 있어야 한다. 기존 고정된 네트워크에서는 배터리 전원을 모두 소모한 디바이스는 기능을 중단함으로써 인해 네트워크에 지대한 영향을 미치지 않지만, 자동구성에서는 동작을 중단하기 전에 기능을 대신할 디바이스가 존재하는 경우에는 다른 디바이스에게 기능을 양도하거나, 또는 대신할 디바이스가 없는 경우에도 자신과 관련된 라우팅 설정들을 변경한 후에 동작을 중단하기 때문에 네트워크에 최소한의 영향을 미친다. WPAN 피코넷의 커버리지 영역을 확장하거나, 다른 디바이스의 네트워크 자원을 활용하기 위해 child나 neighbor와 같은 하부(subsidiary) 피코넷을 형성시킬 수 있다. 이러한 하부 피코넷은 parent와 어떻게 결합(association)되는가에 따라 child나 neighbor가 결정되며, parent에서 배정한 채널 시간 내에서만 사용이 가능한 의존적인(dependent) 네트워크로 형성된다.

4. WPAN 피코넷의 슈퍼프레임

WPAN의 피코넷은 PNC 역할을 하는 디바이스가 슈퍼프레임(superframe)을 전송하면서 형성된다. 피코넷의 슈퍼프레임은 그림 4와 같이 크게 비콘(beacon), CAP (Contention Access Period), CTAP (Channel Time Allocation Period) 세 부분으로 이루어져 있다 [9].

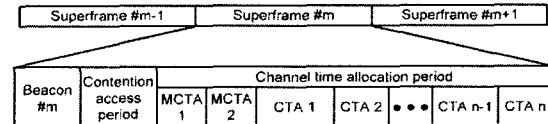


그림 3. 802.15.3 피코넷 슈퍼프레임
Fig. 3. 802.15.3 Piconet Superframe

비콘은 PNC의 주요 기능 중의 하나인 타이밍 정보와 피코넷에 관련된 관리 정보를 전송하는 것에 사용된다. CAP은 경쟁(contention)이 있는 CSMA/CA 방식을 사용하고, 비교적 적은 양의 데이터를 비연속적으로 전송할 때 사용된다. CTAP는 PNC를 거쳐 일정한 채널 시간을 할당 받는 경쟁 없는(contention-free) TDMA 방식으로 사용되며, CTAP 구간에서 데이터 스트림이 발생하면 디바이스들의 요구사항을 기반으로 PNC가 대역폭에 할당된 채널 시간을 할당한다. 즉, CAP은 고정적인 채널 시간 할당이 없이 비동기적인 소량의 데이터를 전송하는 경우에 사용하고, CTAP는 고정적으로 채널 시간이 요구되는 경우에 사용한다. 만약 데이터 전송 중에 대역폭의 요구사항이 변경되면 디바이스는 PNC로 채널 시간 재할당을 요구할 수 있다.

WPAN의 child나 neighbor와 같은 하부 피코넷은 parent에서 할당된 채널 시간 내에서만 사용이 가능하다. 즉, parent에서 할당해준 CTA 내에서 피코넷을 운용할 수 있다. child나 neighbor는 다시 자신이 parent가 되고 그 아래에 child나 neighbor를 형성할 수 있으며, 이 경우에서 CTA를 나누어 주어야 한다. 이러한 계층화된 피코넷의 형성은 CTA를 불균형적으로 할당하는 것을 초래할 수 있으며, 이러한 경우에 피코넷의 네트워크의 전체 성능은 저하되게 된다.

5. WPAN 피코넷의 채널 할당 방안

WPAN 시스템 개발의 중요한 목표는 다양한 대역폭의 멀티미디어 서비스를 효율적으로 언제, 어디서나, 누구와도 자연스럽게 현실감 있게 정보를 교환할 수 있도록 제공하는 것이다. 따라서

WPAN 단말기는 POS에서 음성, 동영상, 전자우편 등과 같은 멀티미디어 서비스의 지원이 가능한 무선 단말 플랫폼으로 동작하게 될 것이다. 이러한 멀티미디어 서비스들은 트래픽 클래스별로 요구하는 자원의 특성이 다르고, 효율적인 자원관리 메커니즘에 따라 성능에서 많은 차이를 나타낸다. 또한 수시로 변경되는 Ad hoc 네트워크의 다양한 접속 상황에서도 WPAN 단말기는 멀티미디어 서비스를 요구사항에 따라 적절하게 제공할 수 있어야 한다. 이러한 요구사항은 서로 상이한 대역폭 및 에러율 특성을 가지는 Ad hoc 네트워크들 사이를 단말이 이동하는 과정에서도 사용자에게 최소한의 품질을 지원할 수 있어야 한다.

멀티미디어 서비스 품질을 보장하기 위해서는 Ad hoc 네트워크에서 한정된 자원과 물리적인 한계에 의해서 가장 취약한 부분인 무선접속 구간에서의 트래픽 특성에 따른 채널할당이 가장 중요시 고려되어야 한다. 그러나 현재 표준에서는 무선접속 구간에서의 채널 할당은 제조회사의 구현사항으로 분류되어 명확한 내용은 포함하고 있지 않다.

다양한 멀티미디어 통신 서비스는 트래픽 종류에 따라 Guaranteed service, Controlled service, Best effort service와 같은 3등급의 서비스로 분류할 수 있다. Guaranteed service는 가장 등급이 높은 서비스로써, 패킷 망에서 서킷 교환 망 형태의 서비스를 제공한다. Guaranteed service는 용량이나 전송 속도 면에서 확실한 수준의 서비스를 제공하는 개념으로서, 큐잉 지연 시간에 대한 상한을 규정하고 큐잉에 따른 패킷의 손실이 전혀 없는 서비스이다. Controlled service는 적응형 실시간 서비스로써 일정한 시간 간격에서 발생하는 트래픽 양이 가변적이고 지연에 민감하므로 이를 지원할 수 있는 기능을 제공해야 한다. Best effort service는 가장 낮은 등급의 서비스로, 일반적인 데이터를 서비스할 때 사용되며 특별한 품질보장을 위한 기능은 제공하지 않지만 무선 환경을 고려하여 에러 발생시 이를 복구할 수 있는 기능을 제공해야 한다.

WPAN의 MAC은 Guaranteed service를 지원하기 위해서는 PNC를 통해 CTA 채널을 할당 받아 사용하는 방법으로 수행할 수 있다. PNC는 무선 접속의 고정적인 채널 시간을 할당하고 관리하게 하여 요구사항에 맞는 대역폭을 지원한다. 스케줄링은 MAC 레벨에서 수행되며, PNC는 단말의 요구에 따라 얼마나 많은 채널 시간을 할당할 것인가를 결정한다. 즉, PNC는 단말기에서 보내기 위해 대기중인 트래픽 상태에 따라 적절한 채널 시

간을 할당하므로 단말기의 무선 배어러 지연이 가장 적게 발생하게 하여 실시간 서비스가 될 수 있게 제공한다.

Controlled service는 Best effort service에 비해서는 차별화되고 우선적인 대역폭을 지원할 수 있어야 한다. 이러한 차별화는 트래픽 클래스 별로 차별화 되게 대역폭을 제공하는 IEEE802.11e의 CAP 기능을 이용할 수 있다. CAP는 무선 액세스를 위해 경쟁할 때 프레임 별로 서로 다른 시간차를 두어 서비스 제공시 트래픽 클래스 별로 차별화를 부여할 수 있다. 또 다른 하나의 차별화를 제공할 수 있는 기능은 트래픽 클래스 별로 경쟁 후에 지연(backoff) 시간에서 차별화를 두는 것이다. Best effort service는 다소 지연이 발생해도 무관하므로 CAP를 통해 지원한다.

6. 결론

WPAN MAC 계층에서의 QoS 제공을 위해서 IEEE 802.15.3 WPAN 표준 규격에서는 위에 설명한 바와 같이 개괄적인 방안은 제시되어 있으나, 구체적인 구현 방안이 제시되어 있지 않다. 본 논문에서는 WPAN을 응용을 지원하기 위한 대역폭 요구사항에 대해 알아보고, 응용 서비스별 트래픽 종류에 따라 WPAN MAC 계층에서의 채널 시간 할당 방안에 대해 살펴보았다. WPAN의 이동 멀티미디어 서비스에 대한 품질 보장은 향후 WPAN 시스템의 성과와 관련된 중요한 문제라고 할 수 있다. 향후 제안 방안에 대한 구체적인 성능 분석을 위한 시뮬레이션이 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] 홍승표, 정현수, "UMB 기술의 개요 및 시장 동향", IT World NewsLetter, 2002.11.
- [2] Andy Rolfe, "Wireless LAN Equipment: Worldwide, 2001-2007", Gartner Dataquest, 2002. 8.
- [3] 전자신문, "e테크 : 초광대역(UMB) 기술-짚고 강한 진동...", 2002. 8. 28.
- [4] 박옥선, 하정락, 김성희, "고속률 WPAN의 기술 동향", 한국전자통신연구원 주간기술동향, 2003.2.4.
- [5] Jeyhan karaoguz, "High-Rate Wireless Personal Area Networks," IEEE Communications Magazine, Dec. 2001.
- [6] http://hraunfoss.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-02-48A1.pdf
- [7] Jeff Foerster, "Ultra-Wideband Technology for Short- or Medium-Range Wireless Communications", Intel Technology Journal Q2, 2001.
- [8] Kimberly Hiler, "Bluetooth Wireless Technology : An Overview", Gartner, 2002. 4.
- [9] IEEE Draft P802.15.3/D17, "Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks(WPANTM)," Feb. 2003.