

# 무선 인터넷을 위한 WPAN 기술

유영환\* 송형규\*\*

## ◆ 목 차 ◆

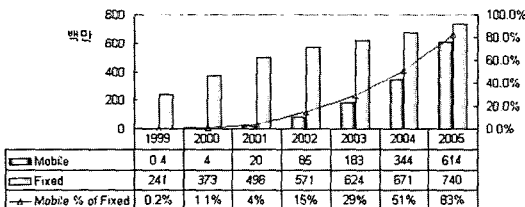
- |                  |                |
|------------------|----------------|
| 1. 무선 인터넷과 WPAN  | 4. WPAN 고속화 기술 |
| 2. WPAN 표준화 기술   | 5. 맺음말         |
| 3. WPAN 상호 연동 기술 |                |

## 1. 무선 인터넷과 WPAN

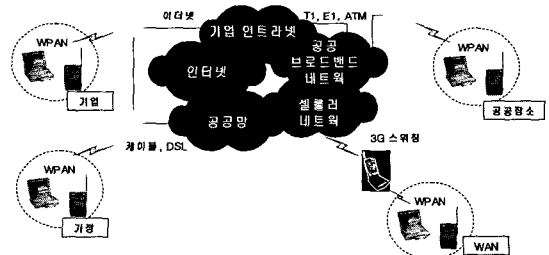
최근 인터넷의 확산과 다양한 디지털 콘텐츠의 개발로 급속한 정보 통신 발전이 진행되고 있다. 특히, 다양한 디지털 콘텐츠에 대한 사용자의 요구와 더불어 인터넷의 무선 접속이라는 기술적 필요성이 대두되고 있다. 현재는 이동 단말을 이용한 단순한 무선 인터넷 접속만이 서비스되고 있지만, 그림 1에서 보듯이 무선 인터넷 사용자 수요는 2005년에는 기존 인터넷 사용자수에 거의 접근할 전망이다. 서비스 내용도 크게 변화될 전망이다. 무선 인터넷 기술은 크게 WAP, HTTP(ME) 기술 사용하는 핸드폰 기반의 무선 인터넷, PDA에 CDMA 칩을 탑재하여 데이터를 집적 전송 받을 수 있는 PDA 및 핸드폰 기반의 무선 인터넷, 노트북에 CDMA 칩을 탑재하여 무선 인터넷에 직

접 접속할 수 있는 노트북 및 핸드폰 기반의 무선 인터넷으로 발전되고 있다. 이러한 무선 인터넷이 제공하는 서비스는 데이터 전송속도의 제한성, 텍스트 입력의 어려움, 사용 중에 서비스 요금이 부과된다는 단점, 제한된 키 패드 및 화면을 사용해야 하는 단점이 존재한다. 그림 2에서 보듯이 무선 인터넷은 이더넷, DSL, 케이블 네트워크, 3G 네트워크, ATM 등의 기존 통신 네트워크와 필수적으로 연동되어야 하며, 최종 사용자와 연결되는 네트워크는 최근 대두되고 있는 블루투스(Bluetooth), wireless local area network(WLAN) 등이 근거리 무선 네트워크가 될 전망이다.

본고에서 향후 무선 인터넷을 주도할 블루투스 시스템을 wireless personal area network(WPAN)에 적용하기 위해 해결해야 하는 두개의 중요한 기술적인 문제인 WPAN의 고속화 버전 및 동일 대역을 사용하는 이기종 네트워크간의 상호 간섭에 대한 해결 방안을 기술한다.



(그림 1) 무선인터넷 사용자 예측 (출처 : ARC)



(그림 2) 무선인터넷과 WPAN 상호 연동 방안

\* 세종대학교 인터넷학과 조교수  
 \*\* 세종대학교 정보통신학과 조교수



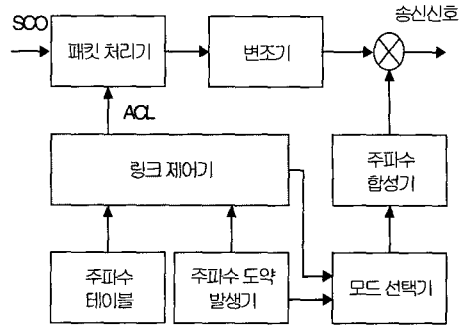
재할 경우에 서로의 트래픽을 동시에 고려하여 기종 간의 트래픽 정보 교환을 통해 기기간 상호 연동을 수행하는 방식으로써, 현재 TG2에서는 Mobilian사의 META 방식과 Symbol사의 TDMA 방식이 고려중이다.

### 3.1 Non-collaborative 방식

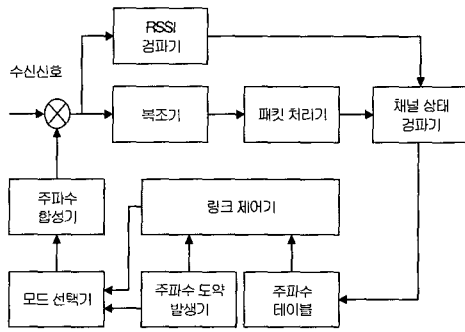
스케줄링 방식은 채널 환경과 QoS를 기반으로 슬롯 시간, FEC, CRC를 고려하여 적응적으로 DMx, DHx, AUX등의 전송 패킷 형태를 결정하는 방식이다. SCO 링크의 경우에는 HV3 패킷을 기본으로 하여 적응형 패킷 형태를 취하며, 채널 환경을 고려한 enhanced voice(EV) 형태의 새로운 패킷을 정의하는 시도도 이뤄지고 있다.

전력 및 전송을 제어 방식도 역시 서로 공유하는 채널의 환경을 이용하여 현재 전송중인 전력 및 전송율의 형태를 적응적으로 변화하게 된다. 이때 채널 환경 척도로 사용되는 변수로는 패킷에러율(PER), 신호대잡음비(SNR), 신호대간섭잡음비(SINR) 등이 사용된다.

적응형 주파수 도약 방식은 현재 블루투스가 사용하고 있는 79개의 도약 주파수를 채널 환경에 따라 다른 기기 또는 동일기기가 사용하고 있는 대역으로는 도약을 하지 않도록 주파수 도약을 수행하는 방식으로써 전형적인 주파수 도약 시스템은 그림 5와 같다. 이 방식을 사용하게 되면 WLAN, HomeRF, Cordless폰, 마이크로웨이브 오븐 등의 2.4GHz대역을 사용하는 다른 기기들의 간섭 신호를 피하는 것이 가능해진다. 이와 더불어 시스템 관점에서는 향상된 비트에러율을 나타내며, 전송 전력을 최대 30dB까지 낮출 수 있는 장점이 있다. 앞에서 서술한 스케줄링 방식, 전력 및 전송을 제어 방식과 마찬가지로 적응형 주파수 도약 방식도 현재 공유하는 주파수 대역 환경에 대한 정확한 예측을 필요로 하는데, 이를 예측하는 대표적인 방법으로는 블루투스 액세스 코드 상관값, HEC 및 CRC 체크 결과값, LMP를 이용한 비트에러율, RSSI 등이 있다. 현재 WPAN에서 고려중인 방식은 이러한 변수들의 조합으로 이뤄진다. 현재 WPAN 표준안에서 고려중인 적응형 주파수 도약 시스템은 대략 다음과 같이 동작한다.



(가) 송신단



(나) 수신단

(그림 5) 적응형 주파수 도약 시스템 구조

- (단계 1) 한 피코넷에 존재하는 모든 기기들은 각각의 채널을 모니터링한다.
- (단계 2) 모든 슬레이브들은 79개의 채널에 대해서 상태가 좋은 채널과 좋지 않은 채널로 구분한다.
- (단계 3) 마스터는 슬레이브들로 부터 채널 예측 정보를 수집한다.
- (단계 4) 79개 채널의 상태 정보를 파악한다.
- (단계 5) 수집한 채널에 대한 정보를 이용하여 도약 주파수를 결정한다.
- (단계 6) 따라 적응형 주파수 도약과 기존 일반 주파수 도약 사이에 스위칭을 수행한다.

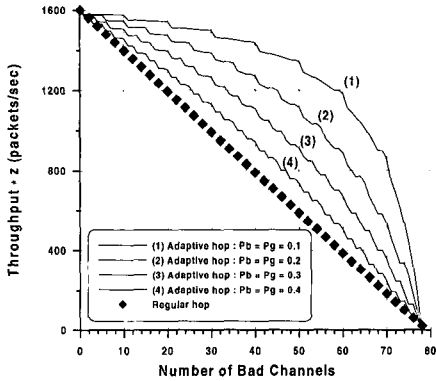
그림 6은 TG2에서 고려중인 적응형 주파수 도약 방식을 적용하였을 경우에 블루투스 SCO 링크와 ACL 링크의 전송 데이터율을 보여 준다. ACL 링크의 경우는 블루투스 마스터와 슬레이브가 DM3과 DM5

패킷을 사용할 경우에, 앞서 설명한 채널 예측을 수행하는 과정에서 발생하는 예측 에러  $P_g$ 와  $P_b$ 을 변수로 하여 구한 결과이다. 그림에서 보듯이 적응형 주파수 도약 방식을 적용하였을 경우에 SCO 링크와 ACL 링크 모두 기존 주파수 도약 방식에 비해 데이터 전송을 관점에서 향상된 전송율을 보여줌을 알 수 있다.

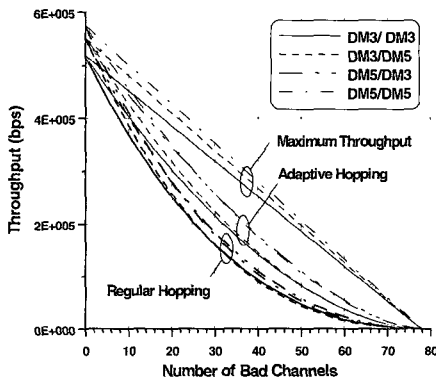
### 3.2 Collaborative 방식

기종간의 정보 교환을 통해 수신 성능을 향상시키는 collaborative 방식은 크게 colocated 방식과 non-colocated 방식으로 구분된다. 우선 colocated 방식에는 앞서 기술한 Mobilian사의 META 방식과 Symbol사의

TDMA 방식이 고려중이다. 이 방식은 물리적으로 동일한 공간에 두 기기가 존재하도록 설계되기 때문에 듀얼 모드 시스템으로도 불린다. META 방식은 트래픽을 적응적으로 변경하며 전송 패킷 타입을 최적하도록 설계된다. 이 방식은 주로 블루투스 SCO 링크의 관점에서 최적화되며, SCO링크가 없는 경우에는 WLAN의 전송율을 최대화하기 때문에 하나의 피코넷만을 관리하는 방식이다. 반면에 Symbol사의 TDMA 방식은 TDMA 형태로 구성된 모든 피코넷을 관리해야 한다. 이를 위해서는 다양한 기기가 밀집된 지역에서도 기기간의 간섭이 없는 환경이 보장되어야 하며, SCO 링크에는 지원되지 않는다. 그림 7과 그림 8은 각각 Mobilian사와 Symbol사에서 추진중인 colocated collaborative 방식을 설명한 것이다.



(가) SCO 링크

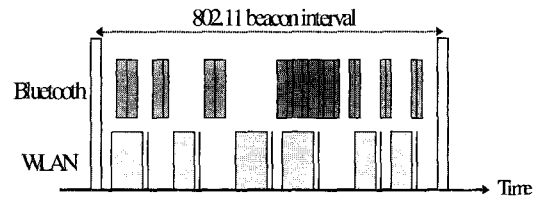


(나) ACL 링크

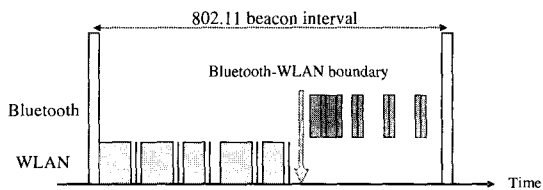
(그림 6) 적응형 주파수 도약을 적용한 블루투스 SCO 링크와 ACL 링크의 전송율

### 4. WPAN 고속화 기술

TG3는 20Mbps 이상의 멀티미디어 데이터 전송을 지원하기 위한 고속 PHY layer에 대한 표준화 작업을 진행중이다[3]. 고속화 표준을 위한 802.15.3 PHY layer는 2.4~2.4835GHz 대역에서 동작하며 고화질의 비디오와 오디오를 전송하기 위해 표 1에서와 같이 최대 11~55Mbps의 전송율을 지원한다. 변조 방식으로는 22Mbps로 동작하는 QPSK 방식으로 기반으로 하여, trellis coded modulation(TCM) 변조 방식을 적용한 4가



(그림 7) Mobilian사의 META 방식



(그림 8) Symbol사의 TDMA 방식

지 모드로 구성된다. 이때 지원되는 데이터율은 표 1에서 보듯이 TCM을 적용한 QPSK, 16/32/64-QAM 변조 방식에 대해서 각각 11, 33, 44, 55Mbps이며, 이때 전송되는 신호의 정상도는 그림 9와 같다. 고속 전송을 위해 사용되는 코딩 방식으로 TCM 방식을 적용하고 있으며, 기본 블록도는 그림 10과 같다. 그림 10에서 아래 3비트는  $D_0, D_1, \dots, D_7$ 로 표현되는 8개의 부 신호 집합중에 하나를 set-partitioning[4]이라는 방식으로 선택하게 되며, 위의 나머지 비트들은 QPSK 변조 방식 및 16/32/64-QAM 변조 방식에 따라 선택된 하나의 부 신호 집합에서 하나의 전송 심볼을 선택하게 된다. 또한 고속 전송에 사용되는 802.15.3 PHY layer 프레임 형식은 constant amplitude zero auto-correlation (CAZAC) 시퀀스로 구성된 프리앰블, payload, CRC, 그리고 TCM을 위해 할당되는 tail 비트로 구성된다. 특히 프리앰블은 고속의 시간 동기, 등화, 채널 추정, 주파수 오프셋 추정 등의 수신기 기술을 위해 10개의 주기를 가지는 6개의 CAZAC 시퀀스로 구성되며, payload는 최대 2048 바이트를 전송할수 있도록 설계된다.

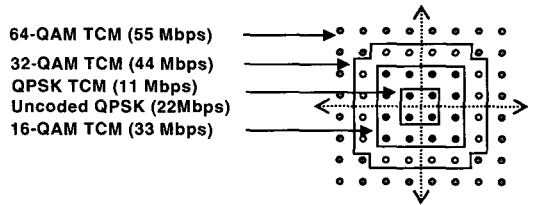
그림 11은 고속 WPAN 수신기의 성능 척도의 하나로써 64-QAM/TCM 방식을 적용하여 55Mbps 전송 속도를 지원하는 경우에 대한 평균 수신 전력 대 frame error rate(FER)의 확률 분포를 나타낸다[5]. 그림에서 root mean square(RMS) 지연 스프레드는 10ns, 수신기 감도는 -71dBm인 경우를 가정한다. Rayleigh 페이딩 채널의 경우에 설계된 수신기가 수신기 감도 -71dBm 보다 15dB 높은 수신 신호 전력에 대해서 WPAN 규격에서 목표로 하는 1%의 FER을 만족함을 알 수 있다. 이러한 성능은 16/32QAM 및 QPSK 변조 방식의 경우에도 동일하게 만족된다.

### 5. 맺음말

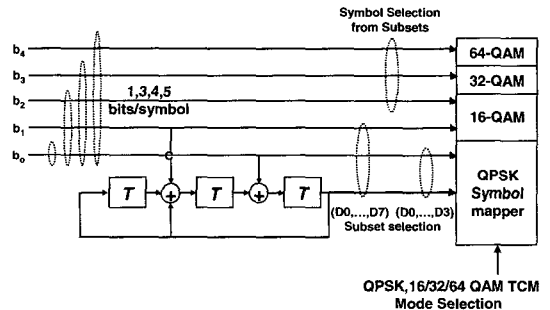
최근 근거리 무선 네트워크의 기술적인 요구가 증가됨에 따라 앞서 기술한 WPAN 시스템의 고속화 및 2.4GHz대역을 사용하는 이기종간의 상호 간섭 대응 방안에 대한 지속적인 연구가 IEEE802.15 그룹을 중심으로 진행중이다. 다양한 기술 규격으로 인해 지금까지 개발되어 온 블루투스가 새로운 기술적 요구에 어떻게 적용될지는 확인할 수 없는 상황이다. 하지

(표 1) 2.4GHz 밴드에서의 고속 WPAN PHY layer 규격

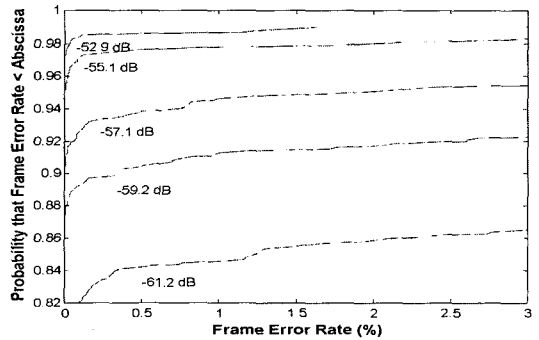
변조 방식	코딩	데이터율
QPSK	-	22Mbps
QPSK	8 상태 TCM	11Mbps
16-QAM	8 상태 TCM	33Mbps
32-QAM	8 상태 TCM	44Mbps
64-QAM	8 상태 TCM	55Mbps



(그림 9) QPSK와 16/32/64-QAM 정상도



(그림 10) QPSK와 16/32/64-QAM을 위한 8상태 인코더 구조



(그림 11) 64-QAM/TCM 방식에 대한 평균 수신 전력 대 FER의 확률 분포

만 상호 연동이라는 기술적인 문제는 2.4GHz 대역을 사용하는 다양한 통신 기기가 존재하는 한 해결해야 할 문제이며, 고속 전송은 향후 출시될 모든 통신 기기들이 가지고 있는 문제와 마찬가지로 사용자 수요와 제공해야 하는 서비스의 관점에서 상호 연동 이상으로 필수적인 기술 조건이라 할 수 있다.

## 참고 문헌

- [1] IEEE 802.15 working group for WPANs, <http://www.ieee802.org/15/>
- [2] Bluetooth SIG groups, "Specification of the bluetooth system", ver1.0 draft foundation, July 1999.
- [3] J. Karaoguz, "High-rate wireless personal area networks", *IEEE Commun. Mag.*, pp.96~102, December 2001.
- [4] G. Ungerboeck, "Trellis coded modulation with redundant signal sets Part 1: introduction", *IEEE Commun. Mag.*, vol. 25, no. 2, February 1987.
- [5] 8-state trellis coded modulated 16/32/64-QAM proposal for high rate WPANs, IEEE802.15-01/024r2, January 2001.

## ◎ 저자 소개 ◎



### 유영환

1993년 2월 연세대학교 전자공학과(공학사)  
1995년 2월 연세대학교 전자공학과(공학석사)  
1999년 2월 연세대학교 전자공학과(공학박사)  
1999년 1월~2002년 2월 전자부품연구원 선임연구원  
2002년 3월~현재 : 세종대학교 인터넷학과 조교수



### 송형규

1990년 2월 연세대학교 전자공학과(공학사)  
1992년 2월 연세대학교 전자공학과(공학석사)  
1996년 2월 연세대학교 전자공학과(공학박사)  
1996년 1월~2000년 2월 전자부품연구원 책임연구원  
2000년 3월~현재 : 세종대학교 정보통신공학과 조교수  
2000년 4월~현재 : 무선PAN통신연구회 회장  
2001년 5월~현재 : 한국블루투스포럼 분과위원장