

# Wireless BAN의 효율적인 채널 관리 방안

이 왕 중 이 승 형\*

## ◆ 목 차 ◆

1. 서론
2. Wireless Body Area Network
3. WBAN의 다중 채널 관리 방안
4. 성능 평가
5. 맺음말

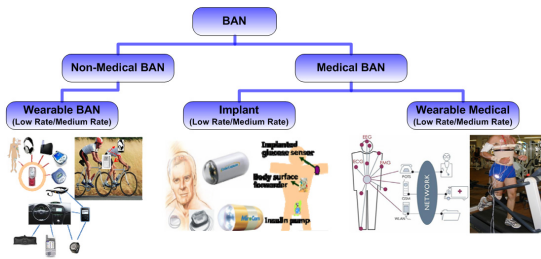
## 1. 서론

최근 IT-BT 융합 기술의 발달로 다양한 통신 응용이 개발되면서, 다양한 범위의 통신 기술이 연구되고 있다. 10m 내외의 거리에 존재하는 컴퓨터와 주변기기, 휴대폰, 가전제품 등을 무선으로 연결하는 개인 영역 통신 기술 (WPAN : Wireless Personal Area Network)에 이어, 인체를 중심으로 3m의 거리에서의 통신을 위한 인체 영역 통신 기술 (BAN : Body Area Network)이 새로운 연구 이슈로 등장하였다. 특히 고령화 시대에 돌입하면서 전 세계적으로 정보 통신 기술을 의료 서비스에 접목하는 u-Health 서비스에 대한 관심이 고조되고 있다. u-Health은 기술 범주에 따라 세 가지로 분류할 수 있다. 첫 번째 분류는 병원이라는 제한된 공간에서 제공되는 서비스를 편리하게 이용하고 다양한 정보를 효율적으로 활용하기 위한 u-Hospital이다. 환자의 검사 및 진료 결과를 통신 기술을 통하여 공유하거나 입원 환자의 신체 정보를 무선 통신 기술을 이용하여 중앙 관리 시스템에 제공하는 환경을 생각해 볼 수 있다. 두 번째는 병원 외부에서 원격서비스를 제공하여 질병을 지속적으로 관리해주는 홈 & 모바일 헬스 케어 서비스이다. 병원에 직접 내방하지 않고도 컴퓨터나 휴대전화 같은 다양한 정보 통신 기기를 이용하여 담당 의사는 환자의 상태를 수시로 확인할 수 있다. 마지막으로 가정 및 이동

공간에서 일반인의 건강증진 도모를 중점으로 질병을 예방하고 관리하는 목적의 웰니스형으로 분류할 수 있다. 이 중에서 홈 & 모바일 헬스 케어 서비스와 웰니스 서비스는 개인의 생체 신호 및 의료 정보를 측정, 전송, 분석 및 피드백 하는 과정이 포함되는데 이를 위한 핵심 기술로 WBAN을 고려할 수 있다[1, 2].

WBAN은 기술 적용 분야에 따라 의료용과 비의료용으로 구분할 수 있다. 즉, 인체를 기준으로 하여 인체 외부 3m이내의 가전기기들 간의 통신, 운동·훈련 시 인체의 상태 관련 정보를 수집·분석, 인체 중심의 다양한 정보 기기와 네트워크 간의 통신이 가능하도록 신체 주변 컴퓨터나 기기들의 상호 연결 등 비의료용 목적으로 사용될 수 있다. 혹은 인체 내부에 이식되어 심전도, 근전도 등의 생체신호를 측정하거나 만성 환자나 노약자들의 건강 상태를 장기적으로 감지 혹은 지속적 상황을 확인할 수 있는 체내 건강상태에 대한 모니터링, 이를 통해 인체에 이상이 발생했을 경우 무선으로 데이터를 전송하는 의료 목적으로 사용될 수 있다. 비의료 분야는 소리나 영상을 전송하기 위해 고속의 데이터 전송 속도가 요구되고, 의료 분야는 사람의 생체 신호 전달을 목표로 하기 때문에 비의료 분야에 비해 저속의 전송 속도와 저전력의 전력 관리 방안이 요구된다.

\* 광운대학교 전파공학과



(그림 1) WBAN의 용도별 구분

본 논문에서는 WBAN에 대한 개념에 대해서 살펴 보고, LBT의 불안정적인 통신을 개선하기 위한 채널 관리 방안에 대해서 논의한다. 2장에서는 WBAN에 대한 기본개념과 연구 동향에 대해서 기술한다. 3장과 4장을 통하여 예약 방식을 통한 효율적인 채널 관리 방안과 성능 개선 결과에 대해서 분석하고 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. Wireless Body Area Network

### 2.2 WBAN MAC 특징

WBAN 통신의 대표적인 특징은 인체에 인한 전파 감쇄이다. WBAN통신은 인체 내부 장치 간 통신, 인체 내부 장치와 인체 외부 장치와의 통신, 인체 외부 장치간의 통신으로 구분이 된다. 세 가지 경우 모두 인체에 의한 전파 감쇄현상이 발생한다. 특히 인체 내부 장치와의 통신은 신호 감쇄가 크기 때문에 pathloss가 더욱 커진다. 이러한 신호 감쇄현상은 사용 주파수 대역에 따라 달라진다. 그리고 같은 주파수 대역을 사용하더라도 장치간의 거리와 장치가 부착된 신체의 움직임에 따라 신호의 감쇄 정도가 달라진다. 또한 같은 주파수 대역을 사용하고 인체와 장치간의 거리가 같아도 근육량이나 지방량과 같은 개인의 신체 특성에 따라 신호의 감쇄 정도가 달라 질 수 있다. 따라서 인체 영역에서의 채널 모델링을 위해서는 여러 가지 사항을 고려해야 한다[3, 4, 5].

WBAN은 일반 가전기기 데이터 전송에서부터 의료용 장치까지 다양한 응용 분야를 지원해야 하기 때문에 각 분야에 적합한 QoS를 제공해야 한다. 오디오/비

디오 데이터는 데이터의 크기가 크고 짧은 주기로 계속 전송되어야 한다. 이와 달리 의료용 데이터는 전송할 데이터의 양이 적고 전송 주기가 길다는 특징을 가진다. 이러한 응용의 특성을 고려하여 다양한 데이터 전송률을 지원하기 위한 방안이 연구되어야 한다. 그리고 의료용 데이터는 생명과 직결되는 긴급한 데이터를 우선적으로 전송해야 하는 경우가 발생하므로 이러한 데이터를 처리하기 위한 메커니즘이 필요하다.

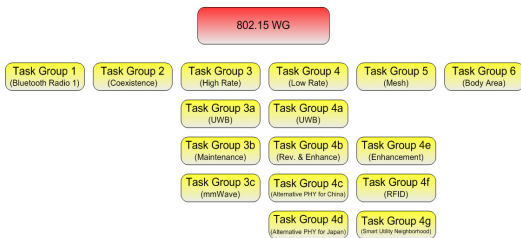
인체 내부 장치는 한번 이식을 하면 배터리 충전 및 교환이 매우 어렵기 때문에 몇 년을 동작할 수 있을 정도로 전력 소모량이 작아야 한다. 인체 외부 장치도 휴대성 보장을 위해 배터리를 사용하는 경우가 많다. 따라서 인체 외부 장치도 저전력을 위한 기술이 적용되어야 한다. WBAN은 40mW 정도의 낮은 전력 소모량을 기술적인 요구사항으로 제시하고 있다.

또한 의료용 장치는 개인의 의료 정보를 취급하게 된다. 이러한 데이터는 외부로 유출되는 것에 민감할 수 있다. 따라서 다양한 데이터 보안 기법을 사용하여 데이터가 유출되는 것을 방지하기 위한 기술이 필요하다. 이와 같은 기존의 무선 통신 환경과 상이한 WBAN의 특성들을 반영하기 위한 MAC 프로토콜의 요구사항을 살펴보면 표 1과 같다[6].

(표 1) WPAN application 별 요구사항

Application	전송 속도	Latency	BER
약물 투약	< 16 Kbps	< 250 ms	< 10 <sup>-10</sup>
뇌심부 자극술	< 32 Kbps	< 250 ms	< 10 <sup>-10</sup>
Capsule형 내시경	1 Mbps	-	< 10 <sup>-10</sup>
EKG(심전도)	192 Kbps	< 250 ms	< 10 <sup>-10</sup>
EEG(뇌파도)	86.4 Mbps	< 250 ms	< 10 <sup>-10</sup>
EMG(근전도)	1.536 Mbps	< 250 ms	< 10 <sup>-10</sup>
Glucose level monitor	< 1 Kbps	< 250 ms	< 10 <sup>-10</sup>
오디오	1 Mbps	< 20 ms	< 10 <sup>-5</sup>
비디오/의료 영상	< 10 Mbps	< 100 ms	< 10 <sup>-3</sup>
음성	50 - 100 Kbps	< 10 ms	< 10 <sup>-3</sup>

## 2.2 WBAN 표준화 동향



(그림 2) IEEE 802.15 WG 구성

IEEE 802.15 WG을 구성하는 TG들의 연구 활동을 간단히 살펴보면 TG 1은 Bluetooth, TG 2는 무선네트워크 시스템 간의 공존 메커니즘에 관한 연구를 수행한다. TG 3은 무선 고속 WPAN을 위한 표준화를 진행하고, TG 4는 저속 WPAN의 PHY/MAC 계층에 대한 표준화 및 연구를 진행하고 있다. IEEE 802.15 TG5는 TG 3과 TG 4의 표준안을 기반으로 메시 네트워크를 구성하는 방법에 대한 표준화가 진행 중이다. IEEE 802.15 TG 6에서는 응용, 주파수, 기술적인 요구사항에 대해 포괄적으로 논의되고 있다. WBAN 표준화 대상 항목은 PHY 기술로는 변복조 방식, 채널 모델 등의 무선 기술 규격을 정의 하고, 세부적으로는 변복조 기술, 채널 모델링기술, 초저전력 통신 기술 등에 대한 연구를 진행하고 있다. MAC 기술에서는 액세스 제어기술, 무선 링크 제어 및 QoS기술, 초저전력 프로토콜 스택 기술의 표준을 개발하고 있다[7].

WBAN(Wireless Body Area Network)은 인체 내부 혹은 외부에 위치한 여러 장치간의 통신을 위한 기술이다. 기술 응용 분야에 따라 3m내외의 거리에서 수 Kbps ~ 수십 Mbps의 속도로 데이터를 전송한다. 그러나 WBAN은 WLAN, WPAN 등의 네트워크 기술에 비해 전송범위의 축소만이 아니라 의료 분야를 하나의 응용 분야로 고려하고 있다는 점에서 기존 네트워크 기술과는 다른 새로운 요구사항을 충족하기 위한 기술이 필요하다. 특히 인체 내부에 이식되는 임플란트(implanted) 장치의 경우 신호 감쇄 및 안테나의 크기, 인체에 미치는 영향 등 여러 가지 제약사항 때문에 기존의 통신 기술을 그대로 적용할 수 없다. 이러한 WBAN의 요구 사항을 고려한 새로운 형태의 프로

토콜을 정의하고 표준화하기 위한 논의가 IEEE를 중심으로 진행되고 있다. 2006년 5월에 Interest Group(IG)로 진행된 회의를 시작으로 2007년 5월 Study Group(SG)을 형성하고, 2008년 1월부터 Task Group 6(TG6)으로 표준화 활동이 진행되고 있다. 2008년 1월 회의부터 WBAN의 기술적 범위, 요구사항, 응용분야, 규정, 채널 모델 등에 대한 다양한 기술 기고문이 제안되고 있다. 2008년부터 2009년까지 표준규격이 제정될 예정이고, 현재 IEEE 802.15.6 TG BAN은 BAN Applications, BAN Regulatory, BAN Channel Model, Technical Requirement Document, Selection Criteria Doc의 5개의 하부 위원회를 두고 있다.

WBAN의 응용 분야로는 크게 의료용과 비의료용으로 구분할 수 있다. 의료용 응용 분야로는 심전도/혈압 측정, 심박 보조 조절기/인슐린 펌프, 보청기 등이 고려되고 있으며, 특히 임플란트 장치와 캡슐형 내시경 장치를 주요 응용분야로 고려하고 있다. 비의료용 응용 분야로는 웨어러블(wearable) 컴퓨터와 같이 인체 표면이나 인체에 근접해 있는 장치간의 데이터 전송을 고려하고 있다.

이 두 응용 분야의 요구사항을 모두 충족시키는 특성을 가진 공통된 주파수 대역이 없으므로 WBAN은 특이하게 서로 다른 2개의 주파수 대역을 사용한다. 의료용의 경우 인체의 전파 특성과 전파가 인체에 미칠 수 있는 영향을 고려해 MICS(Medical Implanted Communication Service)를 위한 401MHz~406MHz 대역의 주파수를 이용하도록 규정하고 있다. 그러나 이 주파수 대역의 경우 좁은 대역폭으로 인해 캡슐형 내시경과 같은 대용량 전송에는 제한이 발생한다. 이를 위해서 UWB의 미약주파수 대역을 후보 주파수 대역으로 고려하고 있다. 비의료용은 2.4GHz ISM 주파수 대역을 사용한다. ISM 주파수 대역을 통하여 멀티미디어나 오디오와 같은 대용량 데이터의 전송이 가능하다.

응용 분야에 따른 주파수 대역과 서로 다른 제약사항을 충족시키기 위해 인체 내부 통신과 인체 외부 통신을 하나의 PHY 기술로 지원할 것인지, 아니면 각기 다른 두 개의 PHY 기술로 지원할 것인지에 대한 논의가 활발히 이루어지고 있다. 현재로서는 두 개의 PHY 기술을 만드는 의견이 우세하다.

WBAN MAC 계층도 단일 MAC을 구성할 것인지,

두 개의 MAC을 구성하여 두 주파수 대역에 대해서 독립된 PHY/MAC을 구성할 것인지에 대한 논의가 진행되고 있다. 지속적인 논의가 이루어지고 있지만 구체적으로 기술적인 접근이 이루어지지 않고 있다. 다만 기존 기술의 WBAN 적용 가능성과 기존 기술들을 기반으로 WBAN MAC의 요구사항을 충족시키기 위한 연구 결과물들이 발표되고 있다. WBAN MAC에 대한 연구는 WBAN의 주요 연구 이슈인 전력관리 방안과 자원관리 방안을 중심으로 진행되고 있다.

인체 내부에 위치하게 되는 임플란트 장치는 배터리의 교체가 쉽지 않기 때문에 의료 분야의 응용은 초저전력 기술을 필요로 한다. MAC의 전력관리 방안에 대한 연구는 기존의 센서 네트워크를 기반으로 진행되고 있다. WBAN 응용의 많은 부분이 센서가 수집한 센싱 정보를 이용하기 때문에 센서 네트워크의 전력관리 알고리즘을 WBAN에 적용시의 문제점을 도출하거나 요구사항에 적합하게 변형하는 방향으로 접근하고 있다. 전력관리 방안에서 주요 연구 이슈로 불필요한 신호의 송수신, 채널 상에서 충돌로 인한 재전송 감소 등을 고려할 수 있다. 다양한 MAC 프로토콜에 대한 분석 결과를 토대로 초저전력에 적합한 기술에 대한 연구가 진행되고 있다. 2008년 7월 회의에서는 다양한 MAC 프로토콜에서 전력을 낭비하는 요소들에 대한 분석과 전력관리와 시간동기화의 관계에 대한 분석을 바탕으로 비동기화를 기반으로 하는 전력 관리 방법에 대한 연구에 대한 기고문이 발표되었다. 현재까지 세부적인 결론에 도달하지는 못하였지만 비동기식 전력관리 방안을 통한 초저전력 연구가 활발히 진행될 전망이다.

자원관리 방안에 대한 연구는 각 주파수 대역을 중심으로 연구가 진행되고 있다. 의료용으로 사용되는 MICS 주파수 대역은 기상원조(METAIDS) 서비스와 동일한 주파수 대역을 사용한다. 이 주파수 대역의 경우 기상원조 서비스가 우선순위를 가지기 때문에 기상원조 서비스에 영향을 주지 않고 동작하기 위한 방안과 300KHz의 10개의 채널을 효율적으로 사용하기 위한 방안이 연구되고 있다. 10개의 채널을 효율적으로 관리하기 위한 방안으로 채널 예약을 통한 접속 방식과 경쟁을 통한 접속 방식에 대한 연구가 진행되고 있다. 이와 더불어 중앙 제어 장치가 채널 관리 권한을 가질 것인지, 각 장치에 분산시킬 것인지에 대한

효율성 비교 분석도 진행되고 있다. 각 채널 방식에 대한 장단점과 효율성 분석을 통하여 WBAN의 요구사항에 부합되는 MAC 기술이 표준화 회의 때마다 제안되고 있지만, 현재까지는 WBAN MAC 표준화에 대한 구체적인 방안은 논의 중에 있다.

IEEE 802.15.6 WBAN 표준화 그룹은 WBAN에 적합한 PHY/MAC의 표준화를 위해서 활발히 움직이고 있다. 국내외적으로 업계와 학계의 많은 관심 속에서 진행되고 있으며, 연구 결과를 토대로 다양한 기술들이 기고되고 있다. 특히 일본의 NICT, 유럽의 필립스와 CSEM을 비롯하여 한국전파진흥원, ETRI, 삼성전자, LG전자 및 대학을 중심으로 표준화가 진행되고 있다. WBAN 표준화는 현재 시작 단계로 구체적 기술 논의는 이루어지지 못하고 있지만, 이후 wearable computing이나 healthcare등 인체 중심의 다양한 응용 분야를 위한 핵심 기술들이 표준화될 것으로 전망된다.

### 2.3 WBAN 주파수 할당 동향

WBAN의 요구사항은 표 2와 같다. WBAN기술은 10Kbps~10Mbps 의 전송 속도를 고려하고 5~10개의 piconet을 동시에 구성할 수 있어야 한다는 조건에 의해 100MHz 대역폭 이상을 지원하는 주파수 대역폭이 필요하다. 이와 같은 대역폭을 비허가로 쓸 수 있는 주파수 대역은 기존의 ISM 대역과 UWB 대역 밖에 없지만, 이 두 대역 다 2GHz 이상이기 때문에 인체 내부용으로 사용하기에는 적절하지 않다. 또한 의료용으로 할당된 주파수는 대부분 6MHz의 대역폭을 가지고 주파수 대역도 분산되어 있기 때문에 영상과 같은 대용량의 데이터를 전송할 수 없다[8, 9, 10].

(표 2) WBAN 요구사항

	인체 외부	인체 내부
용도	비디오/오디오, 데이터	데이터, 이미지
도달거리	<3m	<2m
수명	응용분야에 의존	5~10년
전송속도	10 Kbps ~ 10 Mbps	10 Kbps ~ 6 Mbps
Duty Cycle	1% ~ 100%	0.1% ~ 50%
안전성	중간	매우 높은
Piconet 개수	10	5

의료용 주파수할당 동향을 보면 인체 외부 기기 간 통신을 위한 주파수 대역으로 ISM 대역을 고려해 볼 수 있으며, 그 중에도 광대역 통신과 채널이 충분히 확보될 수 있는 약 100MHz 이상의 대역폭이 보장되는 2.4GHz 대역을 고려할 수 있다. 이 주파수 대역에서 사용하는 대표적 무선 통신 기술로는 가전기기 간의통신으로 주로 사용되는 블루투스, 센서나 의료기기에 사용되는 ZigBee, WLAN이 있다. 이 주파수 대역에서 인체 내부 소자는 주파수가 낮을 경우 이득이 떨어지며, 주파수가 높아질수록 도전율도 증가하여 전파 감쇄현상이 두드러지기 때문에 인체 내부용으로는 적합하지 않다.

(표 3) MICS 대역의 기술적 특성

특성	기술적 요구사항
주파수 대역	402 MHz ~ 405 MHz
통신 방법	단방향 통신 시스템, simplex, duplex 시스템
허용 주파수	A1D, F1D, G1D
주파수대역	300 KHz 이하
주파수 허용 편차	±100×10 <sup>-6</sup>
안테나 파워	인체 외부에서 25uW (EIRP) 이하
허용 안테나 파워	상한선: 20 %, 하한선: 50 %
안테나	특별히 지정되지 않음
허용하지 않는 주파수 방사치	인체 외부에서 25uW (EIRP) 이하로 중심 주파수로 부터 ±150 KHz
간섭회피 방법	Carrier Sensing

의료용으로 사용되는 주파수는 안정성을 보장하기 위해 독점적으로 사용이 가능한 주파수 대역과 소출력으로 다른 통신과 공유하는 공유 주파수 대역으로 나눌 수 있다. 1970년부터 인체 내부 이식용 주파수로 10~100KHz 대역에서 적은 주파수 대역폭을 사용하는 Inductive link 방식을 사용하였다. 이 방식은 인체 내부에 장착되어 있는 소자에 무선으로 전력을 공급할 수 있으므로 영구적 사용이 가능한 장점이 있으나, 데이터의 속도가 최대 수십 Kbps에 불과하고 전력 공급 및 데이터 전송을 위해 고출력의 외부 장치(RFID

리더)를 인체 내 장치 가까이에 접촉해야 하는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해 인체 내부 이식형 무선통신 전용주파수 대역으로 403~405 MHz의 MICS(Medical Implant Communication Service) 주파수 대역이 사용되고 있다.

MICS 대역은 402~405MHz 주파수 대역에서 작동하는 MICS 시스템 간, MICS 시스템과 주 사용자 간에 잠재적인 간섭 가능성을 감소하기 위해 고안된 스펙트럼 모니터링 및 접근 요구사항인 LBT(Listen Before Talk) 프로토콜을 포함하고 있다. 즉, 간섭을 최소화하여 환자의 안전에 있어서 중요한 신뢰성 확보가 가능한 통신 링크가 보장된다. MICS 대역은 국제전기통신연합(ITU) 보고서 및 권고안을 통해 국제적으로 승인된 주파수 대역을 전 세계적으로 사용하고 있는데, ITU-R의 권고안 SA.1346: “401~406MHz 주파수 대역에서 무선 서비스로 작동되는 가상원조 서비스(METAIDS)와 이식된 의료장치를 위한 통신시스템(MICS)의 공유”에서는 MICS주파수 대역을 공유하는 METAIDS(가상원조)와의 간섭 없이 402~405MHz 대역의 사용이 가능하다고 기술하고 있다. ITU-R SA.1346 문서에서는, 최대 전력이 25uW EIRP 이고 최대 10개 채널을 사용하여 최대 300KHz의 가변 대역폭으로 작동하는 MICS 시스템이 사용할 수 있는 401~406MHz 대역 내에 3MHz 의 스펙트럼을 할당할 것을 권장하였다. 또한 이 문서에서는 그러한 대역의 주 사용자 및 기타 사용자들에 대한 간섭을 예방할 수 있는 대역에서 스펙트럼을 선택하여 사용할 수 있도록 LBT 프로토콜과 주파수 가변기능을 사용할 것을 권장하고 있다[11].

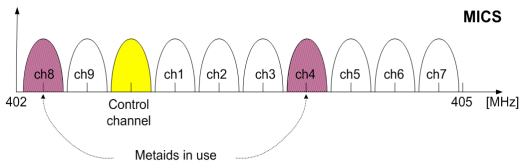
### 3. WBAN의 다중 채널 관리 방안

경쟁 기반 채널 관리 프로토콜인 LBT의 불안정적인 통신을 개선하기 위한 방안으로 채널 예약 방안을 제시한다. WBAN이 사용하는 MICS 주파수 대역은 10개의 채널로 구성되어 있다. MICS 주파수 대역의 다중 채널을 효과적으로 관리하여 WBAN의 특성으로 나타난 안정적인 통신에 대한 요구와 다양한 데이터 전송률에 대한 요구를 충족시키는 방안을 제시한다.



### 3.1 채널 할당 기법

10개의 300KHz 채널로 구성된 MICS 주파수 대역에서의 통신 프로토콜이다. MICS 주파수 대역은 300KHz의 대역폭을 가지는 10개의 채널로 구성된다. 10개의 채널 가운데 한 개의 채널은 나머지 데이터 채널을 장치에게 할당하기 위한 제어 채널(control channel)로 사용하고, 그 외의 9개 채널은 장치 간의 데이터 전송을 위한 데이터 채널로 사용한다. 제어 채널과 데이터 채널은 채널들의 상태에 따라서 달라진다. 400MHz의 MICS 주파수 대역은 기상관측을 위한 METAIDS가 사용하고 있는 주파수 대역이다. 그러므로 MICS는 MICS 시스템 간 또는 METAIDS와의 간섭 가능성을 감소하기 위해 Listen Before Talk 프로토콜을 사용하고 있다. 제어 채널을 선택하기 위해 외부 장치는 먼저 전체 MICS 주파수 대역을 모니터링하고, 사용되지 않는 채널 가운데 하나를 제어 채널로 설정하고 나머지 채널은 데이터 채널로 고려한다. 그리고 제어 채널의 오른쪽 채널부터 시작하여 순차적으로 채널 번호를 부여한다(그림 3).

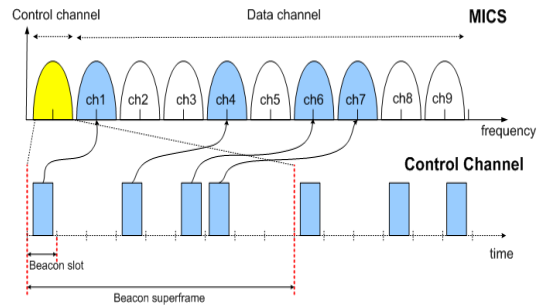


(그림 3) MICS 주파수 대역의 채널 설정

### 3.2 채널 예약 기법

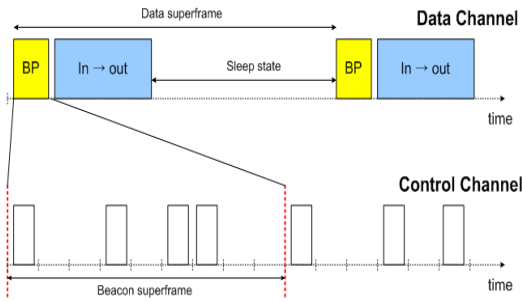
외부 장치는 통신하기 원하는 내부 장치에게 채널을 할당하기 위하여 제어 채널을 통해 beacon 프레임을 전송한다. 제어 채널에서는 beacon superframe 단위로 beacon 프레임들이 전송된다. Beacon Superframe은 9개의 beacon 슬롯으로 구성되고, 각 beacon 슬롯마다 beacon 프레임이 전송된다. 9개의 beacon 슬롯은 9개의 데이터 채널과 매핑 된다. 외부 장치는 첫 번째 beacon 슬롯에 beacon 프레임을 전송하여 해당 내부 장치에게 첫 번째 데이터 채널을 할당한다. 이미 METAIDS나 다

른 내부 장치에 의해서 사용되고 있는 채널의 경우, 해당 beacon 슬롯에 beacon 프레임을 전송하여 해당 채널이 이미 사용되고 있음을 알린다. 장치들은 beacon 슬롯에서의 beacon 프레임 전송 유무로 채널의 사용여부를 파악하게 된다(그림 4). 외부장치는 내부 장치와의 통신이 끝날 때까지 제어 채널을 통하여 지속적으로 해당 beacon 프레임을 전송한다. 내부 장치와의 통신이 종료되면 해당 beacon 슬롯을 비워둠으로 다른 장치가 채널이 사용되지 않음을 알 수 있게 한다.



(그림 4) 매핑을 이용한 채널 할당

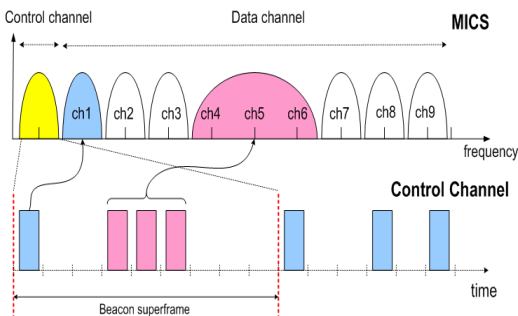
인체 내·외부 장치간의 통신은 외부 장치가 beacon 프레임을 전송하여 내부 장치에게 통신을 위한 채널을 할당하면서 시작된다. 그러므로 내부 장치는 채널의 사용여부와 외부 장치와의 통신 여부를 파악하기 위하여 적어도 하나의 beacon superframe 구간 동안 제어 채널을 통해 전송되는 beacon 프레임을 모니터링 한다. Beacon superframe 구간 동안 모니터링을 통하여 외부 장치로부터 통신 요청을 받은 내부 장치는 해당 데이터 채널을 통하여 요구 받은 정보를 전송한다. 데이터의 전송이 끝나거나 채널을 할당 받지 못한 내부 장치는 beacon superframe 동안 제어 채널을 모니터링한 후에 sleep 상태로 들어가 불필요한 전력 소비를 줄인다. 제어 채널에서는 지속적인 beacon 프레임 전송을 통해 채널 상황을 알리므로 sleep 상태에 있던 장치는 wakeup과 동시에 제어 채널을 모니터링하여 전체 채널의 상태와 sleep 상태로의 전향 여부를 판단한다(그림 5).



(그림 5) Superframe 구조

### 3.3 채널 결합 기법

MICS 주파수 대역은 10개의 300KHz 채널로 이루어지기 때문에 좁은 대역폭을 가지는 하나의 채널을 통하여 다양한 종류의 데이터를 전송할 수 없다. 300KHz이상의 데이터를 전송하기 위하여 외부 장치는 연속된 여러 개의 beacon 슬롯 동안에 동일한 beacon 프레임을 전송하여 해당 장치에게 연속된 여러 개의 채널을 할당한다. 연속된 여러 개의 채널을 통하여 넓은 대역폭의 채널을 만들 수 있다. 이러한 과정을 통하여 다양한 종류의 데이터를 전송할 수 있을 뿐만 아니라 필요한 대역폭을 동적으로 할당하고 관리하므로 좁은 대역폭으로 인한 데이터 전송의 실패뿐만 아니라 고정적으로 넓은 대역폭을 할당하여 불필요하게 채널이 낭비되는 것을 예방할 수 있다(그림 6).



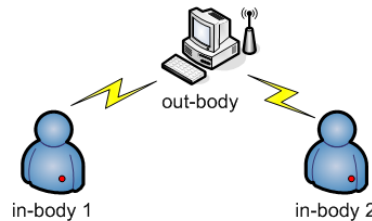
(그림 6) 채널 결합

## 4. 성능 평가

### 4.1 시뮬레이터의 환경

ns-2의 IEEE 802.15.3 WPAN을 위한 모듈을 기반으로 다중채널 시뮬레이터를 설계하였다. 이를 기반으로 MICS 주파수 대역의 채널관리를 위한 다중채널 시뮬레이션을 수행하였다. 802.15.3의 PNC가 내부 장치에게 채널을 할당하고 내부 장치로부터 데이터를 수신하는 외부 장치로 동작한다. 802.15.3의 DEV는 외부 장치로부터 beacon 프레임을 통하여 채널을 할당 받고 데이터를 송신하는 내부 장치의 동작을 수행한다[12, 13].

시뮬레이션에서 사용하는 기본적인 네트워크 형태는 그림 7과 같다. 두 개의 내부 장치가 하나의 외부 장치의 관리 하에 외부 장치와 통신한다. 아래와 같은 네트워크상에서 MICS가 고려하고 있는 LBT를 이용한 통신과 beacon 프레임을 이용한 채널 예약방식의 통신의 성능을 비교한다. 또한 이웃한 여러 채널을 예약하여 하나의 대용량 채널로 사용하는 경우의 성능을 측정한다.



(그림 7) 시뮬레이션 토폴로지

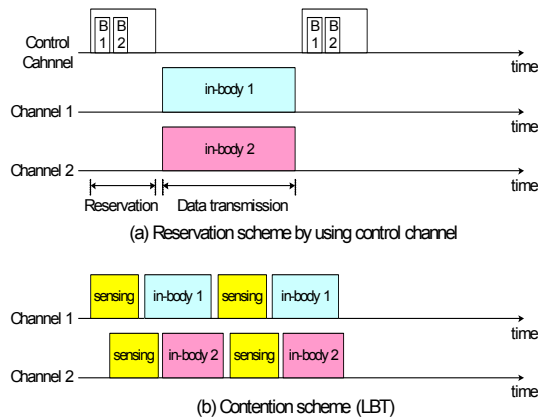
시뮬레이션 과정에서 설정한 환경 값은 IEEE 802.15.6 WBAN의 표준화 과정에서 제시된 요구를 고려하여 설정하였다. LBT 프로토콜과의 성능 비교를 위한 시뮬레이션에서 LBT의 성능에 큰 영향을 미치는 Listening Time의 경우 RFID나 센서에서 고려하고 있는 LBT의 값보다 작은 값을 설정하여 더 높은 성능을 나타내는 환경을 고려하였다. MICS 주파수 대역의 각 채널은 300KHz의 대역폭을 설정하였고, 채널 간의 Guard band는 고려하지 않았다. 그 외의 시뮬레이션에서 사용한 환경 변수의 값은 표 4와 같다.

(표 4) 시뮬레이션 환경

환경 변수	설정 값
채널의 수	10 개
채널 대역폭	300KHz
플로우의 수	3개
패킷 크기	10 bytes
트래픽 타입	CBR
Listening Time (at LBT)	0.1 ms / 0.5 ms
에러율	0%
시뮬레이션 시간	4 s

### 4.2 시뮬레이터의 결과

다중 채널을 사용하는 MICS 환경에서의 성능 비교를 위하여 그림 8과 같은 시나리오의 시뮬레이션을 수행하였다. 예약 방식에서는 채널 할당을 위한 하나의 제어 채널과 9개의 데이터 채널을 설정하였다. 제어 채널을 통해서 각 내부 장치가 사용할 채널을 할당하기 위한 beacon 프레임 전송한다. 두 내부 장치는 각각 하나의 채널씩을 할당 받아 데이터를 전송한다. 내부 장치는 제어 채널을 모니터링 하여 데이터를 전송할 채널을 할당 받는다.



(그림 8) 다중채널 환경에서의 예약 방식과 LBT 시나리오

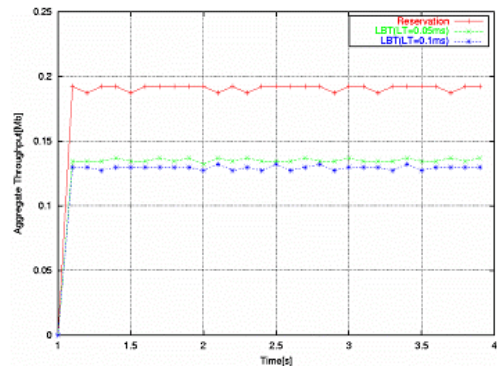
외부 장치는 제어 채널에서 지속적으로 beacon 프

레이를 전송해야 하지만 시뮬레이션에서는 내부 장치의 데이터를 수신하기 위하여 beacon 프레임을 전송한 후에는 수신 모드로 전환하여 내부 장치로부터 데이터를 수신한다.

LBT 시뮬레이션에서 내부 장치는 데이터를 전송하기 전에 센싱 과정을 통하여 채널의 사용여부를 파악하고 데이터를 전송한다. 시뮬레이션에서 내부 장치는 각각의 채널에서 센싱 과정을 통하여 통신한다.

그림 9는 다중채널 환경에서 예약 방식과 LBT의 성능을 비교 분석한 결과를 보여준다. 예약 방식의 경우 내부 장치가 제어 채널을 모니터링 하는 구간이 존재하지만 채널 할당 후 두 내부 장치는 간섭 없이 각 채널에서 독립적인 데이터 전송을 수행한다. 하나의 채널을 사용하는 경우 서로의 시간 구간이 서로에게 overhead로 작용하였지만 다중채널의 경우 두 내부 장치간의 독립성이 보장된다.

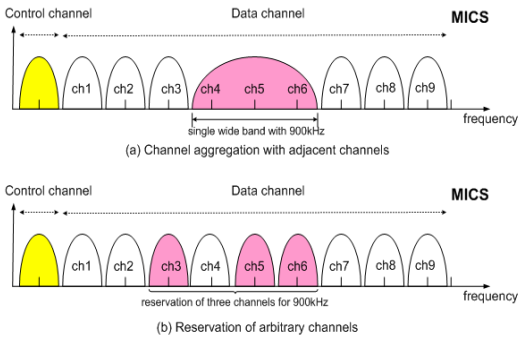
LBT는 내부 장치가 센싱 과정을 통하여 서로 다른 채널을 차지하기 때문에 하나의 채널 환경보다 간섭의 영향이 줄어든다. 그러나 센싱 과정은 가장 큰 overhead로 존재한다. 데이터를 전송할 때마다 listening 과정을 수행하는 LBT의 성능은 listening time에 큰 영향을 받는다. 채널이 idle 상태를 유지해야 하는 listening time이 길어질수록 채널의 효율성과 성능은 낮아진다. 그러나 listening time이 너무 짧은 경우에는 충돌의 가능성이 높아진다. 시뮬레이션을 통하여 listening time으로 인한 영향을 비교하였다. 시뮬레이션에서는 예약 방식과의 성능 비교를 용이하게 하기 위해 0.1ms와 0.5ms의 listening time을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다.



(그림 9) 다중 채널에서의 예약 방식과 LBT 성능 비교

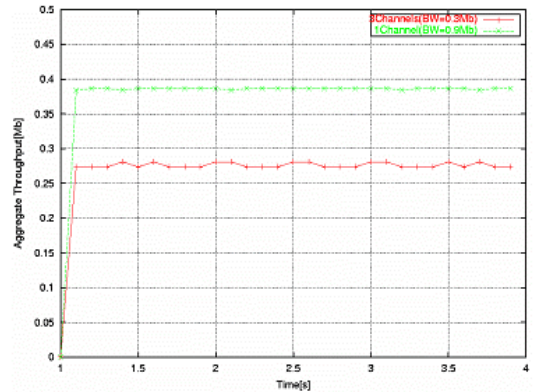


이웃한 여러 개의 채널을 예약하여 하나의 넓은 대역폭을 가진 채널로 사용하는 경우에 대한 성능 분석을 수행하였다(그림 10). 장치 간에 동일한 대역폭을 확보하기 위해 여러 개의 채널을 예약하더라도 채널의 배열에 따라 전송 성능에 영향을 미친다. MICS 채널과 같이 좁은 대역폭을 가지는 경우 전송 가능한 데이터가 제한된다. 시뮬레이션 시나리오와 같이 두 경우 모두 세 개의 채널을 예약하여 두 장치 간에 동일하게 900KHz의 링크의 형성되었다. 이웃한 채널이 예약되어 하나의 900KHz 링크가 형성된 경우 900KHz를 요구하는 데이터의 전송이 가능하다. 그러나 300KHz 채널 하나와 동떨어져서 이웃한 2개의 채널을 이용하여 600KHz의 채널을 이용하여 링크를 생성하는 경우 두 장치 간에는 600KHz를 요구하는 데이터까지만 전송이 가능하다. 이로 인하여 전송 가능한 데이터의 종류가 제한된다.



(그림 10) 채널 결합 시뮬레이션 시나리오

그림 11의 시뮬레이션 결과는 아래와 같다. 이웃한 여러 개의 채널을 예약하여 대역폭이 넓은 링크를 형성한 경우 더 높은 성능을 보여준다. 장치 간에 전송되는 데이터가 300KHz 보다 작은 경우 두 시나리오의 성능 차이는 줄어들는다. 그러나 여러 개의 채널을 이용하여 대용량의 데이터를 전송하는 경우 성능의 차이가 커지게 된다.



(그림 11) 채널 결합 성능 검증

## 5. 결론

WBAN은 국제표준화단체인 IEEE에서 전파의 도달 거리를 기준으로 하여 인체의 내부 및 외부 약 3m 이내에 장착되는 장치들을 무선 네트워크로 연결하여 기기간의 상호 통신을 하며, 용도에 따라 수 Kbps~수십 Mbps를 전송하는 새로운 전송 방식으로 정의하고 있다.

WBAN 기술의 응용 분야로 고려하고 있는 의료용과 인체 내부 영역의 응용은 다른 네트워크에서는 크게 고려되지 않았으므로, 이에 적합한 새로운 요구사항을 만족하기 위한 기술이 필요하다. MICS는 402~405MHz 주파수 대역에서 작동하는 MICS 시스템 간에 또는 MICS 시스템과 주 사용자(기상 서비스)간에 잠재적인 간섭 가능성을 현저하게 감소시키기 위해 고안된 스펙트럼 모니터링 및 접근 요구사항인 LBT(Listen Before Talk) 프로토콜이 포함되어 있다. 즉, 간섭을 최소화하여 환자의 안전에 있어서 중요한 신뢰성 확보가 가능한 통신 링크가 보장된다. MICS 대역은 국제전기통신연합(ITU) 보고서 및 권고안을 통해 국제적으로 승인된 주파수 대역으로 대역의 주 사용자 및 기타 사용자들에 대한 간섭을 예방할 수 있는 LBT 프로토콜과 주파수 가변기능을 사용할 것을 권장하고 있다.

MICS의 LBT와 AFA 기술은 MICS 주파수 대역에서 MICS 시스템간의 채널 관리에도 적용된다. 데이터

를 전송하려는 송신 디바이스는 10개의 채널을 가운데 사용되지 않는 채널을 선택하여 데이터 전송을 시작한다. MICS 통신의 경우 duty cycle이 작기 때문에, LBT를 이용하여 MICS시스템 간의 간섭을 감소시킬 수 있다. 그러나 중요한 데이터를 충돌 없이 보내거나, 긴급한 데이터와 실시간 데이터를 전송하는 경우에 자원의 확보가 불안정적인 LBT는 적합하지 않다.

본 연구에서는 채널 예약을 통해 IEEE 802.15.6 WBAN에서 요구하는 신뢰성 있는 통신을 보장하는 방안에 대한 연구를 수행하였다. WBAN에서 고려하고 있는 LBT를 통해서도 간섭의 가능성을 낮춰 어느 정도의 신뢰성을 보장할 수 있지만, 고신뢰도를 요구하는 경우 제안된 MAC protocol이 더욱 안정적인 성능을 보장할 수 있다. 또한 LBT의 listening 과정으로 인해 발생하는 overhead의 감소를 통하여 성능의 개선을 가져올 수 있다.

또한 이웃한 여러 개의 채널을 예약하여 넓은 대역폭을 형성하는 채널 결합 방안은 300KHz의 대역폭으로 인한 제한적인 데이터 전송을 개선하고, 대역폭의 동적 할당을 통해 채널의 효율성을 향상시켰다.

## 참고 문헌

- [1] 강성욱, 김재윤, "유헬스(u-Health) 시대의 도래", CEO Information 602호, 삼성경제연구소, 2007년 5월
- [2] 정보통신부, u-헬스/센서 주파수 검토반, "u-Health 및 센서 주파수 이용 전망", 2007년 6월
- [3] 백상현, "WBAN 연구 이슈," OSIA Standards and Technology Review, 46 쪽, 2007년 제 3호, 제 29권
- [4] 김은교, 손진호, "WBAN을 위한 MAC 프로토콜 기술 동향 및 과제", 한국통신학회지(정보와 통신), 25(2), pp. 26-31, 2008년 2월
- [5] 장병준, 최선웅, "Wireless Body Area Network 기술 동향", 전자파기술, pp. 35~46, 2008년 5월
- [6] J. Bai, Y. Zhang, D. Shen, L. Wen, C. Ding, Z. Cui, F. Tian, B. Yu, B. Dai, and J. Zhang, "A Portable ECG and blood pressure telemonitoring system", IEEE Engineering in Medicine and Biology, vol.18, no. 4, pp. 63-70, 1999
- [7] 이성협, 윤양문, 김도현, "IEEE 802.15.6 중심의 WBAN 국내외 표준화동향", 한국통신학회지 25권 2호, 2008년 2월
- [8] 이형수, "WBAN 주파수 분배동향 및 주파수 대역 제안", 한국통신학회지(정보와 통신), 25(2), pp. 6-10, 2008년 2월
- [9] 구재일, 안준오, "MICS 주파수 및 기술기준", 주간 기술동향 1326호 2007년 12월
- [10] IEEE 802.15-08-0053-01-0006, "The MAC Protocol Requirements for BAN", Maulin Patel, Philips
- [12] ITU-R SA.1346 Sharing between the Meteorological Aids Service and Medical Implant Communication Systems (MICS) Operating in the Mobile Service in the Frequency 401-406 MHz, ITU-R, Jan. 1998.
- [12] The CMU Monarch Project, "Wireless and mobile extension to ns," Snapshot Release 1.1.1, Carnegie Mellon University, Aug. 5, 1999.
- [13] R. Mangharam and M. Demirhan, "Performance and simulation analysis of 802.15.3 QoS," IEEE 802.15-02/297r1, Jul. 2002

● 저 자 소 개 ●



**이 왕 중**

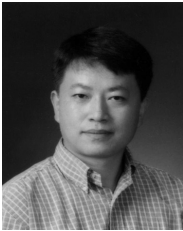
2003년 광운대학교 전자공학부 (공학사)

2005년 광운대학교 대학원 전파공학과(공학석사)

2005~현재 광운대학교 전파공학과 박사 과정

관심분야 : 무선네트워크(WLAN, WPAN, WBAN)

E-mail : woorihope@kw.ac.kr



**이 승 형**

1988년 연세대학교 전자공학과(공학사)

1990년 연세대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1999년 The University of Texas at Austin (공학박사)

2000~현재 광운대학 전파공학과 교수

관심분야 : 무선네트워크(WBAN, WPAN, WLAN, WSN)

E-mail : rhee@kw.ac.kr