

# 무선 BAN을 위한 다중채널 액세스 관리기법

이왕중, 이승형  
광운대학교 전파공학과  
e-mail:{woorihope, rhee}@kw.ac.kr

## Multi-channel Access Control for Wireless Body Area Networks

Wangjong Lee, Seung Hyong Rhee  
Dept of Wireless Communication Engineering, Kwangwoon University

### 요 약

무선 BAN은 인체를 중심으로 3m 이내에서 이루어지는 통신을 위한 기술이다. 무선 BAN은 인체 내·외부에서 의료용 서비스를 위하여 여러 개의 채널로 구성된 MICS(Medical Implanted Communication Service) 주파수 대역을 사용한다. MICS는 다중 채널 환경에서 LBT(Listen Before Talk)와 AFA(Adaptive Frequency Agile)을 사용하여 장치간의 간섭을 최소화한다. 경쟁기반의 LBT와 AFA는 데이터 전송의 안정성을 보장하지 못할 뿐만 아니라 채널 홉핑(Hopping)으로 인한 전력 소비를 야기한다. 본 논문에서는 의료용 데이터의 주기적인 특성과 전송 안정성을 고려하여 예약 기법의 채널 액세스 관리 기법을 제안한다. 여러 채널 가운데 하나의 채널을 제어 채널로 설정하고 나머지는 데이터 전송을 위한 채널로 설정한다. 코드데이터는 제어 채널에서 beacon을 전송하여 디바이스에게 데이터 채널을 할당한다. 예약방식을 통하여 채널 할당의 안정성을 확보할 뿐만 아니라 디바이스의 요구 사항에 따라 채널을 유동적으로 결합함으로써 채널의 효율성을 개선한다. 또한 제어 채널 관리 방안을 통하여 LBT 장치와 상호 운용성을 확보하고, 시뮬레이션을 통하여 예약방식의 채널 관리 방안의 효율성을 검증한다.

### 1. 서론

의료용 응용 기술과 무선 통신 기술이 융합되면서 인체를 중심으로 근거리에서 이루어지는 무선 BAN(Body Area Network) 기술이 주목을 받고 있다. IEEE 802.15.6 task group에서 무선 BAN을 위한 MAC(Medium Access Control)과 PHY(Physical) 계층을 위한 표준화 활동이 진행되고 있다. 무선 BAN 기술은 다양한 응용 분야를 고려하고 있다. 사용 목적에 따라 의료용과 비의료용으로 구분되고, 적용 범위에 따라 인체 내부 통신과 인체 외부 통신으로 분류된다. 특히 인체 내부 통신은 다른 네트워크 기술에서는 고려하지 않던 응용 분야로, 인체 내부의 특성을 고려한 새로운 기술이 필요하다. 또한 인체를 중심으로 3m의 근접 거리에서 무선 전송이 이루어지므로 전파가 인체에 미치는 영향(SAR, Specific Absorption Rate)에 대해서도 고려되어야 한다. 무선 BAN은 다양한 응용 분야와 인체 내·외부라는 독특한 네트워크 상황을 반영하여, 현재 의료용으로 사용되고 있는 MICS(Medical Implanted Communication Service) 주파수 대역과 2.4GHz ISM 주파수대역, 이외에도 UWB 주파수 대역의 사용에 대한 논의가 진행되고 있다.

본 논문은 무선 BAN의 다중채널 환경에서 디바이스의 채널 액세스를 효율적으로 관리하기 위한 방안을 제안한다. 2장에서는 무선 BAN의 표준화에서 제안하고 있는 기술적

요구 사항을 바탕으로 무선 BAN 기술에 대해서 살펴보고, 본 연구를 수행한 배경에 대해서 기술한다. 3장에서는 무선 BAN의 다중채널 환경에서 채널을 효율적으로 관리하기 위한 예약방식의 채널 제어 기법에 대해서 기술한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통하여 다중채널 관리 기법의 효율성을 검증하고 논문을 맺는다.

### 2. 무선 BAN (Wireless Body Area Network)

IEEE 802.15.6 task group를 중심으로 표준화가 진행되고 있는 무선 BAN 기술은 인체를 중심으로 3m의 범위에 위치한 장치간의 무선 통신을 위한 기술이다. 인체 내·외부의 3m 이내에 위치한 장치는 응용 분야에 따라 수 kbps~10 Mbps의 속도로 데이터를 전송한다. 무선 BAN의 응용 분야는 인체 내부 통신과 외부 통신으로 분류하고 있다. 이는 인체 내부의 전파 특성과 전파가 인체에 미치는 영향을 고려해야 하기 때문이다. 인체 외부 통신에서는 다양한 서비스를 지원하기 위한 위해 1 kbps~10Mbps까지 다양한 전송률을 지원해야 한다. 이러한 통신 환경을 만족시키기 위해 무선 BAN은 다양한 주파수 대역을 고려하고 있다. 무선 BAN의 대표적인 기술적 요구사항은 <표 1>과 같다.

무선 BAN의 통신 환경은 인체 내부의 이식형 장치 간의 통신, 인체 내부와 외부 장치간의 통신, 인체 외부 장

&lt;표 1&gt; 무선 BAN의 기술적 요구사항

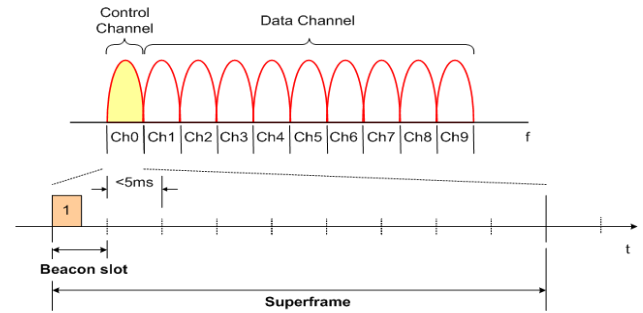
특성	기술적 요구사항
전송율	1 kbps ~ 10 Mbps
전송거리	3m 이내(optional 5m)
네트워크 토폴로지	Multi-hop 지원
채널액세스	LBT(Listen Before Talk) / AFA(Adaptive Frequency Agile)
Duty cycle	0.1 ~ 100%
안정성	SAR(Specific Absorption Ratio)
위치정보	수cm 이내
주파수 대역	MICS, UWB, ISM

치 간의 통신으로 구분할 수 있다. 세 경우 모두 인체와 근접한 환경에서 통신이 이루어지므로 인체에 의한 전파 감쇄 현상이 발생한다. 특히 인체 내부에 이식된 장치가 통신을 하는 경우, 기존 무선 네트워크와 달리 인체라는 전송 매체를 통해 통신이 이루어진다. 인체의 경우 개인의 신체 특성과 움직임에 따라 전파 감쇄 정도가 변화하므로 여러 가지 상황을 고려해야 한다. 무선 BAN의 의료용 응용 분야는 전파에 대한 인체의 안정성을 고려하여 국제적으로 승인받은 402~405MHz 대역의 MICS 주파수를 고려하고 있다. 이 400MHz 주파수 대역은 이미 기상원조서비스(Metads, Meteorological Aids Service)를 위하여 사용되는 주파수 대역이므로 두 사용자 간의 간섭을 고려해야 한다. ITU-R은 권고문을 통하여 최대 전력을 25uW로 제한하고, LBT(Listen Before Talk)와 AFA(Adaptive Frequency Agile) 기법을 이용하고 두 사용자 간의 간섭과 MICS 장치간의 간섭을 방지할 것을 권고하고 있다 (ITU-R SA.1346).

다중 채널을 지원하는 MICS는 LBT를 이용하여 채널 사용자간의 충돌을 방지한다. 데이터를 전송하고자 하는 장치는 채널을 하나씩 순차적으로 listening하는 과정을 거쳐 채널의 점유 여부를 결정한다. LBT의 경쟁과정은 장치간의 충돌을 예방하지만, 장치의 지속적인 채널 점유를 보장하지 못하기 때문에 안정적인 데이터 전송을 보장할 수 없고 데이터의 지연이 발생한다. 무선 BAN의 의료 분야 응용에서 데이터는 일정한 패턴으로 주기적이고 안정적으로 전송되어야 한다. 데이터 전송 시마다 수행되는 listening 과정은 데이터 전송이 증가할수록 더 많이 수행된다. 이는 안정적인 데이터 전송을 보장하지 못하고 불필요한 전력 소비를 발생시킨다. 무선 BAN의 서비스 모델의 요구 사항인 안정성과 저전력을 충족시키기 위한 액세스 제어 기술에 대한 연구가 필요하다.

### 3. 효율적인 다중채널 액세스 기법

본 논문에서는 MICS 주파수 대역의 다중채널 환경에서 효율적으로 채널을 관리하기 위한 다중채널 액세스 기법을 제안한다. 다중채널로 통신이 이루어지는 경우 하나의 채널



(그림 1) Superframe 구조

을 사용하는 것보다 채널의 효율성을 개선할 수 있다. 이를 위하여 주어진 여러 개의 채널을 효율적으로 할당하기 위한 채널 액세스 기술이 필요하다. 본 논문에서는 예약 방식을 기반으로 하는 다중채널 액세스 기법을 제안한다.

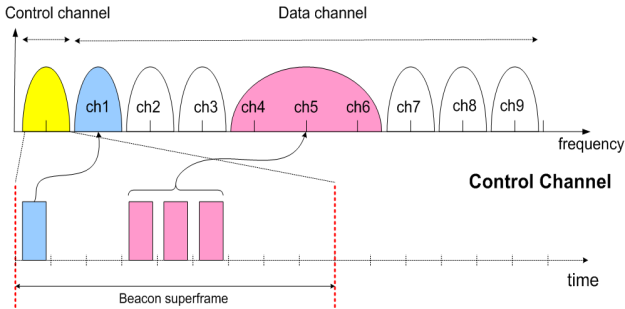
### 3.1 다중채널 할당

현재 MICS가 사용하는 402~405MHz 주파수 대역은 300KHz의 대역폭을 가지는 10개의 채널로 구성된다. 10개의 채널 가운데 하나의 채널은 코디네이터가 채널 예약 정보를 전달하기 위한 제어 채널로 사용된다. 나머지 9개의 채널에서는 데이터 전송이 이루어진다(그림 2). 제어 채널은 각 데이터 채널에 대한 예약 정보를 실은 beacon을 전송하기 위하여 9개의 beacon 슬롯으로 이루어진 superframe으로 구성된다. 코디네이터는 각 beacon 슬롯에서 1개의 beacon을 전송한다(그림 2). 제어 채널을 통하여 디바이스와 할당하는 데이터 채널에 대한 정보를 실은 beacon을 전송함으로써, 디바이스는 하나의 superframe 구간동안 제어 채널을 listening 하는 과정을 통하여 전체 데이터 채널의 할당 정보를 얻을 수 있다.

제어 채널은 기상원조서비스나 LBT를 사용하는 장치와의 상호 운용성(Coexistence)을 위하여 유동적으로 설정된다. 제어 채널을 설정하고자 하는 코디네이터는 MICS 채널을 scanning하여 사용하지 않는 채널 중 하나를 제어 채널로 설정하여 사용한다. 기상원조서비스가 제어 채널을 사용하고자 하는 경우 scanning 과정을 통하여 사용되지 않는 다른 채널을 제어 채널로 재설정하여 사용한다.

### 3.2 동적 채널결합

MICS의 각 채널은 300KHz의 대역폭을 가진다. 300KHz로 제한된 채널을 통하여 무선 링크를 형성한 경우 전송 가능한 데이터가 300KHz 이하의 대역폭을 요구하는 데이터로 제한된다. 넓은 대역폭이 필요한 경우 코디네이터는 이웃한 여러 개의 beacon 슬롯동안 동일한 디바이스에게 beacon을 전송한다. 전송되는 beacon은 데이터를 전송할 디바이스 정보와 디바이스에게 할당할 이웃한 채널 정보를 포함하고 있다. 코디네이터는 이웃한 여러 개

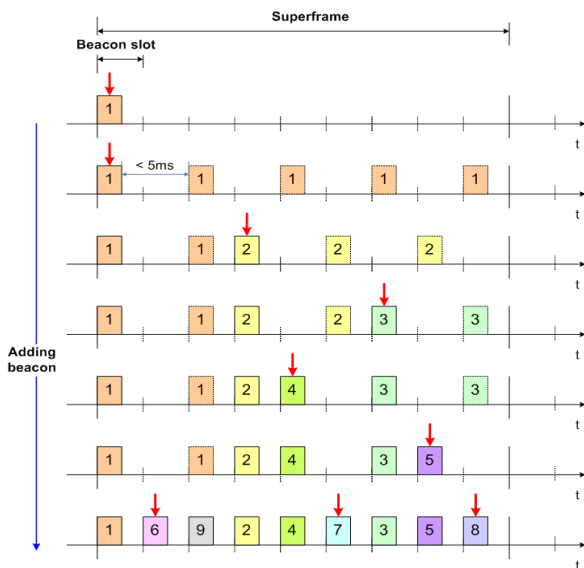


(그림 2) 채널결합

의 채널을 할당함으로써 디바이스는 이웃한 여러 개의 채널을 결합하여 확장된 대역폭을 가지는 하나의 무선 링크를 형성할 수 있다. 코디네이터는 제어 채널을 통해 결합한 채널 개수만큼의 beacon을 전송하므로 제어 채널을 listening하는 다른 디바이스가 몇 개의 데이터 채널이 사용되고 있는지를 파악하는 것이 가능하도록 한다. 이러한 채널 결합은 응용 분야의 요구사항에 따라 다양한 대역폭을 가지는 무선 링크를 형성하여 응용 분야의 요구를 충족시킬 뿐만 아니라, 동적인 결합 과정을 통해 불필요하게 넓은 대역폭이 할당되는 것을 예방한다. 이러한 결합은 채널의 효율성을 향상시키고 전송 성능을 향상시킨다.

### 3.3 제어 채널 관리 방안

제안하는 예약 기반의 다중채널 액세스 기법에서는 채널의 효율적인 관리를 위하여 제어 채널을 통하여 beacon을 전송한다. 디바이스는 이러한 beacon을 통하여 채널 할당 정보를 획득한다. 그러므로 제어 채널을 통한 지속적인 beacon 전송은 예약 기반의 다중채널 액세스 기법에서 중요하다. 그러나 무선 BAN에서 제안하고 있는 경쟁기반의 LBT는 5ms동안 채널이 idle 상태로 있는 경우 채널을



(그림 3) 상호 운용성을 위한 Beacon Repeat

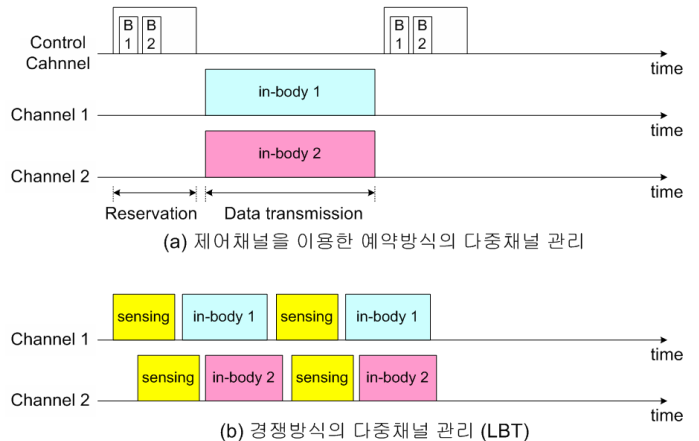
<표 2> 시뮬레이션 환경

환경 변수	설정 값
채널의 수	10 개
채널 대역폭	300KHz
플로우의 수	2개
패킷 크기	10 bytes
트래픽 타입	CBR
Listening Time (at LBT)	0.1 ms / 0.5 ms
에러율	0%
시뮬레이션 시간	4 s

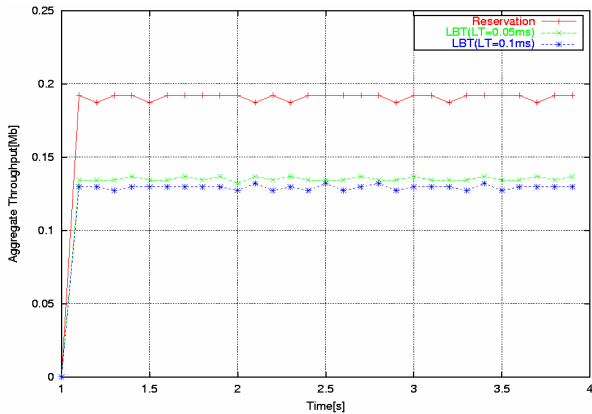
점유하여 사용한다. 제어 채널에서 이웃한 여러 개의 beacon 슬롯동안 beacon이 전송되지 않는 경우 LBT를 사용하는 디바이스가 제어 채널을 점유하는 경우가 발생할 수 있다. LBT를 사용하는 장치가 제어 채널을 점유하는 것을 막기 위하여 코디네이터는 데이터 채널을 예약하기 위한 beacon을 전송 후, 다음 beacon 슬롯에서 beacon의 전송 여부를 파악한다. 자신이 beacon을 전송한 이후 두 번째 beacon 슬롯에서 beacon 전송이 이루어지지 않는 경우 자신이 전송한 beacon을 복사하여 전송한다. 이러한 과정을 통하여 두 개의 연속된 beacon 슬롯 동안 제어 채널이 비어 LBT의 listening time 동안 채널이 idle 상태에 머무는 것을 예방한다. 다른 데이터 채널을 예약하기 위한 beacon은 복사된 beacon이 전송되지 않고 비어 있는 beacon 슬롯 가운데 하나를 통해서 전송이 시작한다. 코디네이터는 새로운 beacon이 전송 이후로는 이전 beacon의 복사본 전송 대신에 새로운 beacon을 복사하여 위와 같은 과정을 수행한다(그림 4).

### 4. 시뮬레이션

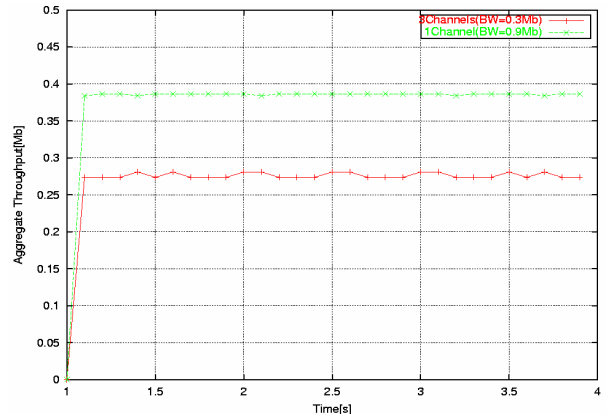
예약 방식의 다중채널 액세스 기법과 채널 결합의 효율성 검증을 위하여 ns-2를 이용한 시뮬레이션을 수행하였다. ns-2의 IEEE 802.15.3 WPAN 시뮬레이션 모듈을 기반으로 다중채널 환경에서의 성능 향상을 검증하였다. 시뮬레이션 환경은 <표 2>와 같다.



(그림 4) 다중채널 시뮬레이션 시나리오



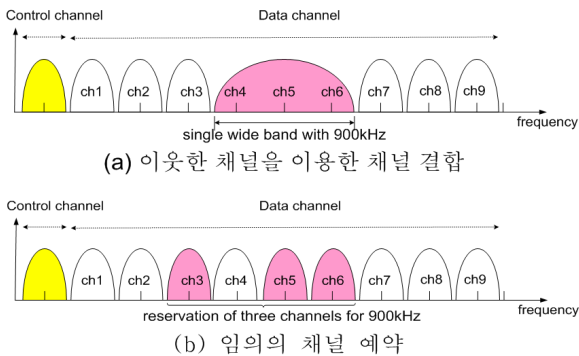
(그림 5) 다중채널 관리 방식의 성능 비교



(그림 7) 채널결합 시뮬레이션 결과

예약 방식의 다중채널 액세스 기법과 경쟁 방식의 LBT의 성능비교를 위해 그림 5와 같은 시나리오의 시뮬레이션을 수행하였다. 예약 방식에서는 1개의 제어 채널을 통하여 beacon을 전송하고 beacon을 통해 할당받은 채널에서 데이터를 전송한다. 경쟁방식에서는 데이터 전송 이전에 매번 센싱 과정을 수행한다. 매 전송마다 수행되는 센싱 과정은 오버헤드로 작용하여 성능을 현저히 감소시킨다(그림 5). Listening time을 감소하여 성능을 개선하는 것이 가능하지만 listening time이 너무 짧은 경우에는 충돌 가능성이 증가하여 오히려 성능의 저하를 야기할 수 있다.

채널 결합의 효율성 검증을 위하여 그림 6과 같은 시뮬레이션을 수행하였다. 두 경우 모두 코디네이터와 디바이스 간에 900kHz의 무선 링크가 형성된다. 이웃한 채널을 결합하는 경우 900kHz의 대역폭을 가지는 하나의 무선 링크를 형성할 수 있다. 그러나 이웃한 채널을 할당받지 못하는 경우에는 300kHz 채널과 600kHz 채널을 할당되어 채널 결합을 통한 무선 링크의 대역폭 확장을 가져올 수 없다. 디바이스가 전송하는 데이터가 300kHz 보다 적은 대역폭을 필요로 하는 경우 두 시나리오의 성능 차이는 줄어든다. 그러나 300kHz 이상의 대역폭을 필요로 하는 다양한 크기의 데이터를 전송하는 경우, 채널 결합을 통하여 넓은 대역폭의 무선 링크를 형성하여 전송 실패 확률이 감소시킬 수 있다(그림 7).



(그림 6) 채널결합 시뮬레이션 시나리오

5. 결론

무선 BAN에서는 기상원조서비스와 MICS 디바이스간의 간섭을 최소화하기 위하여 경쟁 기반의 LBT와 AFA를 사용한 다중채널 액세스를 제안하고 있다. 그러나 데이터 전송 시마다 수행되는 LBT의 센싱 과정은 불필요한 idle 구간을 생성하여 성능과 채널의 효율성을 감소시킨다. 또한 경쟁을 통한 채널 획득 과정은 전송 지연을 야기한다. 일정한 패턴으로 주기적인 전송이 이루어지는 의료용 데이터의 경우 예약 방식의 채널 액세스를 통하여 통신의 안정성을 보장받을 수 있다. 또한 채널 결합을 통한 다양한 대역폭의 무선 링크 형성 과정은 여러 응용에서 요구하는 다양한 대역폭의 무선 링크를 제공할 수 있다.

예약 기반 방식의 채널 액세스에서 채널 예약 정보를 전송하는 제어 채널 관리를 위한 beacon repeat 기법은 LBT 디바이스가 제어 채널을 점유하는 것을 방지할 뿐만 아니라 무선 BAN 표준에서 제안하고 있는 LBT 기법과의 backward compatibility를 제공한다.

참고문헌

- [1] 이성협, 윤양문, 김도현, "IEEE 802.15.6 중심의 WBAN 국내외 표준화 동향," 한국통신학회지, 제25권, 제2호, pp.11-17, 2008년 2월.
- [2] 최영우, 김유진, 이형수, 김재영, "IT/BT 융합분야에서의 WBAN 개발 동향," 주간기술동향, 제1361호, pp.28-35, 2008년 8월.
- [3] 장병준, 최선웅, "Wireless Body Area Network 기술 동향," 한국전자과학회지, 제19권, 제3호, pp.35-46, 2008년 5월.
- [4] 구재일, 안준오, "MICS 주파수 및 기술 기준," 주간기술동향, 제1326호, pp.1-13, 2007년 12월.
- [5] TG6 Closing Report for the Session in January 2009, IEEE 802.15-09-0087-00-0006, January 2009.
- [6] Wangjong Lee, Seung Hyong Rhee, Youjin Kim and Hyungsoo Lee, "An Efficient Multi-channel Management Protocol for Wireless Body Area Networks," in Proc. on The International Conference on Information Networking, Jan. 2009