

Wireless Body Area Network 기술 동향

장 병 준 · 최 선 응

국민대학교
전자정보통신공학부

요 약

전 세계적으로 u-Health 서비스에 대한 관심이 증가함에 따라 무선 기술 측면에서 u-Health의 핵심 기술인 WBAN에 대한 연구 또한 활발히 진행되고 있다. 최근 IEEE에서는 WBAN에 대한 표준화를 활발히 진행 중에 있으며, 주파수 배분 측면에서는 전 세계적으로 402~405 MHz 대역이 WBAN용 주파수로 할당되고 있다. 본 고에서는 WBAN의 최근 기술 동향을 살펴보기 위해 먼저 WBAN 서비스를 위해 현재 고려되고 있는 다양한 주파수 대역과 전파전파 특성을 살펴보고, 다음으로 WBAN의 최신 표준화 동향에 대해 살펴본다. 마지막으로 WBAN의 적용에 및 주요 기술적인 이슈에 대해 살펴보고자 한다.

I. 서 론

최근 u-헬스(u-Health) 및 IT-BT 융합 기술의 발달로 무선을 이용한 WBAN(Wireless Body Area Network) 시스템에 대한 관심이 높아지고 있다. WBAN은 인체를 기준으로 하여 인체 내부 및 인체로부터 3미터 이내의 무선통신 시스템을 의미한다. 즉, 인체 내에 이식된 의료 장치나 사람이 착용하는 옷이나 인체에 부착된 여러 디바이스를 상호 연결하는 새로운 유형의 무선 통신 기술이다^[1].

WBAN은 인체 내부에 이식하기 위한 극소형의 센서 등 나노 기술, 소형 무선기기 간의 통신 및 네트워킹 기술 및 u-Health를 위한 응용 서비스 기술을 아우르는 복합적 융합 기술에 해당한다. 응용 측면

에서 보면 WBAN은 MP3 플레이어와 헤드셋 등의 무선을 연결하여 다양한 미디어 정보를 즐길 수 있는 비의료(non-medical) 분야와 심전도, 근전도 등의 사람의 생체 신호를 측정하여 무선으로 데이터를 전송하여 진료를 행할 수 있는 의료(medical) 분야로 구분될 수 있다. 의료 분야에서는 WBAN을 이용하면 바이오 센서의 정보를 수집하여 질병을 사전 검진할 수 있으며, 당뇨나 심장 질환 등 만성적인 환자나 노약자에 대해 장기적인 건강 상태를 감지하거나 돌발적인 위급 상황을 사전에 대처하게 할 수 있다. 그리고 비의료 분야에서는 운동이나 훈련 시 몸 상태 관련 정보를 수집하거나 분석하고, 인체를 중심으로 다양한 정보 기기와 외부 네트워크 간의 통신과 신체 주위 컴퓨터나 기기간을 연결하는데 이용할 수 있다.

본 고에서는 이러한 WBAN 시스템의 연구 동향 및 표준화 동향을 살펴보고, 향후 기술의 발전 추세를 논하여 WBAN 시스템이 상용화되기 위한 요구 사항을 기술적인 측면에서 논하고자 한다.

II. u-Health와 WBAN 기술

전 세계적으로 정보 통신 기술을 의료 서비스에 접목하는 u-Health 서비스에 대한 관심도가 높아지고 있다. u-Health 서비스는 일상 생활에서 유무선 네트워크를 활용하여 “언제, 어디서나” 이용 가능한 건강 관리 및 의료 서비스를 제공하는 것을 지칭하며, 기술의 범주에 따라 분류하면 병원 서비스의 이용 편리성 및 관리 효율성을 높이는 ‘u-Hospital 서비스’, 노인 및 만성질환자 중심의 ‘홈&모바일 헬스케어

서비스', 일반인의 건강 유지 및 향상에 초점을 둔 '웰니스 서비스'의 3가지로 나누어질 수 있다^{[2]~[5]}.

이러한 서비스 중에서 u-Hospital 서비스의 경우, 기존 IT 기술을 활용하면 현재의 기술로도 실현이 어느 정도 가능하며, 국내에서도 연세대 병원, 고려대 병원 등 대형 병원을 중심으로 활성화되고 있다. 홈 & 모바일 헬스 케어 및 웰니스 서비스의 경우 개인의 생체 신호 및 의료 정보의 측정 및 전송, 분석 및 피드백의 과정이 필수적으로 포함되는데, 이를 위한 핵심 기술이 WBAN 기술이다. [그림 1]은 u-Health 서비스 내에서 WBAN 기술이 차지하는 위치를 보여준다. WBAN 기술이 없다면 u-Health 서비스를 이용하려는 사용자는 생체 신호를 모니터링하기 위하여 몸에 센서를 부착하거나, 센서 기능이 내장된 입을 컴퓨터를 착용하여야 한다. 게다가 인체 내부에 이식(implant)되는 장치를 제어하기 위해서는 현재와 같이 병원을 내방하여 진단을 받아야만 한다. 하지만 WBAN, 특히 무선 기술이 적용된 WBAN 기술의 경우 생체 신호를 자동으로 원격 계측하여 휴대폰을 통해 네트워크에 접속할 수 있으므로, 진정한 u-Health 서비스가 가능하게 된다^[6].

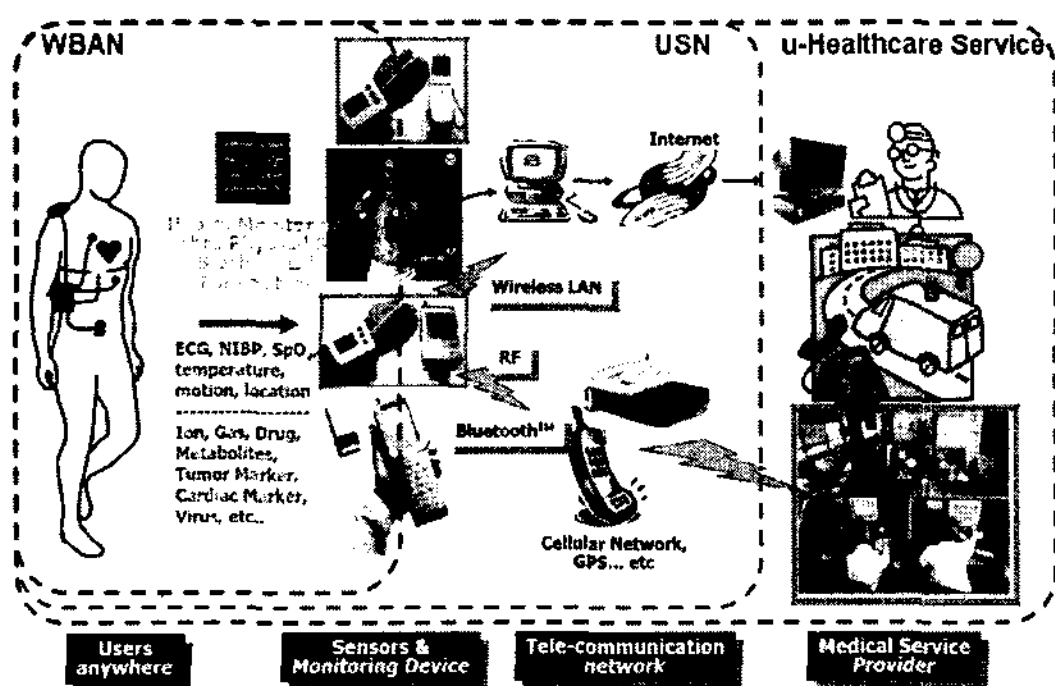
WBAN 기술을 자세히 살펴보기 위하여 현재 논의되고 있는 WBAN의 정의를 살펴보면 다음과 같다. WBAN은 국제표준화단체인 IEEE에서 전파의 도달

거리를 기준으로 하여 인체의 내부 및 외부 약 3미터 이내에 장착되는 장치들을 무선 네트워크로 연결하여 기기간의 상호 통신을 하며, 용도에 따라 수 kbps~수십 Mbps를 전송하는 새로운 전송 방식으로 정의하고 있다^[7].

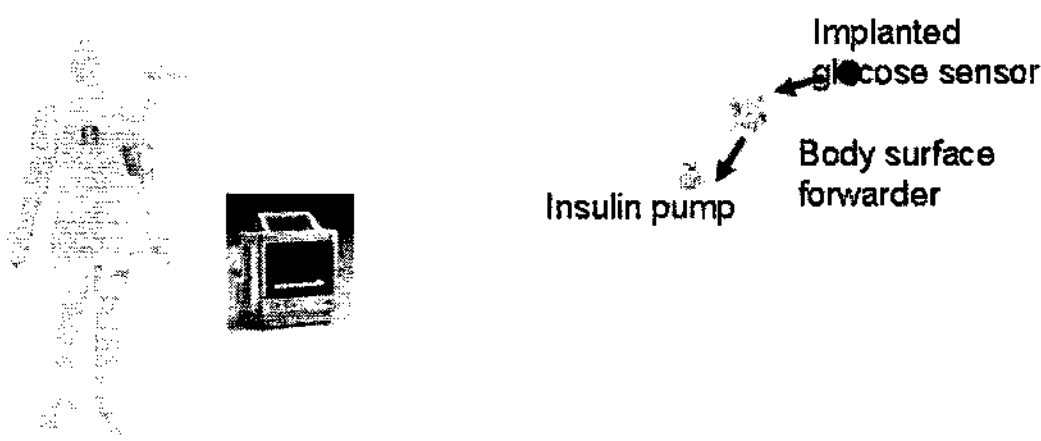
또한, WBAN은 용도에 따라 의료용과 비의료용으로 구분할 수 있다. 이렇게 구분되는 이유는 인체 내부의 특이한 전파 특성과 전파에 대한 인체의 안전성이 요구되기 때문이다. 즉, 인체 내부에는 물과 섬유질, 뼈와 같은 다양한 성분으로 구성되어 있으며, 공기 중보다 전파의 감쇄가 30~50 dB 이상 더 크므로 손실이 적은 주파수 대역의 선정이 매우 중요하기 때문이다. 또한, 이러한 인체 내부 장치들은 생명의 안전을 다루는 중요한 기기이기 때문에, 대부분의 나라에서는 전용으로 사용 가능한 의료용 무선 주파수 대역이 할당되어 있으며, 그 출력 또한 인체에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 매우 낮은 값으로 제한된다.

의료용 WBAN의 경우, 크게 몸에 부착된 노드간의 네트워크인 Wearable BAN과 인체 내에 이식되는 이식형 노드 간의 네트워크인 Implant BAN으로 분류할 수 있으며, 이를 채널 별로 분류하면 [그림 2](c)와 같다. 그림에서 (I)과 (II) 사이의 네트워크는 비이식형(Non-implant) 장치 간의 네트워크이므로 Wearable BAN에 해당하며, 현재까지 많은 연구가 진행되어 왔다. Implant BAN은 그림에서 (III)과 (IV)의 이식형(Implant) 노드간의 네트워크를 의미한다. Implant BAN의 가상적인 시나리오가 [그림 2](b)에 나타나 있다. 그림에서처럼 이식형 혈당 센서에 의해 자동으로 혈당을 체크하고, 이를 WBAN을 통해 Insulin pump까지 연결하여 자동으로 혈당을 조절하는 예를 보여준다.

<표 1>은 WBAN의 채널별 주요 특성을 나타낸다. 인체 내부의 통신의 경우 안정성 및 데이터의 QoS (Quality of Service)가 매우 높으며, 배터리의 수명이 매우 중요하여 초저전력 특성을 요구하는 반면에 인

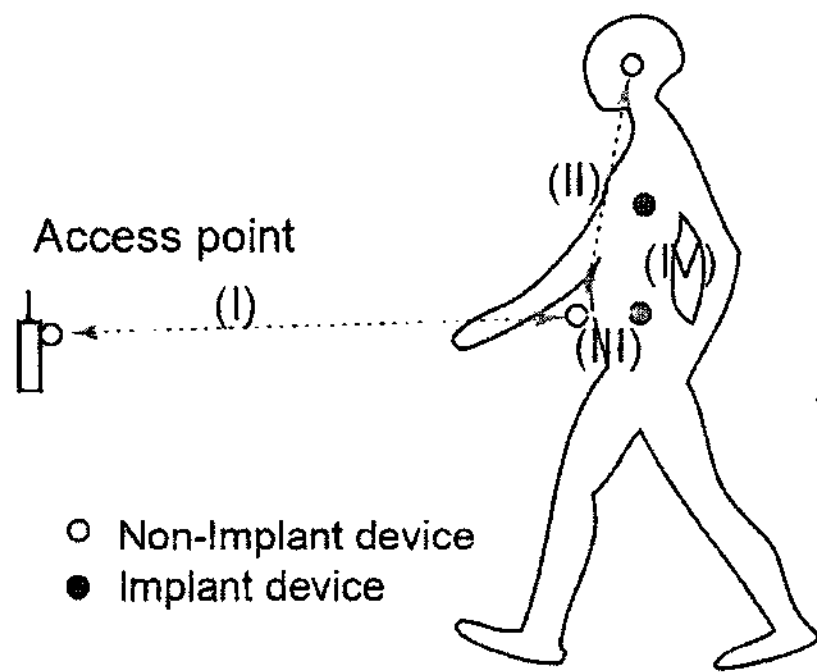


[그림 1] u-Healthcare 서비스와 WBAN 기술



(a) Wearable BAN

(b) Implant BAN



(c) 채널별 특성

[그림 2] WBAN의 분류 및 채널별 특성

<표 1> WBAN 요구 사항

	인체 외부	인체 내부
용도	비디오/오디오/데이터	데이터/이미지
도달거리	<3 m	<2 m
수명	응용분야에 의존	5~10년
전송 속도	10 kbps~10 Mbps	10 kbps~6 Mbps
Duty cycle	1~100 %	0.1~50 %
안정성	중간	매우 높음
Piconet 갯수	10	5

체 외부의 통신의 경우 데이터의 안정성이 낮은 대신 저전력 특성에 대한 요구 사항이 인체 내부보다는 낮음을 알 수 있다.

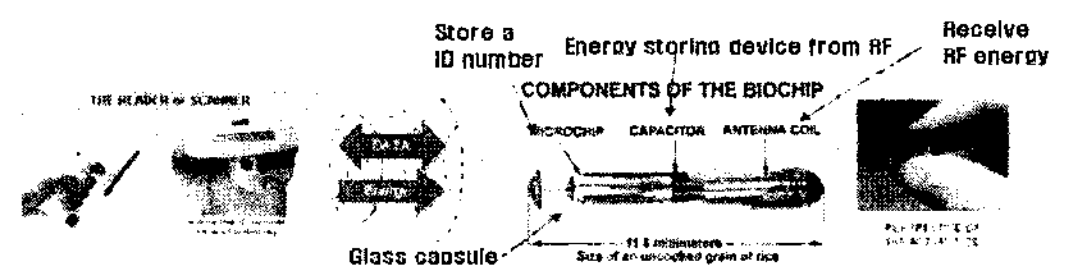
III. WBAN 주파수 대역 및 전파 특성

본 장에서는 WBAN의 주파수 측면에서 주요 특

성에 대해 살펴본다. WBAN의 통신 채널은 인체 외부와 인체 내부에 따라 분류되며, 인체 내부의 무선 통신 방식으로는 크게 자기 유도 결합 방식과 RF 통신 방식이 있으며, RF 통신은 협대역 방식과 광대역 방식으로 구분할 수 있다.

먼저 자기 유도 결합 방식은 RFID(Radio Frequency Identification)를 이용한 방식으로 동물의 ID 인식 등에 광범위하게 사용되어 온 방식이다. 자기 유도 결합 방식은 1970년부터 인체 내 이식용 기기용으로 사용되었으며, 사용 주파수는 10~100 kHz의 저주파 대역이 주로 사용되고 있다. 이 방식은 인체 내부에 장착되어 있는 소자에 무선으로 전력을 공급할 수 있으므로 영구히 사용이 가능하다는 장점이 있으나, 데이터의 속도가 최대 수십 kbps에 불과하고, 전력 공급 및 데이터 전송을 위해 고출력의 외부 장치(RFID 리더)를 인체 내 장치 가까이 접촉해야 한다는 단점이 있다.

RF 통신 방식 중 협대역 통신 방식의 대표적인 예가 403~405 MHz의 MICS(Medical Implant Communication Service) 주파수 대역을 이용하는 방식이 있다. 이 대역은 대기 중에서 25 uW(-16 dBm)의 전력한계를 갖고 있으며, 300 kHz의 대역폭을 전체 10개의 채널로 분할하여 사용된다. MICS 대역의 기술적 특성은 <표 2>와 같다. 이러한 MICS 대역은 미국(1999년), 유럽(2002년), 일본(2005년), 한국(2007년 9월) 등 세계 각국에서 이미 분배가 완료된 상황이다. 최근 미국과 유럽에서는 401~402 MHz, 405~406 MHz 대역을 추가하도록 주파수 할당이 진행 중이며, 이 주파수 대역은 보통 MEDS(Medical Data Service) 대역이



[그림 3] 자기 유도 방식에 의한 인체 내부 통신

<표 2> MICS 대역의 기술적 특성

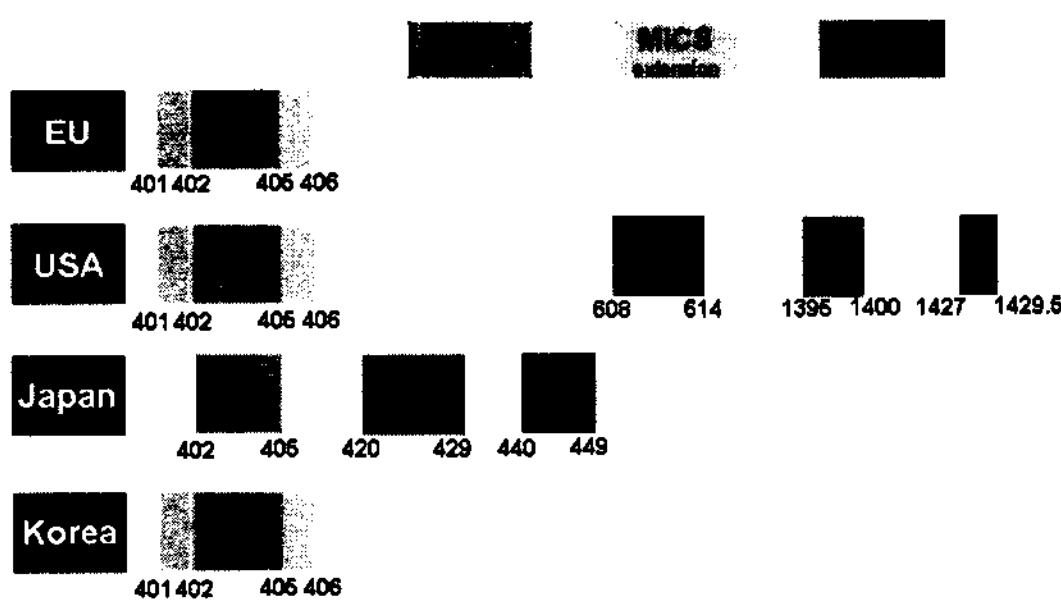
Items	Major Technical Requirements
Frequency bands	From 402 MHz to 405 MHz (Secondary service)
Communication methods	One-way communication systems, simplex and duplex systems
Class of emission	A1D, F1D, G1D
Occupied frequency BW	Less than 300 kHz
Frequency tolerance	$\pm 100 \times 10^{-6}$
Antenna power	Less than 25uW (EIRP) outside the body
Permitted antenna power	Upper limit: 20 %, lower limit: 50 %
Antenna	Not specified
Strength of unwanted emission	Less than 250 nW(EIRP) outside the bands of ± 150 kHz from the center frequency
Functions for preventing interference	Carrier Sensing

라고 부른다. 또한, 병원 내 무선 텔레메트리 서비스로 미국 및 일본에서는 WMTS(Wireless Medical Telemetry Service) 서비스를 할당하고 있다. 이상의 주파수 대역을 국가별로 정리한 결과가 [그림 4]에 표시되어 있다.

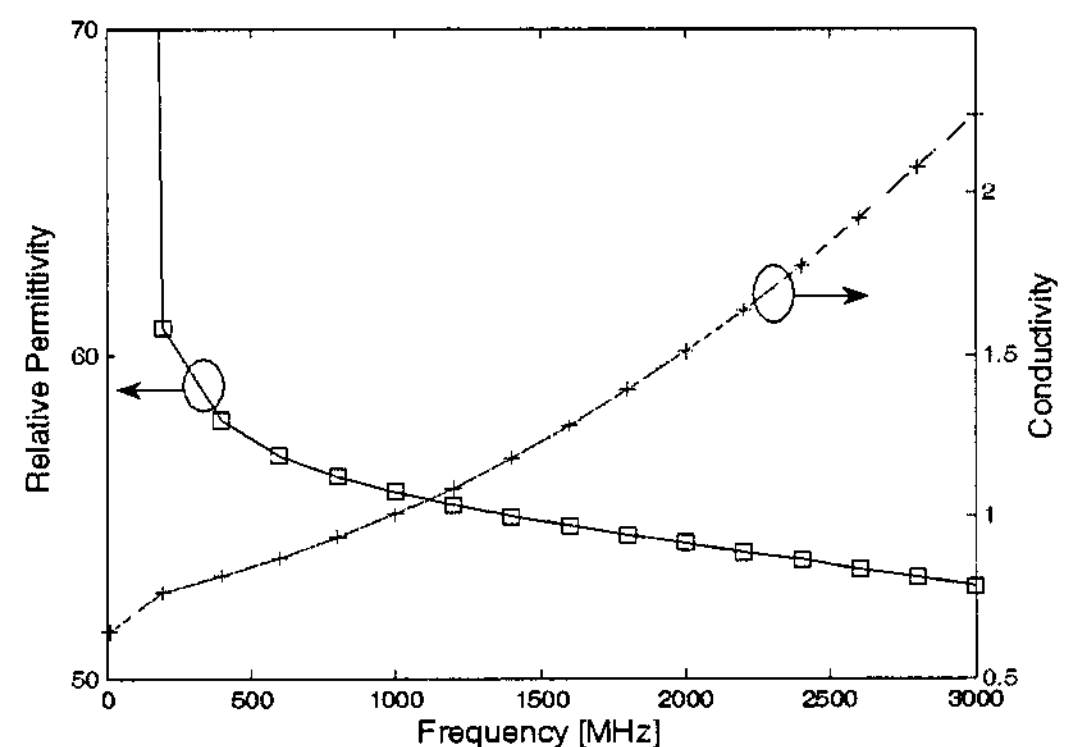
다음으로 광대역 방식을 살펴본다. 광대역 데이터를 송수신하기 위해 현재 가능한 주파수 대역은 ISM 대역과 UWB 대역이 있다. 하지만 이 주파수 대역은 모두 2 GHz 이상이므로, 인체 내부용으로는 전파 특성상 적절하지 않게 된다. 그 이유는 인체 내부 소자의 경우 주파수가 낮은 경우 안테나 이득이 떨어지며, 주파수가 올라갈수록 도전율이 올라가 전파

감쇄 특성이 커지기 때문이다. 따라서 광대역 방식은 인체 외부 통신을 위해 사용될 것으로 예상되고 있다.

다음으로 인체 내의 전자파의 주파수에 따른 감쇄 특성을 알기 위해서는 인체 매질의 상대 유전율과 도전율의 변화를 알아야 하는데, [그림 5]는 주파수에 따른 인체 매질의 상대 유전율과 도전율의 변화를 나타낸다. 인체는 다양한 기관으로 구성되어 있어 상대 유전율과 도전율이 다양하지만, 여기서는 FCC (Federal Communication Commission)에서 제공하는 평균 근육 매질 특성을 이용하였다^[8].



[그림 4] 각국의 MICS 주파수 분배 동향



[그림 5] 주파수에 따른 인체 내부 도전율 및 유전율

이제 인체 매질 경계에서의 경로 손실은 Friis 공식을 이용하여 다음과 같이 표현할 수 있다.

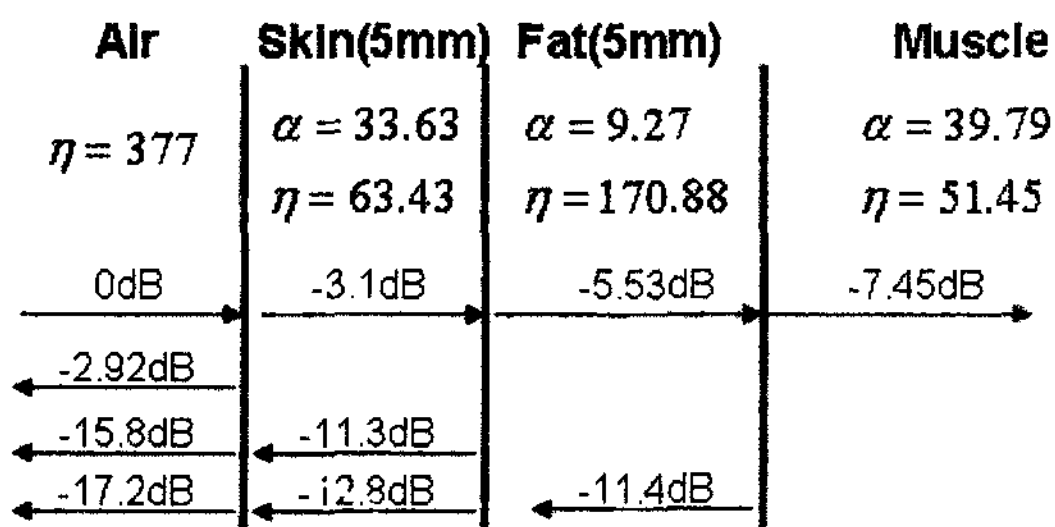
$$\frac{P_{\text{전달}}}{P_{\text{입력}}} = 1 - \left| \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_2 + \eta_1} \right|^2 \quad (1)$$

여기서 η_1 과 η_2 는 각각 입사파 매질 및 반사파 매질의 진성 임피던스에 해당하며, 각 매질의 유전율, 투자율 및 도전율의 함수이다. 다음으로 각 매질에서의 감쇄 특성은 다음 식 (2)와 같이 감쇄 상수 및 매질의 두께의 함수로 주어진다.

$$P(x) = P(0) e^{-2\alpha x} \quad (2)$$

식 (1)과 식 (2)를 인체 내 다양한 매질에 대해 적용하면 인체에 의한 경로 손실을 예측할 수 있다. 예를 들어 [그림 6]은 총 10 mm의 피부 및 지방층에 대해서도 감쇄 특성이 매우 큼을 보여준다.

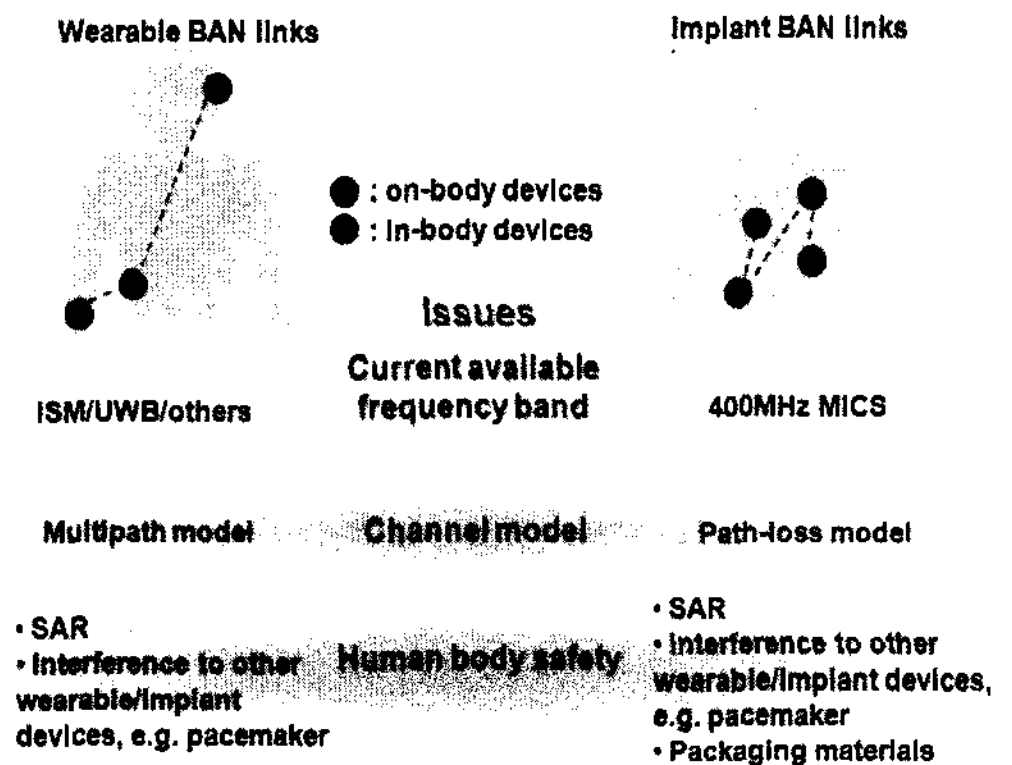
[그림 5]와 [그림 6]으로부터 인체 내부의 통신은 주파수가 낮을수록 우수함을 알 수 있다. 하지만 주파수가 낮으면 안테나 크기가 커지므로 인체 내에 이식할 수 있는 소형의 안테나를 동시에 고려하면, 400 MHz 대역이 인체 내부의 통신으로 가장 적합함을 알 수 있다. 또한, 인체 내부 통신은 인체를 통하여 전파가 전송되기 때문에 주파수 대역이나 거리 뿐만 아니라 개인에 따른 편차가 있을 수 있다. 나이



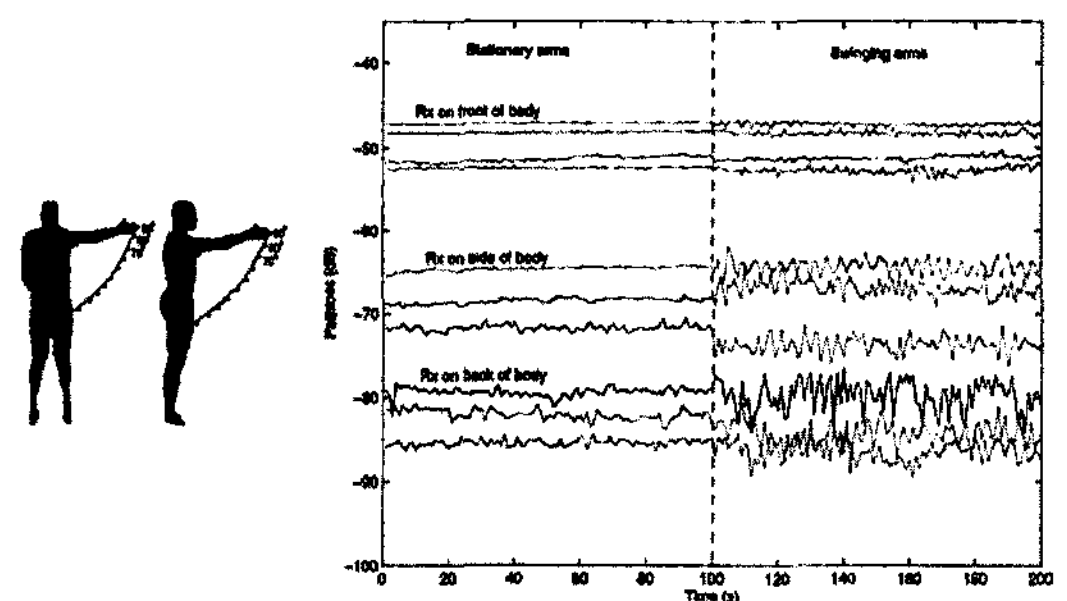
[그림 6] 인체 내부 전파 손실 특성(2.4 GHz의 경우)

나 성별을 비롯하여 근육량, 지방량과 같은 개인적인 특성, 또는 기기가 위치하는 기관이나 조직의 특성에 따라 채널의 특성이 영향을 받는 것을 복합적으로 반영할 수 있어야 한다.

반면에 인체 외부 통신은 [그림 7]에서 보는 바와 같이 기본적으로 multipath model로 기술된다. 신호의 감쇄는 송신 기기와 수신 기기의 거리, 사용 주파수 대역 등에 따라 결정될 것이다. 그리고 기기의 위치에 따라 신체나 옷 등에 의한 blocking도 고려되어야 한다. 또한, 기기가 부착된 신체의 움직임에 민감하게 반응한다^[9]. 인체 외부 통신의 전파 특성의 예로 [그림 8]은 신체의 움직임에 따라 전파의 세기가 변화하는 모습을 보여주고 있다.



[그림 7] Wearable BAN과 Implant BAN의 특징



[그림 8] 신체 움직임에 따른 전파 세기의 변화

IV. WBAN 표준화 동향

IEEE 802.15 WPAN WG은 현재 [그림 9]와 같이 구성되어 있다. WBAN은 기존의 WPAN 그룹들과 기술 및 응용 분야에서 차별성이 인정되어 2007년 11월의 제51차 IEEE 802 Plenary 회의에서 802.15.6 TG로 승인되었다.

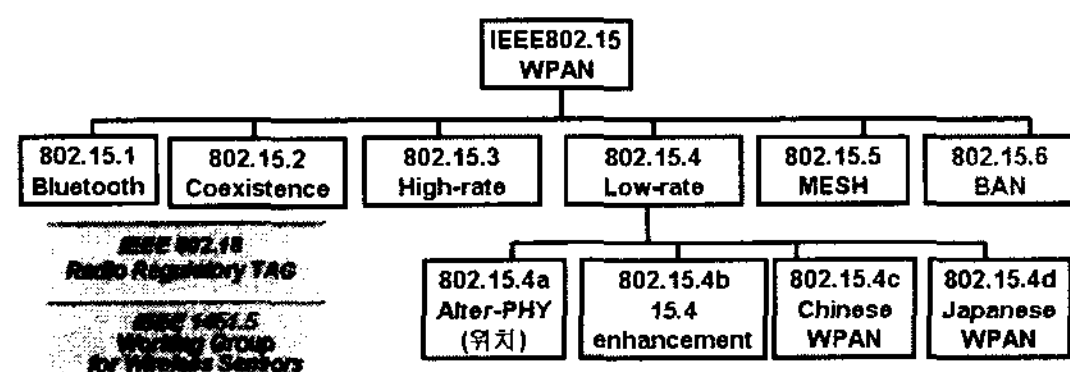
IEEE 802.15.6 TG BAN에서는 WBAN을 위한 PHY와 MAC의 표준화를 위하여 다양한 기고와 연구를 진행하고 있다. 2008년부터 2009년까지 표준 규격이 제정될 예정이다. 현재 IEEE 802.15.6 TG BAN은 BAN Applications, BAN Regulatory, BAN Channel Model, Technical Requirement Document, Selection Criteria Doc의 5개의 하부 위원회를 두고 있다.

국내에서는 2008년 TTA 산하 PG317을 신설하여 WBAN에 대한 표준화를 진행 중에 있으나, 아직 WBAN에 대한 연구는 초기 단계이다.

4-1 PHY 이슈 - Two PHY or Single PHY

WBAN은 기존에 사용되지 않던, 인체라는 새로운 전송 매체를 통하여 또는 인체에 인접하여 전파의 전송이 이루어진다. 따라서 인체에 의하여 발생하는 전파 감쇄 현상을 정확하게 이해하는 것이 중요하다.

앞에서 살펴본 바와 같이 인체 외부의 통신과 인체 내부의 통신은 전파 감쇄 측면에서 큰 차이를 보인다. 특히 인체 내부의 통신은 인체를 전송 매체로 사용하기 때문에 기존의 무선 링크와는 크게 다른 특성을 보인다. 따라서 서로 다른 특성을 갖는 두 링크



[그림 9] IEEE WPAN 표준화 동향

를 지원하기 위한 방안에 대하여 논의가 표준화의 주요 이슈가 되고 있다^[10].

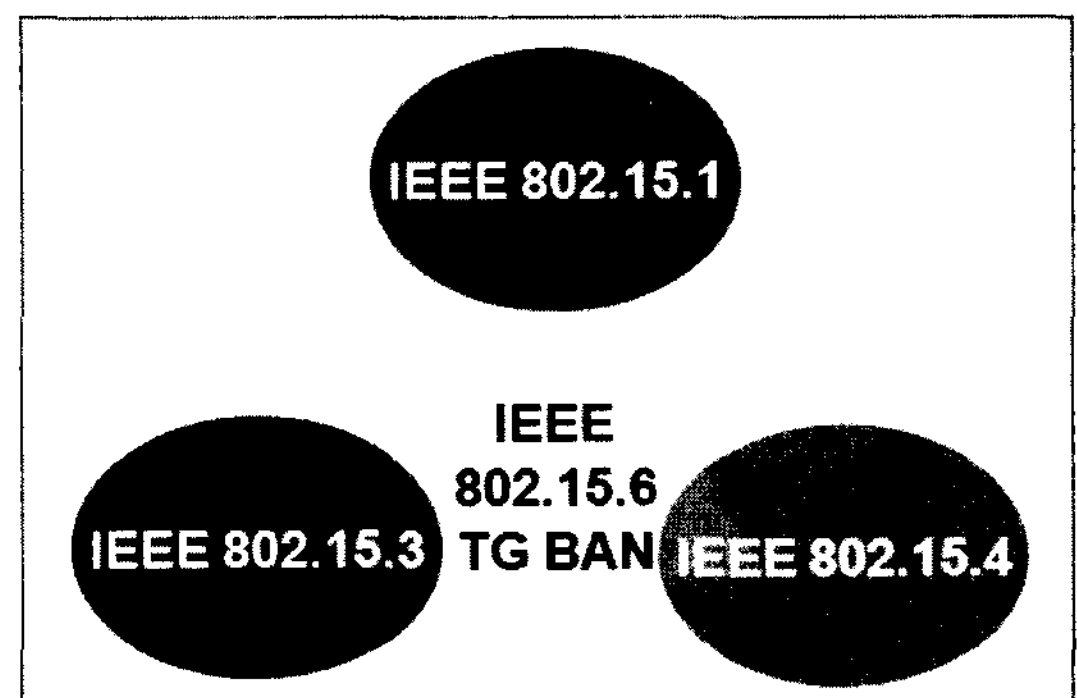
현재 표준화에서는 Wearable BAN을 위한 PHY와 Implant BAN을 위한 PHY를 따로 정의하는 방안과 하나의 PHY를 공통적으로 정의하여 사용하는 방안이 있을 수 있다. 현재는 다수의 PHY를 정의하여 사용하는 방안이 우세한 상황이다.

4-2 MAC 이슈

IEEE 802.15 WPAN WG에서 정의한 기존의 MAC 프로토콜은 [그림 10]과 같다. IEEE 802.15.1은 Bluetooth에 대한 표준으로, 폴링(Polling) 기반의 MAC 프로토콜을 정의하고 있다. IEEE 802.15.3은 High data rate WPAN에 관한 MAC 프로토콜을, IEEE 802.15.4는 Low data rate WPAN에 관한 MAC 프로토콜을 정의하고 있다. WBAN MAC의 경우, 기존의 WPAN MAC과 밀접하게 관련이 있으며, 추가로 MAC 프로토콜이 갖추어야 할 조건들로 저전력 통신, QoS의 보장, 높은 보안성, 확장성, 신뢰성 있는 전송 등을 요구하고 있다^{[11],[12]}.

4-2-1 저전력 통신

WBAN은 몸 속에 위치하는 이식형 기기를 포함한다. 이식형 기기의 경우 보통 수술을 통하여 이식을



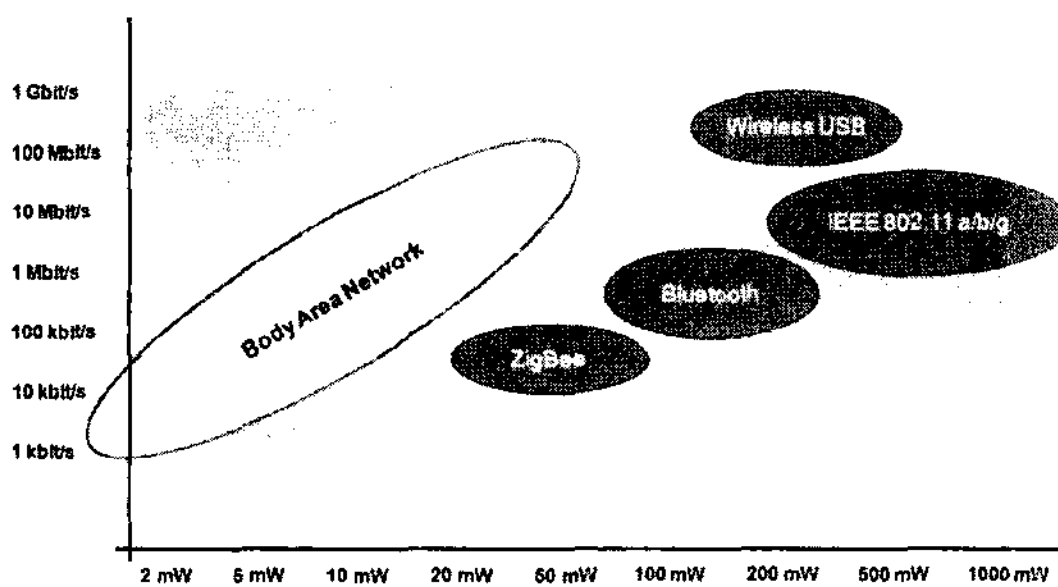
[그림 10] WPAN과 WBAN의 관계

하기 때문에 충전하기가 매우 어렵다. 따라서 한 번 이식을 하면 적어도 몇 년간은 동작할 수 있어야 한다. 이러한 이유로 WBAN은 [그림 11]에서 보는 바와 같이 기존의 WPAN에 비하여 훨씬 낮은 수 mW에서 수십 mW 정도의 전력 소비량이 요구된다.

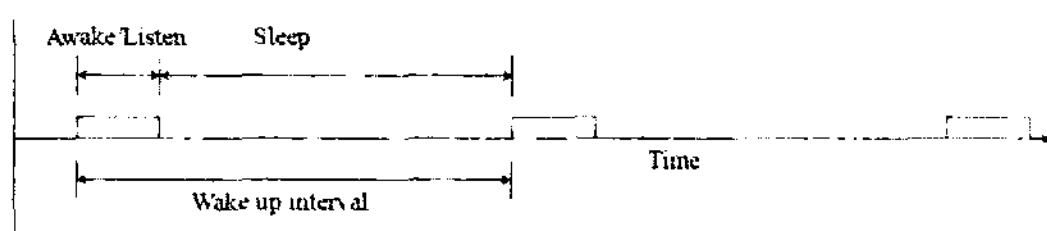
전력 소비를 줄이기 위하여 주로 사용되는 방식은 낮은 duty cycle을 사용하는 것이다. 각 WBAN 기기는 계속 동작하는 것이 아니라 [그림 12]와 같이 동작(Awake) 상태와 수면(Sleep) 상태를 반복하여 전력 소비를 줄인다. 동작 상태에 비하여 수면 상태가 길수록 에너지를 더 많이 절약할 수 있는 장점이 있는 반면에, 데이터 전달에 지연이 길어질 수 있다. WBAN의 응용의 경우, 일정한 주기로 데이터를 전송하는 경우가 많다. 이를 잘 활용하여 낮은 duty cycle로도 효율적으로 동작하기 위해서는 CSMA와 같은 경쟁 기반의 프로토콜보다는 예약 방식의 프로토콜이 적합할 것으로 예상된다.

4-2-2 QoS 보장

IEEE 802.15.6에서는 의료용 응용뿐만 아니라 비의



[그림 11] WBAN의 전송 속도 및 전력 요구 사항



[그림 12] Duty cycle

료용 응용 역시 고려 대상에 포함되어 있다. 각각의 응용에 따라 요구되는 QoS 특성에 큰 차이가 있다.

의료용 응용의 경우, 사람의 생명과 직접적으로 연관되고 긴급한 데이터를 전송할 수 있기 때문에 이를 위한 데이터 별로 우선 순위를 두어 전송할 수 있는 메커니즘이 꼭 필요하다. 반면에, 비디오 응용과 같은 경우에는 주기적으로 많은 양의 데이터를 전송하기 위하여 높은 데이터 전송율을 요구한다.

이와 같은 다양한 QoS 보장을 위하여 기존에 IEEE 802.11 그룹에서 정의된 표준들의 아이디어를 응용하는 방안이 논의되고 있다.

4-2-3 높은 보안성

WBAN 응용은 개인의 사생활에 관한 정보를 처리하는 경우가 많다. 특히, 의료용 응용의 경우에는 타인에게 유출되는 것을 막을 필요가 있다. 이를 위하여 인증 및 암호화 기능이 필요하다. 다만, WBAN 기기의 processing overhead가 너무 크지 않아야 하는 제약점이 있다.

4-2-4 확장성

같은 채널에서 다수의 WBAN 응용이 동시에 동작할 수 있다. 응용에 따라 요구하는 QoS가 다르고, 그에 따라 duty cycle도 다를 수 있다. 이 경우에 MAC 계층에서 다수의 응용을 조화롭게 처리할 수 있어야 한다.

4-2-5 Multiple MAC or Single MAC

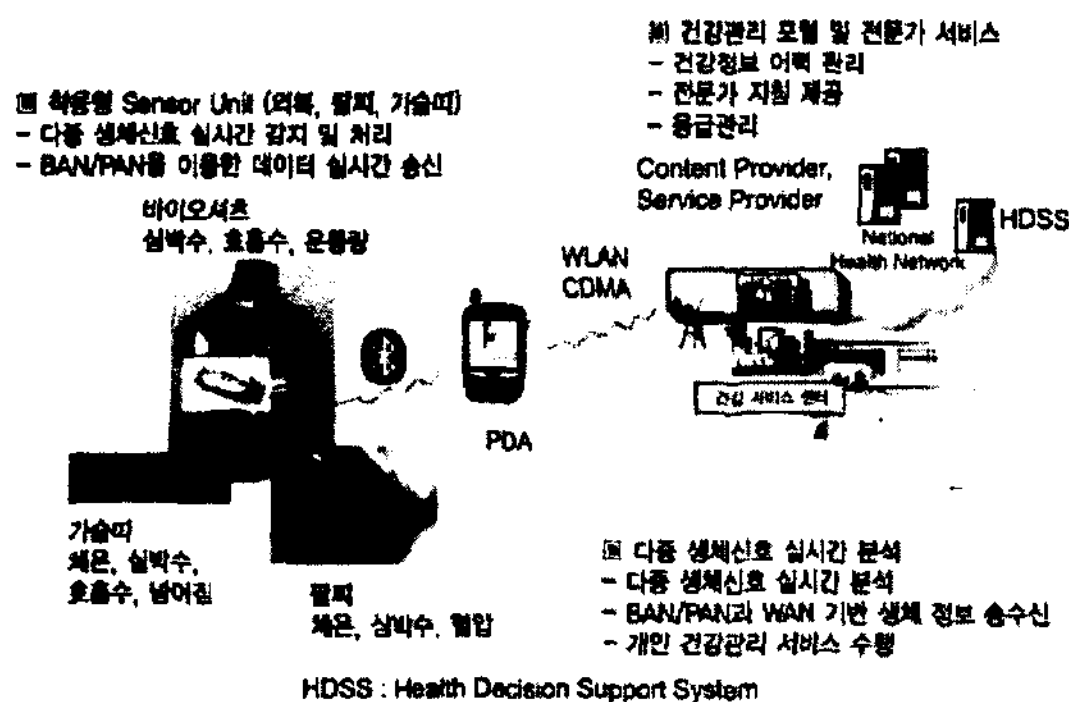
PHY와 마찬가지로 MAC 프로토콜을 Wearable BAN을 위한 MAC과 Implant BAN을 위한 MAC을 따로 정의하는 방안과 하나의 MAC을 공통적으로 정의하여 사용하는 방안이 비교되고 있다. 또는, 의료용 응용을 위한 MAC과 비의료용 응용을 위한 MAC을 따로 정의하는 방안과 하나의 MAC을 공통적으로 정의하여 사용하는 방안이 비교되고 있다.

V. WBAN 사례 및 응용 예

앞 장에서 WBAN의 주요 특성, 최신 표준화 동향 및 전파 측면에서 중요한 고려 사항에 대해 살펴보았다. 본 장에서는 WBAN의 적용 사례 몇 가지를 살펴보고자 한다.

5-1 WPAN 기반 생체 정보 모니터링 서비스^[13]

인체 내부의 이식된 센서는 제외하고, 인체에 부착된 센서만을 이용하여 u-Health 서비스를 제공하는 기술은 현재 기술로도 가능한 서비스이다. 이의 예로서 Bluetooth나 Zigbee 기술을 이용한 센서 네트워크가 연구되어져 왔다. 대표적인 사례로 [그림 13]과 같이 ETRI에서 개발한 생체 정보 처리 웨어러블 시스템이 있다. 착용형 센서 유닛은 바이오셔츠, 가슴띠, 팔찌 등을 통해 체온, 심박수, 호흡수, 운동량 등을 측정하여 이를 Bluetooth나 Zigbee 기술을 통해 PDA로 전송하고, PDA는 이 신호를 건강 관리 포털 및 전문가 서비스를 위한 서버로 전송하여 다중 생체 신호를 실시간으로 분석하여 건강 정보의 이력 관리, 응급 관리 등 서비스를 제공한다. 이러한 시스템 개발 초기에는 블루투스를 많이 활용하였으나, 저전력을 위해 Zigbee 기술을 활용하는 것이 증가하고 있으며, 향후 WBAN 표준화가 완료되면 WBAN



[그림 13] 생체 정보 처리 웨어러블 시스템

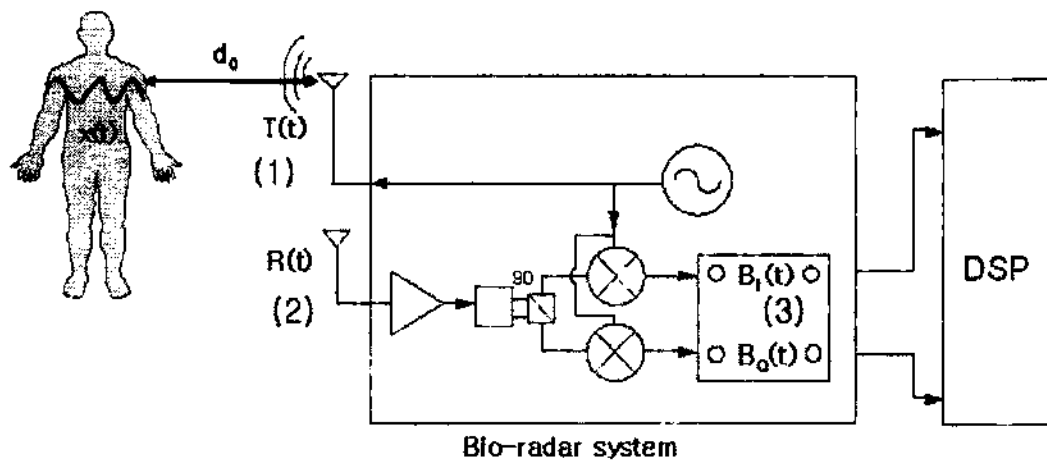
PHY/ MAC을 이용하는 방식이 소개될 예정이다.

5-2 바이오 레이더 기술^{[14]~[16]}

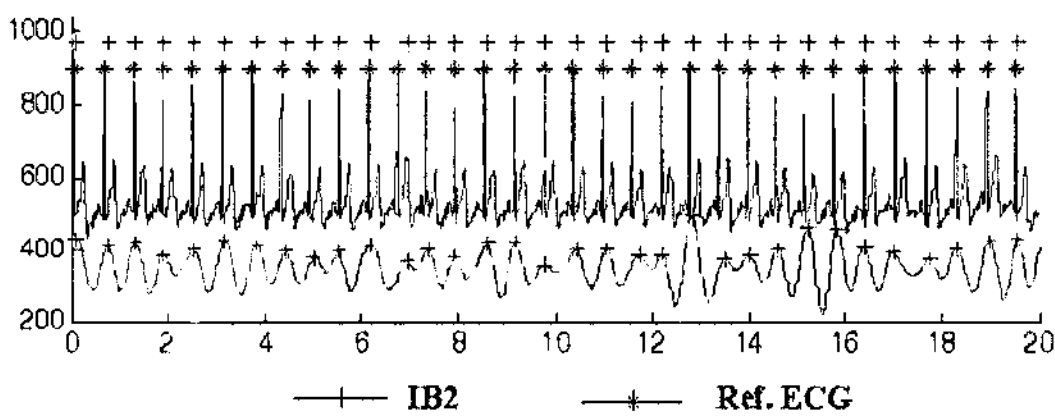
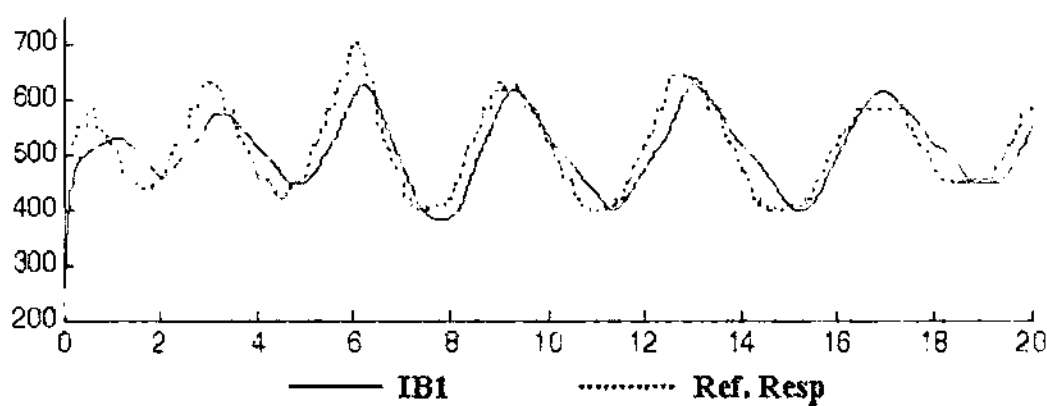
앞에서 제시한 생체 정보 모니터링 서비스는 착용용 바이오 셔츠 등을 이용하여 생체 정보를 모니터링 함으로 센서를 몸에 부착해야 하므로 장기간 사용이 어렵고, 소아나 화상 환자에게는 사용하기가 어려운 단점이 있다. 따라서 CW 레이더 및 UWB 레이더 기술을 이용하여 호흡 및 심박수 등 바이오 신호를 수집하는 기술 또한 WBAN의 주요 기술로 활발히 연구되어지고 있다. 현재까지의 연구는 주로 CW 레이더를 중심으로 진행되고 있으나, UWB 기술의 발달로 UWB를 이용하여 바이오 정보 센싱에 대한 기술 개발 또한 현재 활발히 진행되고 있다. UWB 레이더는 주로 건물 내부에 위치한 사람의 유무를 파악할 수 있으므로, 군사용이나 건물 사고시 잔해에 묻힌 사람을 구제하는 목적 등으로 사용될 수 있어 연구가 활발히 진행되고 있다. [그림 14]는 본 연구팀에서 개발한 2.4 GHz 바이오 레이더의 구조 및 바이오 레이더를 통해 비 접촉식으로 호흡 및 심박수를 모니터링한 결과를 보여준다. [그림 14](b)에서 위의 그림은 가슴에 부착한 호흡 벨트 신호와 바이오 레이더의 호흡 신호를 비교한 그림이며, [그림 14]는 3개의 전극을 이용한 ECG(Electrocardiogram) 신호와 바이오 레이더의 심박 신호를 비교한 결과이다. 바이오 레이더를 이용하면 비접촉식으로 호흡 및 심박수를 측정할 수 있어 향후 다양한 분야에 활용될 수 있을 것으로 예상되고 있다.

5-3 무선 캡슐형 내시경 시스템^[17]

캡슐형 무선 내시경은 기존 내시경 방식에서 느끼는 불편함과 달리 알약 형태로 시술이 쉬우며, 양질의 영상을 얻고 인체 내부 상태를 정확히 알 수 있어 시술에 많은 도움이 될 것으로 예상되고 있다. 이는 통증없는 내시경이라는 측면과 생리학적인 상태에서 내

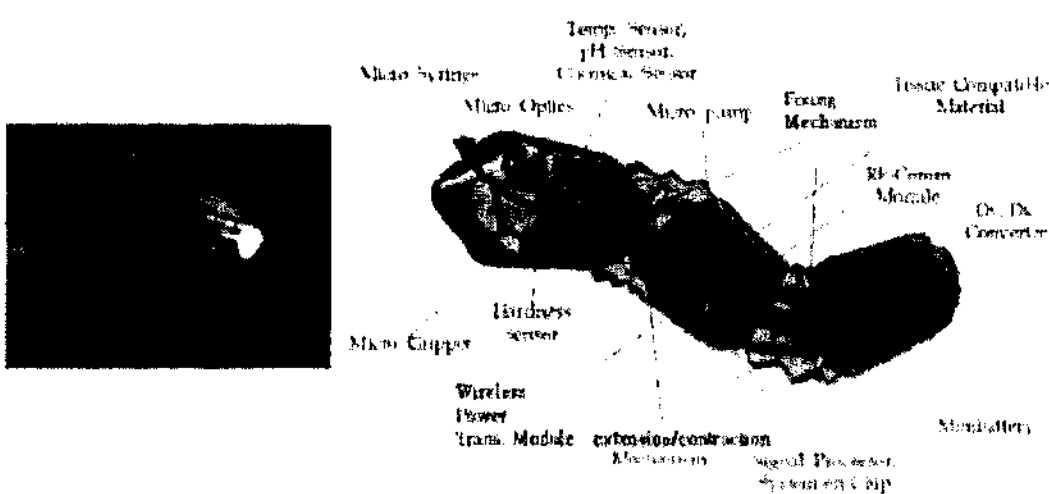


(a) CW 바이오 레이더 구성



(b) 바이오 레이더를 통한 호흡 및 심박수 측정 예

[그림 14] CW 바이오 레이더 기술



[그림 15] 무선 캡슐형 내시경 시스템 예

시경 검사를 시행한다는 점에서 기존의 내시경 검사와 구별된다. 이러한 캡슐형 내시경을 개발하기 위한 연구는 국내에서 2000년경부터 과학기술부 21세기 프론티어 연구 개발 사업의 시범 사업으로 시작한 지능형 마이크로시스템사업단에서 시작되었다. [그림 15]는 무선 캡슐형 내시경 시스템의 예를 보여

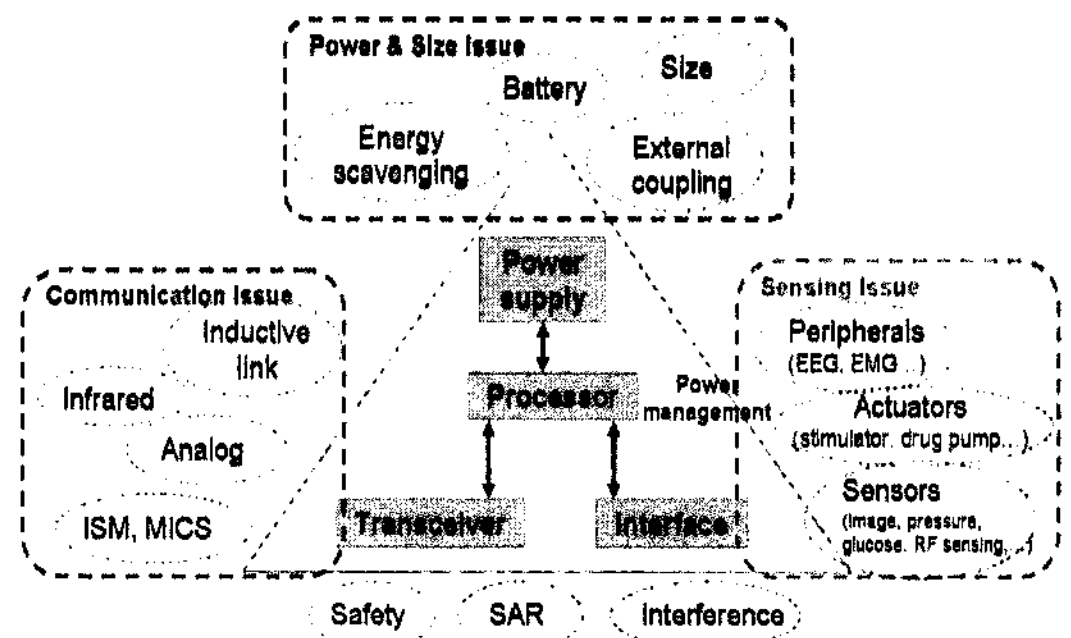
주고 있다.

VI. 주요 기술적인 이슈

앞에서 WBAN의 개념 및 주요 표준화 동향을 살펴보았다. 본 절에서는 WBAN의 활성화를 위해 필요한 다양한 기술적 이슈에 대해 살펴본다. 기술적인 이슈는 통신상의 이슈, 센싱에서의 이슈, 하드웨어 구현을 위한 전력 및 크기에서의 제한 등이 주요 문제이며, 인체에 미치는 영향, 간섭 및 안정도 또한 주요 논의 대상이다.

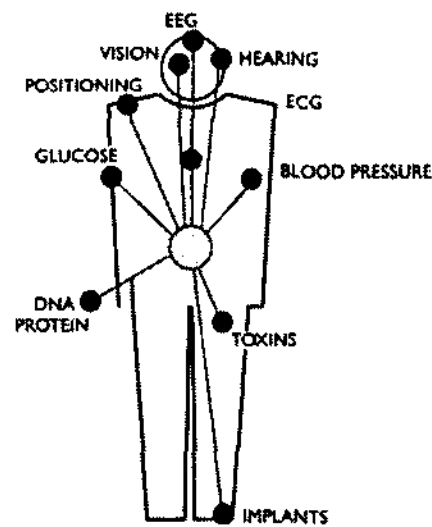
6-1 생체 신호의 특성

생체 신호의 경우, 통신에서 일반적으로 사용되는 음성, 데이터, 영상과는 다른 특성을 갖는다. 심전도(ECG), 뇌파도(EEG), 근전도(EMG) 등은 기본적으로 전기적 신호이지만, 혈액 및 혈당 등은 화학적 신호이므로 이를 전기적 신호로 변환하기 위해서는 트랜스듀서(Transducer)가 필요하다. 또한, 생체 신호는 주기적이며, 비대칭적 특성을 가지며, 어떤 신호는 실시간 응답을 필요로 하며, 어떤 신호의 경우는 에러가 발생해서는 안된다. 따라서 네트워크 측면에서 QoS(Quality of Service)를 보장해야 한다. 다양한 생체 신호 및 그 데이터 전송 속도를 분류하면 [그림 17]과 같다.



[그림 16] WBAN 장비의 주요 기술적인 이슈

Vital Signal	Data rate (kbps)
EEG(腦波圖)	10 ~ 200 (8kbps/channel, max 32 channels)
ECG(心電圖)	10 ~ 100 (300-Hz sample, 12bit ADC, 20 channels)
EMG(筋電圖)	10 ~ 1000 (8kHz sample, 16bit, 12 channels)
Blood Pressure	0.01 ~ 10
O ₂ and CO ₂ levels	0.01 ~ 0.1
Glucose Levels	0.01 ~ 0.1
Medical Image	1 ~ 2Mbps



[그림 17] WBAN을 위한 생체 신호의 특성

6-2 전파 모델링 및 인체에 미치는 영향 등의 고려

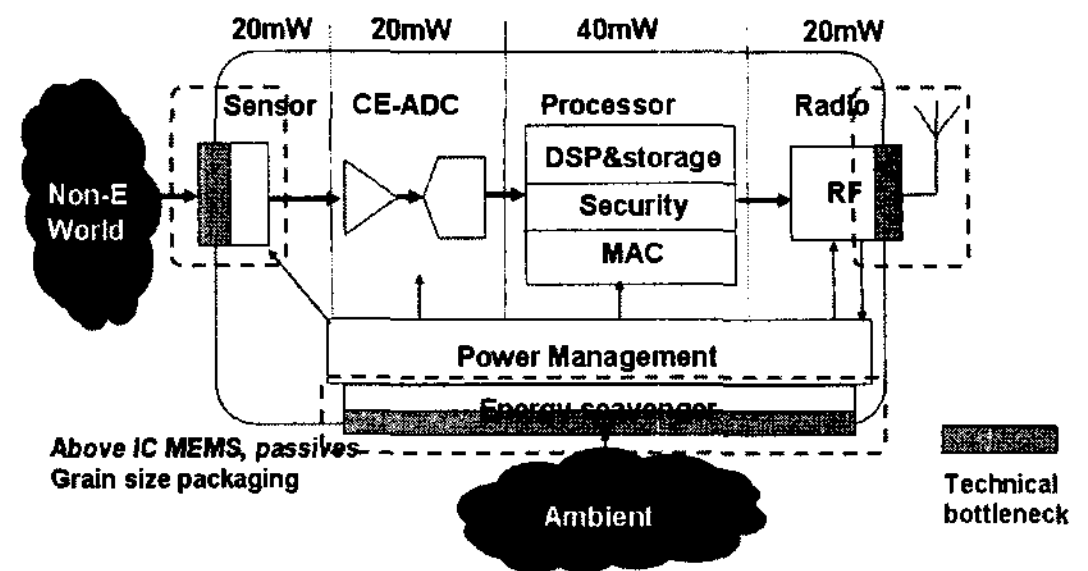
WBAN의 경우, 인체를 대상으로 한다는 점에서 전파 모델링 관점에서 고려해야 될 요지가 많이 있다. 예를 들어 인체는 다양한 기관들로 구성되어 있으며, 인종에 따라, 연령에 따라 다양한 채널 특성을 가지게 된다. 또한, 사용자의 이동 및 동일 사람에 대해서도 체중의 변화에 따라서도 값이 변화가 된다.

또한, 전파를 사용할 경우 인체는 또한 인체에 미치는 영향 또한 심각할 수 있으며, 인체 내에 이식하는 노드를 포함으로 구현된 제품은 인체에 무해해야 하므로 패키징 문제 또한 지속적인 관심과 연구가 필요할 것으로 사료된다.

6-3 구현상의 이슈

WBAN의 경우, 인체 내에 이식하는 장비를 포함하므로 전력 소모가 최소화되도록 설계되어야 한다. 건전지를 사용하는 경우 한번 설치 후 최소 몇 년간 교환되지 않도록 하여야 하므로 극초 저전력(Ultra low power) 통신이 가능해야 한다. 또한, 어떤 경우에는 환경 에너지로부터 에너지를 습득하여 에너지 Scavenging 기능을 가져야 한다.

앞에서 논의된 주요 이슈를 요약하면 [그림 18]과 같다. 그림에서처럼, WBAN 시스템의 주요 구현상의 이슈는 통신방식 및 하드웨어보다는 생체 신호의 검출(sensing) 부분, 전력을 생성하는 부분과 RF통신을 위한 아날로그 부분 등이 기술적인 한계로 볼 수



[그림 18] WBAN의 구현 상의 주요 이슈

있다. 이러한 기술들은 빠른 시일 내에 완료되는 것이 아니므로 WBAN 기술은 지속적인 연구가 필요한 분야임을 알 수 있다.

VII. 결 론

본 고에서는 WBAN의 주요 기술적인 이슈, 표준화 동향 및 주요 서비스에 대해 살펴보았다. 또한, 현재까지의 연구 동향과 현재 기술이 가지고 있는 한계를 보이고, 향후 기술의 발전 추세를 논하여 WBAN 시스템이 상용화되기 위한 요구 사항을 기술적인 측면에서 논하였다.

WBAN은 향후 u-헬스케어의 핵심 기술 중의 하나로 고려되고 있으며, 최근 관련 연구가 전세계적으로 활발히 진행되고 있다. 하지만 실제 상용화되는 데는 아직도 많은 난관이 있어 이를 극복하려는 기술 개발 및 지속적인 관심이 필요하다고 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 이형수, "WBAN 주파수 분배동향 및 주파수 대역 제안", 한국통신학회지(정보와 통신), 25(2), pp. 6-10, 2008년 2월.
- [2] 정보통신부, u-헬스/센서 주파수 검토반, "u-Health 및 센서 주파수 이용 전망", 2007년 6월.
- [3] 강성욱, 김재윤, "유헬스(u-Health) 시대의 도래",

- CEO Information 602호, 삼성경제연구소, 2007년 5월.
- [4] HomeMed Home Healthcare Monitoring System, <http://www.hommed.com>, 2001.
- [5] 한국보건산업진흥원, "2006년도 보건산업 연구 개발실태 조사/분석", 2006년.
- [6] 장병준, 성영락, 오하령, 박준석, "Medical BAN 표준화 동향 및 주요 Issue", IITA 주간기술동향 1310호, pp. 14-24, 2007년 8월.
- [7] IEEE 802.15 Wireless Personal Area Networks.
- [8] Federal Communications Commission, Dielectric Properties of Body Tissues at RF and Microwave Frequencies, Internet document; URL: <http://www.fcc.gov/cgi-bin/dielec.sh>.
- [9] Possible Approaches to provide good PHY solutions for BAN, IEEE 802.15-06-0487-00-0ban.
- [10] Applications, Channels, and Radio Architectures, IEEE 802.15-08-0163-00-0006.
- [11] Open issues on the BAN, IEEE 802.15-07-0534-00-0ban.
- [12] The MAC Protocol Requirements for BAN, IEEE 802.15-08-0053-01-0006.
- [13] 김명규, 손지연, 양일식, 박준석, "블루투스 기반 WBAN 응용 시스템 개발", 한국통신학회지(정보와 통신), 25(2), pp. 47-53, 2008년 2월.
- [14] 이용진, 장병준, 육종관, "호흡 및 심박수 측정을 위한 비 접촉 방식의 2.4 GHz 바이오 레이더 시스템", 한국전자과학회논문지, 19(2), pp. 191-199, 2008년 2월.
- [15] Enrico M. Staderini, "UWB Radar in Medicine", *IEEE AESS Systems Magazine*, Jan. 2002.
- [16] 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.
- [17] 이재천, 남상욱, "저전력 고속 OOK 무선 캡슐형 내시경 시스템의 설계 및 제작", 한국통신학회지(정보와 통신), 25(2), pp. 41-46, 2008년 2월.

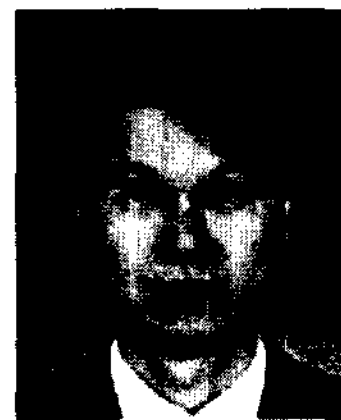
≡ 필자소개 ≡

장 병 준



1990년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1992년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
1997년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
1995년 3월~1999년 1월: LG전자(주)
1999년 1월~2003년 9월: 한국전자통신연구원 무선방송연구소
2003년 10월~2005년 8월: 정보통신연구진흥원
2005년 9월~현재: 국민대학교 전자정보통신공학부 교수
[주 관심분야] 마이크로파/밀리미터파 회로(MMIC, Hybrid),
무선통신시스템, RFID/USN

최 선 응



1998년: 서울대학교 전산학과 (공학사)
2000년: 서울대학교 전산학과 (공학석사)
2005년: 서울대학교 전기, 컴퓨터공학부 (공학박사)
2005년 9월~2007년 2월: 삼성전자 정보통신총괄 책임연구원
2007년 3월~현재: 국민대학교 전자공학부 전임강사
[주 관심분야] 무선 네트워크, 네트워크 자원관리, 시스템 성능 평가