

무선전력전송 겸용 의료용 통신반도체 기술 동향 및 과제

I. 서론

오늘날 전세계적으로 건강에 대한 관심이 증가하면서, 의료기기 산업의 날로 성장하고 있다. 최근에 출시되는 스마트폰에는 만보기 기능뿐 아니라 심박측정까지 가능한 기능이 추가되어 나오고 있고, 각종 원격의료기기까지도 개발되어 가고 있다.

최근의 무선통신 기술 개발로 인해 많은 장치들이 무선데이터통신을 구현하고 있다. WLAN(Wireless Local Area Network)로 분류된 블루투스, 와이파이가 등이 그 대표적 예이고, 그 분야가 날로 넓어져 가고 있다.

BAN(Body Area Network)는 신체와 근접한 네트워크 구성을 가지며, 소출력을 기반으로 수KBPS~수백MBPS의 저속에서부터 고속의 통신속도를 지원하는 요구조건을 만족해야만 한다. 의료분야에서 BAN은 환자의 특성 수치 및 상태에 대한 의료 정보를 수집하기 위해서 몸에 착용하는 형태에서 부터 몸에 삽입 및 이식하는 형태 등 다양한 형태의 기기가 개발되고 있다.

인체에 이식해야하는 의료용 반도체는 매우 낮은 소비 전력을 사용하여 무선으로 데이터를 전송하는 (MICS) 기술과 소형 배터리를 위한 무선 전력 전송 (WPT) 기술이 필수적이다.

MICS(Medical Implantable Communication System)분야는 WBAN(Wireless Body Area Network)로 분류되는 분야중의 하나로, 이식된 의료장치를 위한 통신시스템의 약어이다. 국제전기통신 연합 보고서 ITU-R SA.1346에서 ITU가 권장한 바와 같이 국제적으로 402-405MHz 대역에서 작동하는 초저출력 무선주파수의 고



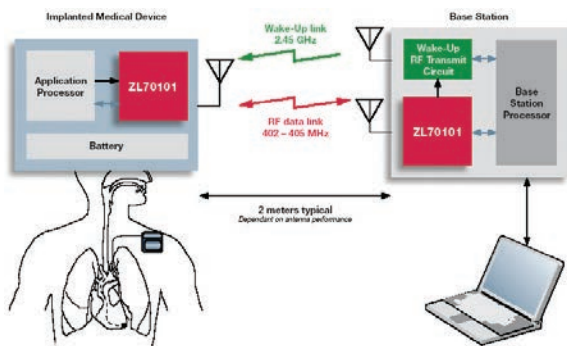
장 희 돈
울산과학기술대학교



나 경 민
울산과학기술대학교



변 영 재
울산과학기술대학교



〈그림 1〉 ZL70101 시스템 도식도 (출처: Zarlink)

속시스템이다.

실제 MICS용 의료기기는 신체에 이식하여 자극을 주는데 사용되는 심박조율기, 심박재세동기, 신경자극기와 측정 및 제어 등을 위한 약물펌프, 인공심장과 보조기구, 이식센서 등이 있다. 또한 캡슐형 내시경 기기도 MICS용 대표 의료기기로 뽑힌다.

MICS는 몸에 이식되어 있다는 특성 때문에 다른 의료기와 비교해서 더 까다로운 조건이 요구되어진다. 그 중에 첫 번째가 저전력이다. 이식한 기기는 소용량의 배터리로 구동되어지며, 그 배터리가 수명을 다할 경우 수술을 통해 배터리를 교체해야 하기 때문에 비용이 많이 들고 환자에게 부담이 된다. 따라서 배터리를 보다 적게 사용하는 기술이 필요하다. 실제 심박조율기

〈표 1〉 국내 및 해외 MICS 주파수대역 사용 목적

주파수 대역	주 사용목적		MICS 용 목적
	해외(ITU Region 1,2,3)	국내	국내
402~ 403 MHz	기상원조 지구탐사위성(지구대우주) 기상위성(지구대우주) 고정업무 이동업무(항공이동 제외)	기상원조 지구탐사위성(지구대우주) 기상위성(지구대우주) 이동업무(항공이동 제외) K73 ¹	체내이식무선의료기기 (MICS)용 K73A ²
403~ 406 MHz	기상원조 고정업무 이동업무(항공이동 제외)	기상원조 이동업무(항공이동 제외) K73 ¹	체내이식무선의료기기 (MICS)용 K73A ²

¹ K73: 고정업무 또는 이동업무(항공이동업무 제외)에 의한 402~406MHz의 주파수 대역사용은 기상원조업무에 밀접한 관계를 갖는 것에 한한다.

² K73A: 402~405MHz의 주파수 대역은 체내이식무선의료기기(MICS)용으로 사용한다. 단, 기상원조업무에 간섭을 주지 않는 조건으로 사용을 허용한다.

의 경우 수명을 7년 이상으로 잡고 있으며, 이를 구현하기 위해 슬립모드, 스니프모드를 운영하며, 동작중에도 매우 작은 전력을 소비하도록 만들어진다.

두 번째는 크기이다. 몸에 이식하기 위해 기기의 크기는 작아질 수밖에 없고, 이는 칩의 소형화 및 부품의 최소화, 배치의 효율 증대를 필요로 한다.

그 외에 최소한의 데이터 전송률을 가져야 하며, 일정거리(최대거리 2m) 이내에서의 동작에 대한 신뢰성이 있어야 한다. 또한 체내에 영향을 최소화해야 한다.

무선전력전송(Wireless Power Transfer; WPT)은 현재 사용되고 있는 전력을 전달하는 기술 중 하나이다. 보통 사용되는 매질(도선 등)을 사용하는 것이 아닌 매질 없이 전력을 전달하는 기술로, 도선으로 전달하기 힘든 곳에 전력 전달이 가능하며 사용자의 편의를 증대시킬 수 있다는 장점이 있으나 도선에 비해 낮은 전력전송 효율을 갖는 단점이 있다.

WBAN 영역에서의 무선전력전송 기술은 거의 필수적이다. 최근에 무선전력전송 기술이 점차 발전하면서 배터리의 크기를 줄이면서 이식한 기기의 크기를 줄일 수 있을 전망이다. 이에 따라, 수술의 위험성도 줄일 수 있을 것이라 예상된다.

본 고에서는 최근 떠오르는 두 산업분야, 즉 무선전력전송과 의료용 통신반도체의 기술동향을 살펴보고, 두 분야가 하나의 칩으로 구현되었을 때의 장점 및 해결해야 할 문제를 짚어보고자 한다.

II. 의료용 반도체의 기술현황

MICS에서 사용하는 주파수는 1998년 2월에 ITU-R(The International Telecommunication Union radiocommunications sector)에서 401~406MHz 대역을 할당하였다. 미국의 경우 FCC(Federal Communication Commission)에서 MICS 장비에 대하여 1999년 402~405MHz의 주파수 대역을 할당하였다. 유럽의 경우에는 무선통신 위원회에서 ULP-AMIs(Ultra Low-Power Active Medical Implants)라는 다른 이름으로 MICS를 위한 똑같은 주파수를 할당



(표 2) MICS 기술규격 현황

구분	ITU-R	AWF	미국	유럽	일본
주파수대역	401-406MHz	402-405MHz	402-405MHz	402-405MHz	402-405MHz
출력	25uW(EIRP)	25uW(EIRP)	25uW(EIRP)	25uW(EIRP)	25uW(EIRP)
대역폭	300kHz	300kHz	300kHz	300kHz	300kHz
간섭회피 기술	간섭완화 기술	LBT	LBT	LBT	LBT
관련규정	RS. 1346	AWF 3/54	FCC 47 CFR	PART 95	EN 301 839

하였다. 영국의 무선통신부와 호주의 ACA(Australian Communications Authority)에서도 MICS 서비스를 위해 같은 주파수 대역을 2002년 10월과 2003년 10월에 각각 할당하였다. 캐나다와 뉴질랜드는 2004년에 MICS에 대한 표준화를 진행하였다. 뉴질랜드는 402~406MHz 대역을 할당하였다. 현재 ITU Region1에는 영국과 유럽이, ITU Region2에는 미국이, ITU Region3에는 뉴질랜드가 속해있다. ITU-R S.A. 1346 연구보고서는 기상원조서비스와 MICS가 401~406MHz 대역을 공유할 것을 권장하고 있다. 401MHz~406MHz 대역 공유를 위한 권장조건은 최대 25uW의 무선주파수 출력, 300kHz의 최대 채널 대역폭 사용, 채널 접근 프로토콜로 LBT(Listen Before Talk) 방식 사용 등이 있다.

우리 나라의 경우 402~405MHz 주파수 대역을 기상 원조 업무에 간섭을 주지 않는 조건하에서 MICS용으로 사용 가능하도록 주파수가 분배되어 있다.

우리나라의 경우에는 402~405MHz 주파수 대역을 기상원조업무에 간섭을 주지 않는 조건하에서 MICS용으로 사용가능하도록 주파수가 분배되어 있다.

MICS 칩 회로의 전체적인 시스템은 일반의 RF 회로와 매우 비슷하다. 즉 기존 RF회로에 포함되는 VCO, PLL, Amplifier, Modulator/Demodulator, Filter 등의 회로적인 부분과 센서 및 안테나 등의 구성요소는 거의 같다. 하지만 MICS 주파수 할당에 따른 401~406MHz 대역만을 사용할 회로만을 구성해야 하고, 신체 내부에 장착되어야 하기 때문에 안테나와 프로세서의 성능이 제한된다.

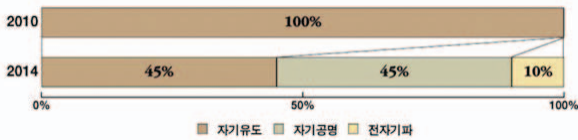
안테나의 경우에는 장착될 부위에 따라서 크기가 달라지게 되는데, 캡슐형 내시경(Capsule Endoscope)의

경우에는 소화기관을 통과할 수 있도록 작아야 하고, 다른 장치의 경우에도 신체의 활동이나 움직임에 지장을 주어서는 안되기 때문에 크기에 제한을 받는다. 프로세서의 경우에도 소형화가 매우 중요하지만, 그보다 전력소모를 줄이는 것이 더 중요하게 여겨진다. 전력소모가 크다는 말은 그만큼의 전력을 어디서나 공급해 주어야 한다는 것인데, 배터리를 장착하여 사용하는 일반적인 장비의 경우에는 배터리의 크기가 커지거나 배터리를 자주 교체해줘야 하는 상황이 생기게 된다. 보통의 경우 배터리의 크기가 프로세서의 크기에 비해서 매우 크기 때문에 소형화를 하기 위해서는 배터리를 줄여야하고, 그 방법이 프로세서의 소모전력을 줄이는 것이다. 프로세서의 소모전력을 줄이기 위해 회로의 누설전류를 줄이고, 전체적인 시스템의 가동방법을 제어하는 방법 등의

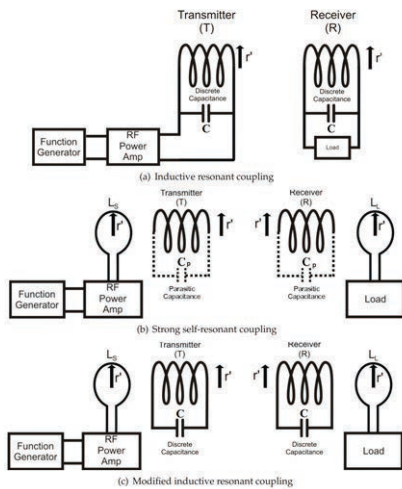
여러 가지 방법이 연구되고 있다.

MICS의 통신 변조방식으로는 FSK(Frequency Shift Keying)와 OOK(On-Off Keying)가 널리 사용되고 있다. 최근 이동통신 등에서 널리 사용되는 복잡한 형태의 QAM이나 OFDM등의 방식을 사용하는 대신 단순 2비트의 변조방식인 FSK나 OOK를 사용하여 내부의 부품을 최소화하여 인체 삽입에 유용한 방식을 택하였다.

현재 의료용 반도체 분야에서 가장 널리 쓰이는 칩은 마이크로세미社(구 Zarlink社)의 ZL70101 시리즈이다. 이 칩은 MICS의 표준규격인 402MHz~405MHz 대역에서 300KHz의 10개 채널을 지원하며, 이와는 별도로 2.45GHz 대역에서 Wake-up 신호를 주어 대기모드와 동작모드를 구분하는 기술을 선보였다.



〈그림 2〉 기술방식별 세계무선 충전기 시장 전망



〈그림 3〉 응용별 세계 무선 충전기 시장 전망

III. 무선전력전송 기술현황

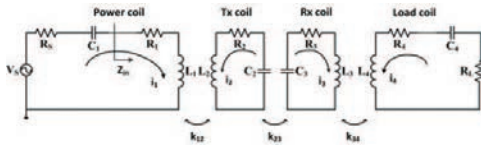
무선전력전송 기술은 완벽한 무선기기의 구현을 위한 최첨단의 기술이다. 수많은 무선기기의 보급을 통하여 소비자들은 어디에서나 무선기기를 사용할 수 있지만, 기기의 전력공급 문제가 이슈가 되고 있다. 이에 전선을 제거하고 어디서나 충전이 가능하게 하기 위해 많은 기업과 연구소들이 관심 및 투자를 하고 있다. 최근 몇 년 동안 휴대전화와 모바일 장치분야에서 엄청난 호황과 기술의 발전으로 인해 무선에너지 전송에 대한 관심이 점점 대두되고 있다. 무선 전력전송은 AC 전원에 전선을 이용한 충전방식이 아닌 전선을 연결하지 않고도 배터리를 충전할 수 있는 가능성을 제시하였으며 지금까지 이 기술뿐만 아니라 이를 보조할 수 있는 기술을 개발하기 위해 많은 노력을 기울이고 있는 상황이다. 수많은 가능성 중 자기공명형 중거리 무선전력전송과 마이크로파를 사용하는 장거리 무선전력전송 연구가 대두되어 있다.

마이크로파를 이용한 장거리 전력 전달의 경우, 낮은

전력전달효율과 IEEE 표준에 의한 사람의 인체에도 해로운 영향을 끼칠 수도 있는 문제점을 가지고 있다 (IEEE, 1999). 게다가, 마이크로파를 기반으로 하는 무선전력전송 시스템은 Line of sight(LoS)에 어떠한 방해하는 물체가 생길 경우 효율의 손실이 생기게 되고 만약 전력을 수신 하는 매체가 모바일 개체일 경우는 복잡한 추적 시스템을 필요로 하는 문제점이 있다. 이에 마이크로파를 기반으로 하는 무선전력전송의 경우는 적은 전력을 요구하는 군사용 장치 또는 우주 탐험과 같은 용도에 사용함이 적합하다. 반면에, 자기공명형 중거리 무선전력전송 기술은 인체에 무해하며 30미터 까지 전송이 가능하며 광범위한 용도로 사용이 가능한 기술이다. 효율적인 전송을 달성하기 위한 중요한 요소는 공진기에 사용되는 코일의 높은 Q-Factor를 달성하는 것이다.

현재 상용화가 되어서 쓰이고 있는 무선충전제품들은 접촉에 가까운 거리에서만 충전이 가능한 자기유도방식을 기반으로 하고 있어서 제공할 수 있는 서비스에 한계가 있다. 시장조사회사 Cahners In-Stat은 세계 무선 충전기 시장에서 현재 자기유도방식만 상용화되어 있으나, 자기공명방식은 2011년, 전자기파 방식은 2013년부터 점진적으로 상용화될 것으로 전망되어졌을 뿐 아니라, In-Stat에 따르면, 모바일 단말기 보급이 늘어남에 따라 서로 다른 충전 옵션으로 인한 불편함도 증가하면서 무선 충전 시스템의 시장 가능성이 높아질 것으로 전망하고 있다. In-Stat의 조사결과에 따르면, 휴대전화 이용자의 44%는 현재의 충전 옵션을 귀찮게 생각하고 있으며, 40%는 무선 충전 기능에 50달러를 추가로 지불할 용의가 있다고 밝혔다. 전세계 무선 충전시스템 시장은 2014년 43억 달러의 매출을 올릴 것으로 예상되며, 제품 비용도 지속적으로 하락할 것으로 전망한다.

자기공명형 무선전력전송의 경우 크게 세가지로 나뉜다. 위 그림을 보면 인덕티브 공명 방식, 자기공명 방식, 마지막으로 자기공명 방식에서 수정된 자기공명 방식이 있다. 인덕티브 공명방식의 경우 크게 2개의 송/수신코일로 구성되어있고, 각 코일에 캐패시턴스 성분



〈그림 4〉 무선전력전송 시스템 등가회로

이 장착되어 공명을 이루어 전력전송을 하는 방식이다. 이 방식은 코일의 수가 적어 전체 시스템 사이즈가 작고, 구현이 간단한 장점이 있으나, Q-factor 값이 상대적으로 다른 방식에 비해 낮아 전력전송 효율이 낮고, 송수신 코일이 직접적으로 전원부와 부하 코일로 연결되어 있어, 임피던스 미스 매칭 환경에 매우 취약한 특성을 나타낸다. 다음으로는 자가공명방식의 4개의 코일을 사용하여 전송하는 방식으로, 전원, 송신, 수신 그리고 부하 코일로 이루어져 있다. 이 방식은 총 4개의 코일로 이루어져 있고, 기생 캐패시턴스 구조를 사용하여, 낮은 공진주파수를 얻기 위해서는 인덕턴스 값이 커져야하여 구조체의 사이즈가 크다는 단점이 있는 반면에 공명하는 송수신 코일이 회로 외부에 떨어져 있고, 직접적으로 캐패시터를 장착하지 않아, 높은 Q-factor 특징을 보인다. 또한 공명부가 전원과 부하에 직접적으로 연결이 되어 있지 않아 공진 주파수 변동 없이 임피던스 미스 매칭 상황에서 조절이 가능한 방식이다. 마지막으로, 위의 자가공명 방식과 같이 4개의 코일을 사용하는 방식의 무선전력전송 기술의 경우 자가공명 방식과 다르게 송수신부에 의도적으로 캐패시터를 장착한 방식이다. 이 경우 자가공명 방식 보다 Q-factor가 다소 낮아 효율이 떨어질 수 있다는 단점이 있지만, 캐패시턴스의 크기를 증가시켜 공진 주파수를 조절이 가능하므로, 구조체의 크기를 획기적으로 줄일 수 있다.

〈그림 4〉는 무선전력전송 시스템의 등가적 회로를 나타내고 있다. 이 회로는 네 개의 코일에 의해 나타나는 현상을 증명하기 위하여 구성 되었으며 이 코일들은 결합계수에 의해 정의 될 수 있다. 이론적으로 결합계수는 0에서 1사이의 값을 가진다. 만약 송신부에서 만들어진 자기파가 송신부로 모두 전달 될 경우는 이 계수는 '1'의 값을 가지게 되며 반대로 전혀 전달 되지

않을 경우는 '0'의 값을 가지게 된다. 이 결합계수는 다음 식에 의하여 정의 될 수 있다.

$$k_{xy} = \frac{M_{xy}}{\sqrt{L_x L_y}} \quad (1)$$

여기서 M_{xy} 는 코일 'x'와 코일 'y' 사이의 상호 인덕턴스를 의미하고 k_{xy} 는 0과 1사이의 값을 가진다. 〈그림 2〉에서 볼 수 있듯이 전력원은 입력 임피던스를 지니고 있으며 이는 전력 증폭기나 VNA의 입력 임피던스와 동일한 값을 지니며 상황에 따라 다른 값을 가질 수 있다. 여기서 RS는 일반적인 50ohm의 값을 가지고 있다. 각각의 코일들은 인덕턴스 L, 기생 저항 R, 기생 캐패시턴스 C로 모델링 될 수 있다. 이 등가 회로 모델은 무선전력전송 특성을 분석하는데 매우 효율적으로 접근할 수 있게 도와준다. 여기에 키르히호프 전압 법칙(KVL)을 적용하면 전류에 관한 식을 쉽게 얻을 수 있다. 이는 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} V_s \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_1 & j\omega M_{12} & 0 & 0 \\ j\omega M_{12} & Z_2 & -j\omega M_{23} & 0 \\ 0 & -j\omega M_{23} & Z_3 & j\omega M_{34} \\ 0 & 0 & j\omega M_{34} & Z_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서 Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 ,는 각 코일의 임피던스를 의미한다. (2)의 매트릭스로부터 부하 코일의 전류를 계산하여 흔히 알고 있는 옴의 법칙을 통하여 얻을 수 있는 부하에 걸리는 전압은 $V_L = -i_4 R_L$ 와 같이 얻을 수 있고 효율은 V_L/V_S 로 계산할 수 있다. i_4 는 다음과 같이 표현된다.

$$i_4 = \frac{j\omega^3 M_{12} M_{23} M_{34} V_s}{Z Z Z Z + \omega^2 M_{12}^2 Z_3 Z_4 + \omega^2 M_{23}^2 Z_1 Z_4 + \omega^2 M_{34}^2 Z_1 Z_2 + \omega^2 M_{12}^2 M_{34}^2} \quad (3)$$

또한, 이 와 같은 시스템은 S 파라미터를 사용하여 쉽게 해석할 수 있다. 이 시스템의 S21은 전력전송효율을 의미하며 이는 다음의 식으로 표현 될 수 있다. (Sample et al., 2011, as cited in Fletcher & Rossing, 1998; Mongia, 2007).

$$S = 2 \frac{V_L}{V_S} \left(\frac{R_S}{R_L} \right)^2 \quad (4)$$

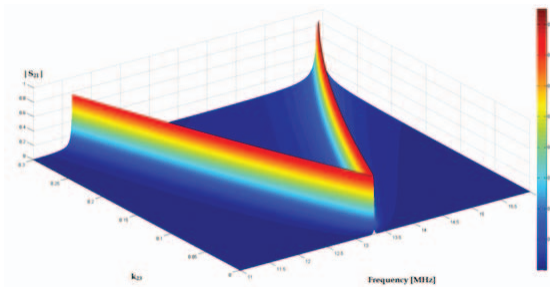
$$|S_{12}| = \frac{2k_{12}k_{23}k_{34}Q_2Q_3\sqrt{Q_1Q_4}}{1+k_{12}^2Q_1Q_2+k_{34}^2Q_2Q_3+k_{12}^2k_{34}^2Q_1Q_2Q_3Q_4} \quad (5)$$



〈표 3〉 Specific Absorption Rate(SAR)

구분	한국	일본	미국	CENELEC (1)	ICNIRP (2)	IEEE (3)
주파수 범위	100kHz~10GHz	100kHz~3GHz	100kHz~600MHz	10kHz~300GHz	100kHz~10GHz	100kHz~3GHz
일반인 (W/kg)	전신	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
	머리/몸통	1.6	2	1.6	2	2
	사지	4	4	4	4	4
직업인 (W/kg)	전신	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
	머리/몸통	8	10	8	10	10
	사지	20	20	20	20	20

- 1) CENELEC : European Committee for Electrotechnical Standardization,
- 2) ICNIRP : International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection,
- 3) IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers.



〈그림 5〉 거리와 주파수에 따른 S₂₁

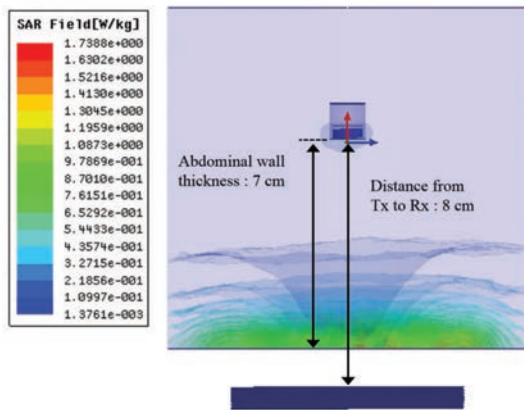
위의 수학적식들을 이용하면 S₂₁의 크기에 관한 식(5)을 얻을 수 있다. 이러한 분석은 무선전력전송 시스템을 이해하는데 매우 효율적이며 이를 이용하여 무선 전력 전송에서 발생할 수 있는 현상들을 증명할 수 있다. 이 분석을 통하여 S₂₁의 크기는 오직 k₂₃와 주파수에 의하여 결정될 수 있다는 것을 알 수 있다. 사실 이러한 원리는 이미 잘 알려진 바와 같다. k₂₃은 두 개의 공진기 거리에 의하여 바뀌는 결정되는 파라미터이기 때문이다. 공진기 사이의 거리가 커질수록 상호 인덕턴스의 값은 작아지게 되고 전체적인 전송효율의 감소를 유도하게 된다. 또한 공진기 사이의 불일치에 의해서도 전체적인 기구의 거리가 멀어지게 되므로 이 또한 효율의 감소를 가져오게 된다. 〈그림 5〉는 유도된 수식을 그래픽적으로 보여준 결과이며 예상되는 공진 주

파수는 13.78 MHz이다. 그러나 커플링 계수 k₂₃이 일정값 이상으로 커질 때 공진 주파수가 두 개로 벌어지는 현상이 발생하며 이를 주파수 분할 현상이라 부르는 것이다. 이러한 현상 때문에 오히려 두 공진기의 거리가 가까워지면 가까워질수록 효율이 감소하는 현상이 발생하는 문제점이 있으며

이를 극복하기 위한 방법은 후에서 언급하기로 한다. 이 시스템을 검증하기 위한 다른 방법으로는 등가회로를 통해서 전력전송효율을 예측하는 방법이다. k₂₃이 증가함에 따른 주파수가 분할되는 현상을 확인할 수 있는 결과이다. 수학적식에서 예측된 결과를 통하여 증명될 수 있으며 두 공진기의 거리가 가까워짐에 따라 k₂₃의 값은 증가하게 되고 이는 곧 주파수 분할로 이어진다. 그러므로 전력 전송의 효율을 높이기 위해서는 적합한 주파수로 전력을 공급하거나 또 다른 기술을 사용하여 공진 주파수를 원하는 주파수로 옮겨갈 필요가 있다.

**의료용 인체 삽입형모바일 기기에
무선 전력 전송을 적용하면 기존의
배터리 문제를 해결할 수 있지만
인체에 미치는 영향에 대한 고려가
동반되어야 한다.**

의료용 인체 삽입형 모바일 기기에 무선전력전송을 적용하면 기존의 배터리 문제를 해결할 수 있다. 무선 전력전송 기술이 체내 이식형 의료센서에 적용될 경우, 핸드폰, 노트북 등 모바일 장치에 적용할 것들 보다 많은 것이 고려되어야 한다. 모바일 장치에서 문제가 되는 것처럼 최대 전력 전송 효율을 위한 연구가 진행되어야 하고, 상대적으로 더 제약된 공간에 삽입해야 하



(그림 6) SAR 시뮬레이션 결과

기 때문에 크기 문제에서도 많은 고려를 해야 한다. 또한 인체에 지속적으로 강한 전자기파를 방사 할 경우 인체에 영향을 미치는 부분도 고려해야 한다.

각 국가와 기관에서는 인체 내에 흡수되는 전자기파 흡수율을 제한하고 있으며, 그 기준은 위의 표와 같다. 각 단계마다 주파수 범위에서는 차이를 보이나, 지정된 범위에서는 대략 비슷한 기준을 갖는다 전신의 경우 0.08 W/kg 을 넘으면 안되는데, 이는 전 신체 온도가 1℃가 오르게 되면 사람이 죽음에 이를 수 있어 가장 엄격한 기준을 갖는다. 몸통에 경우 1.6~2 W/kg 정도 이고, 사지의 경우에는 4 W/kg 으로 가장 낮은 기준을 갖는다.

무선전력전송 기술을 인체 내부로 가져가게 될 경우 위 기준을 만족시키는 연구가 동시에 진행되어야만 한다. 아래의 그림의 경우 무선전력전송 기술로 인체 내부에 전력을 전송 시킬 시 인체에 흡수되는 흡수율을 나타낸 3D 그래프이다. 시뮬레이션 상태는 송신부에서 수신부로 0.3 W를 전송시키는 상황에서의 SAR 그래프로 최대 SAR 값을 갖는 지점이 1,739 W/kg이다. 무선전력전송 기술 중 자기장을 이용한 전력전송은 인체 흡수율이 다소 낮은 편으로 인체에 가장 안전한 무선전력전송 기술로 위험도가 낮으나 인체에 사용하는 만큼 신중하게 연구되어야 할 것이다. 또한 아직 활발히 연구 중인 분야이면서, 논란이 많은 분야이기 때문에 임상실험 등의 검증 실험이 반드시 실행되어야 하겠다.

IV. 의료용 무선전력전송 통신칩

앞에서 언급한 바와 같이 인체삽입형 의료기기의 경우에는 크기에 큰 제약을 받는다. 따라서 기기의 소형화가 필요하다. 이를 위해 무선전력 전송 기술을 사용하면 가장 큰 부피를 차지하는 배터리의 크기를 줄일 수 있다.

반면 무선전력전송을 위한 안테나 및 회로가 들어가면 칩 사이즈가 커지기 되는데, 이는 무선 전력 전송 회로 및 통신회로 원 칩 솔루션을 통해 사이즈 문제를 극복하려는 시도를 하고 있다. 하지만 무선전력전송의 경우 수신단은 거리와 각도, 위치에 따라 수신되는 전압의 편차가 매우 크기 때문에 HV (High Voltage) 공정을 사용해야하는 반면 통신칩의 경우는 LV (Low Voltage) 공정을 사용하여야 전력 소모가 줄어들기 때문에 하나의 칩에 두 개의 회로를 집적시키는 기술이 더 필요한 상황이다. 또한 전력을 다루는 무선전력전송 회로와 통신회로간 전압간섭도 풀어야 할 과제이다.

무선 전력 전송 기술 및 통신 칩을 활용한 의료용 기기는 기존 크기의 제약이 있던 문제 및 일정 주기마다 배터리 충전을 위하여 기기를 다시 꺼내야 하는 번거로움 등을 해결 할 수 있는 장점 이 있지만 무선 전력 전송 기술 및 통신 칩이 공존하는 경우 충전 시 발열 문제가 발생 할 수 있어 이에 대한 해결책이 필요하다. 인체 내에 삽입된 기기의 온도가 1도만 올라간다고 하더라도 인체에 큰 영향을 줄 수 있고, 칩의 동작 성능을 저해 할 수 있기 때문에 허용된 온도 내에서 동작을 위한 온도 센싱 및 제어 회로 기술을 통해 위와 같은 문제의 개선이 필요하다. 또한 기준 치 이상의 온도에서는 칩의 동작을 중단 시키는 시스템 구현을 통해 인체에 무해한 의료용 무선 전력 전송 통신칩 개발이 필요하다.

V. 결론

통신기술과 의료기술의 발달로 의료기기가 점점 최첨단화 되어 가면서 환자의 안전과 편의성의 요구가 점점



더 높아지고 있다. MICS 분야는 이 요구를 만족시키는 기술로 그 분야가 날로 확장되어가고 있다. 또한 무선 전력전송 분야는 의료분야 뿐 아니라 휴대폰, 가정, 자동차에 이르기까지 주목받고 있는 기술로, WBAN에 적용시 여러 가지 혜택을 볼 수 있다. 그 중 가장 큰 혜택은 이동가능성의 향상과 배터리 크기 축소로 인한 기기의 소형화를 꼽을 수 있다. 하지만 MICS 통신기술이 아직 널리 보급되지 않았고, 무선전력전송기술 또한 아직 초기 실험단계에 있기에 풀어야 할 과제가 많이 남아있다. 그렇지만 기술이 점차 발전하고 사람들의 편의와 안전을 생각한 개발을 지속한다면 사용자의 요구는 늘어갈 것이고, 모두가 자연스럽게 무선충전이 가능한 MICS 기기를 사용하는 날이 머지않아 올 것이라 예상할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Huseyin S. Savci, Ahmet Sula, Zheng Wang, Numan S. Dogan, "MICS Transceivers: Regulatory Standards and Applications"
- [2] Australian Communications Authority, "Planning for Medical Implant Communications Systems(MICS) & Related Devices", October, 2003.
- [3] 주간기술동향 1326호, "MICS 주파수 및 기술기준", 정보통신산업진흥원 (National IT Industry Promotion Agency), 2007.12.12
- [4] B. Latre, B. Braem, I. Moerman, C. Blondia, and P. Demeester, "A survey on wireless body area networks," Wirel. Netw., vol. 17, no. 1 pp. 1-18, Jan. 2011.
- [5] ICNIRP, "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)," Health Phys., vol. 74, pp. 494-522, 1998.
- [6] ICNIRP, "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz)," Health Phys., vol. 99, pp. 818-836, 2010.
- [7] IEEE Standard for Safety Levels With Respect to

Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz, IEEE Standard C95.1, 2005



장 희 돈

- 2011년 서울과학기술대학교 전자정보공학 학사
- 2011년 1월~2012년 8월
(주)이엔테크놀로지 연구소 근무
- 2013년 3월~현재 울산과학기술대학교 전기전자 컴퓨터공학 석박통합과정

<관심분야>

의료용 무선통신 IC, 무선전력전송 시스템



나 경 민

- 2010년 한양대학교 전자통신컴퓨터공학 학사
- 2012년 광주과학기술원 나노바이오재료전자공학 석사
- 2012년 3월~현재 울산과학기술대학교 전기전자 컴퓨터공학 박사과정

<관심분야>

무선전력전송 시스템, 무선통신 IC



변영재

- 1997년 연세대학교 전자공학 학사
- 2000년 Georgia Institute of Technology
전자공학 석사
- 2006년 Georgia Institute of Technology
전자공학 박사
- 2000년 5월~2002년 12월
Agilent Technologies, San Jose, CA
- 2003년 1월~2004년 12월
Quellan, Inc. Atlanta, GA, Senior
Engineer
- 2007년 3월~2009년 2월
Staccato Communication, San Diego,
CA, Senior Engineer

〈관심분야〉

Analog/RF IC 설계, 차량용 전자 기술, 바이오메디컬 전자 기술, 무선전력전송 시스템