

---

# 생체센서를 위한 인체통신시스템

정재욱\* · 강정모\*\* · 김명식\*\*\* · 오우진\*\*\*

Intra-Body Communication System for Bio Sensors

Jae-Wook Jung\* · Jung-Mo Kang\*\* · Myung-Sik Kim\*\*\* · Woo-Jin Oh\*\*\*

---

본 연구는 금오공과대학교학술연구비에 의하여 연구된 논문임

---

## 요 약

본 연구에서는 인체를 통신채널로 사용하는 PAN(Personal Area Network) 중에서 생체센서(Bio sensor)에 적합한 인체통신 방식을 제안한다. 생체센서용 통신시스템은 인체내외의 센서에서 수집된 대량의 정보가 허리나 팔등에 장착된 수신부로 고속 전송할 수 있어야 한다. 제안된 모뎀은 인체채널에 대한 특성을 분석하여 특성이 우수한 10MHz의 저주파 대역을 사용하며 저전력과 소형화에 유리한 기저대역 통신방식으로 설계되었다. 설계된 모뎀은 20cm거리에서 BER=10<sup>-5</sup>로 5Mbps까지 전송이 가능하며, 2x2cm의 초소형으로 구현하고 동작을 확인하였다.

## ABSTRACT

In this paper, we propose a new Intra-body communication system for bio-sensor which is one of applications in PAN(Personal Area Network) using body channel. The communication systems for bio-sensor network usually transmits a lot of data acquired in sensor to the receiver in wrist or waist. So we deign the intra-body modem with high data rate, low power, and small size which are achieved by baseband communication techniques. It is noted that the baseband transmission does not requires any analog IF and RF frontends, and can be operated in lower frequency than bandpass transmission. The proposed modem operates at 10MHz band according to the characteristics of intra-body channel, and shows the capability of 5Mbps data rate at distance of 20cm, with BER=10<sup>-5</sup>. In addition, we implement the modem within 2x2cm area.

## 키워드

인체내 통신, 모뎀, PAN, Intra-Body communication

## I. 서 론

최근에 인체를 통신채널로 사용하여 데이터를 전송하는 인체통신이 많이 연구되고 있다. 인체통신의 가장

큰 장점은 휴대폰, PDA, MP3 플레이어 등의 개인휴대 전자정보기기들을 유무선의 복잡한 연결없이 간단히 접촉(Touch)만으로도 정보교환이 가능하다는 것이다. 또한 인체채널은 전통적인 무선채널보다 외부 간섭이

---

\* AKT Inc. Korea branch

\*\* LG Innotek

\*\*\* 금오공과대학교 전자공학부

거의 없으며 인체 허용기준을 준수할 경우에 별도의 허가없이 사용할 수 있는 특징이 있다. 이러한 인체통신 기술은 PAN(Personal Area Network) 또는 BAN(Body area Network)이라 불리며 유비쿼터스(ubiquitous)나 wearable computing 등의 분야에서 수십Mbps까지의 전송속도를 목표로 다양하게 연구 중에 있다 [1]-[9].

인체통신의 또 다른 응용분야는 생체센서(Bio Sensor)이다. 공학의 발전은 의학에도 영향을 주어 ECG, EEG, EKG, EMG 등과 같은 전통적인 생체신호용 센서 뿐만 아니라 최근에는 심박조율기(pacemaker), 심장세동기(defibrillator), 혈당조절기 등 특정 질병에 적합한 소형의 휴대형 치료기도 개발 보급되고 있다. 소형 장비들은 인체 내에 삽입되거나 피부에 부착될 수 있는 수준까지 발전하고 있어 이 장비들을 연결하기 위한 기술로 인체통신이 하나의 방법으로 다양하게 연구 중에 있다. 이러한 각 센서들은 대개의 경우 초당 수회의 측정데이터를 수십Kbps로 전송하고 있다 [1], [2].

인체통신은 zimmerman이 wearable computing을 위해 처음 제안하고 FSK 변조로 9.6Kbps까지 통신이 가능함을 보였다. 이 방식은 인체를 electrostatic coupling으로 모델링한 것으로 고속 전송이 어려운 단점이 있다 [3].

그림 1에 3가지 형태의 인체통신방식을 보였다 [4]. Simple circuit 모델은 인체를 전도체에 따른 저항으로 등가모델화 하여 사용하는 것으로 가장 대표적인 것이 비만도 측정기가 있다. 그러나 이 방식은 명시적인 return path가 요구되어 인체 통신에 적용하기 어려운 문제점이 있다. Electrostatic 모델은 인체를 커패시턴스(capacitance)로 모델링하며, return path는 목시적으로 전도성 바닥 또는 접지면을 통해 이루어진다. 이 방식은 일반적으로 수십kbps까지가 전송이 가능한 것으로 알려져 있으며 zimmerman의 연구가 이에 해당한다. Waveguide 방식은 near-field 통신이라고도 하며, 초근거리에서 인체를 통하여 전도되는 E-field 및 H-field를 이용하는 통신방식이다. 이 방식은 수백Kbps까지 전송이 가능하며 외부 간섭이 거의 없는 장점이 있다 [5]-[7]. 최근에는 electro-optic 접촉패드를 사용하여 수십Mbps까지 전송에 성공하기도 하였다 [8].

본 연구에서는 Waveguide 방식으로 인체채널을 이용한 생체센서용 통신방식을 제안한다. 생체센서의 범위를 인체에 삽입(Implant), 삼키기(swallow), 또는 피부에 부착되는 초소형의 저전력 시스템으로 측정된 대량의

데이터를 허리나 손목에 착용된 휴대형 수신부에 주기적으로 전송하는 것을 가정하였다. 제안된 생체센서용 인체통신 모델은 인체채널의 특성을 분석하여 10MHz 대역, 단일 방향의 5Mbps급 전송을 갖도록 설계되었다. 또한 기저대역(Baseband) 통신 방식을 적용하여 소형, 저전력, 저가격으로 구현이 가능한 장점이 있다.

본 논문의 구성은 먼저 II장에서 인체통신 및 채널특성을 소개하고, III장에서 인체에 적합한 통신시스템을 설계하였다. IV와 V장에서 시뮬레이션 및 구현결과를 보이고 결론을 맺는다.

## II. 인체통신 및 채널

인체통신에서 전송매체로 사용되는 인체에 대한 채널분석 및 모델링 연구는 최근 다양하게 진행되고 있다. Waveguide 방식에 대하여 논문 [4]에서는 그림 1과 같이 송수신단에 각각 한쌍의 전극을 사용하여 합수발생기와 오실로스코프로 전달특성을 측정하였다. 입력 신호는 1MHz~40MHz 주파수 범위를 가지는 1V<sub>p-p</sub>의 정현파로 상완에 공급되어 손목부분에서 측정된다. 사용된 전극의 재료는 구리, 알루미늄, 청동, 니켈, 염화은(Ag-AgCl)등 다양하게 실험하였으며 염화은 전극이 가장 우수한 결과를 보였다. 논문 [6]에서는 인체를 커패시턴스 임피던스로 모델링하여 송수신단 간의 이득을 구하고, 다양한 의료용 전극에 대하여 실험하였다. 논문 [9]에서는 한 개의 전극은 피부에 접촉하고 다른 전극은 공기 중에 floating하는 단일 전극방식을 제안하여 기존

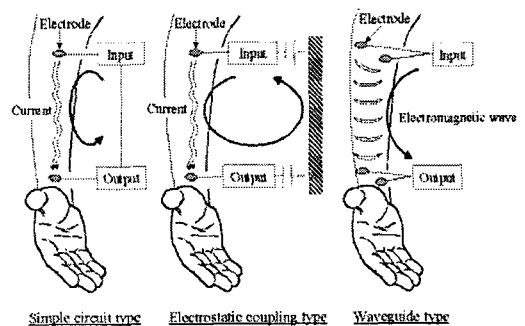


그림 1. 인체통신에서의 신호전달 모델[4]  
Fig. 1. Propagation Model of signal in Intra-body communication[4]

의 2개 전극을 사용하는 것에 비하여 전달 특성이 우수한 것으로 보였다. 그러나 이는 수신단의 입력저항을 무한대로 가정한 경우이며, 실제 수신단의 입력저항은 수 MΩ이므로 공기중에 있는 (-)전극과 피부에 접촉한 (+) 전극간의 임피던스에 비해 작은 값을 갖는다. 따라서 단일 전극보다 2개의 전극을 사용하는 것이 더 높은 이득을 얻게된다. 논문 [8]에서는 입력저항을 거의 무한 값으로 할 수 있는 electro-optic 전극을 개발 및 적용하여 IEEE802.3의 패킷통신을 10Mbps까지 전송하기도 하였다. 다만 이 특수 전극은 고가이므로 본 연구에서 목표하는 저가형 시스템에 적용되기는 어렵다.

최근에는 원통의 임피던스로 모델링하여 1MHz까지의 대역에 대하여 FE(Finite Element)방식을 적용하거나 [10], 분산 RC모델을 적용하기도 하였으나 [11], 여러 논문간의 결과 값은 다소 상이한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 그림 1의 Waveguide 방식이 개발하고자 하는 인체 통신 시스템과 가장 유사하므로 이 모델을 바탕으로 채널분석 및 모뎀 설계를 수행하였다. 실험에 사용된 계측기는 전원선을 통한 접지 영향을 제거하기 위하여 배터리 등의 독립전원으로 실험하였으며, 그림 2의 특성을 얻었다. 이 결과는 논문 [4]와 유사하며, 10MHz 부근의 대역이 가장 우수함을 알 수 있다. 고주파에서 다시 이득이 증가하는 것은 공기 중으로 전파되는 RF전송으로 나타난 효과이며 이 경우에는 Electrode가 아닌 송신 주파수에 따라 적절한 안테나를 사용해야 할 것이다.

IEEE에서는 RF 전자기파의 인체에 대한 안전을 위하여 허용 강도를 DC부터 수십GHz까지 표준화하여 제시하고 있으며 본 연구에서도 이를 준수해야 한다[12].

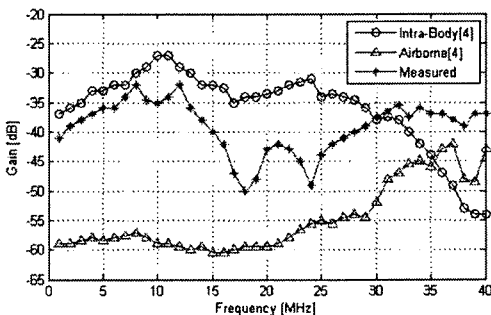


그림 2. 인체와 공기 중에서의 전파 이득  
Fig. 2. Propagation Gain in Intra-body and Air

### III. 인체통신 시스템 설계

II장에서 살펴본 바와 같이 인체채널은 10MHz부근에서 전송특성이 가장 우수하므로 본 연구에서는 10MHz 대역을 사용하는 통신시스템을 설계할 것이다. 대부분의 고속전송 인체통신 방식이 대역통과(Band Pass) 통신을 사용하고 있으나 [1], [4-6], 이 방식은 고주파의 송수신을 위해 VCO(Voltage Controlled Oscillator), 대역통과 필터, PLL(Phase Locked Loop) 등으로 구성된 복잡한 아날로그 처리단이 필요하여 저전력, 소형화, 저가격으로 설계하는데 장애요인이 된다. 기저대역 통신은 일반적으로 폐쇄된 통신채널, 즉 우수한 전송매체를 사용하는 유선통신에서 많이 적용되고 있으며 구현이 간단한 장점이 있다. 인체채널도 센서 이외에는 다른 신호가 유기되지 않기 때문에 간섭이 적은 독립 채널로 고려할 수 있어 IEEE에서 규정한 허용 규격을 준수하면 유선매체로 생각할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 간섭 및 감쇄의 인체채널 특성과 복잡도 및 저전력 등의 구현성을 고려하여 10MHz 대역폭의 기저대역 통신을 인체통신 방식으로 결정하였다.

그림 3은 제안된 송신기의 블록도이다. 인체에서 얻어진 ECG, EEG, EKG, EMG, 혈당, 환부의 영상 등의 측정 데이터는 오류정정을 위한 K=5, R=1/2의 콘블루션 부호화기로 전달된다. 부호화된 심볼은 DBPSK(Differential Binary Phase Shift Keying)을 거쳐 DC 차단필터, 수동형 저역통과 필터, 증폭기를 거쳐서 인체를 통하여 송신된다. 차분방식은 수신부에서 반송파 재생이 용이하고 구현이 간단한 비동기 복조를 사용할 수 있는 장점이 있다 [13]. DC 차단 필터는 인체에 자연적으로 존재하는 전기 신호에 영향을 주지 않기 위하여 3KHz 미만을 차단하기 위한 것이다 [12].

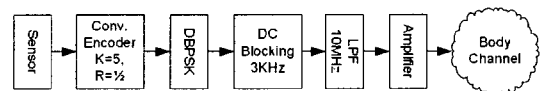


그림 3. 송신부 블록도  
Fig. 3. Block Diagram of Transmitter

센서부에서 송신된 신호는 소형의 단말형태로 허리나 손목에 장착된 수신부로 전달되며, 이때 수신부 역시 휴대형, 저전력 설계가 요구된다. 따라서 수신기는 동기 방식보다 성능저하가 발생해도 구현이 간단한 비동기 복조기를 사용하였다. 그림 4는 본 연구에서 사용한 상관관을 이용한 최적 차분 검출기(Optimum Differential Detector)이며 일반적인 비동기 복조방식인 Delayed Multiplier보다 2dB정도 우수한 성능을 보인다 [13]. 수신부의 소모전력을 줄이기 위해 preamble 데이터에 Moving window 방식의 패킷 검출기법을 적용하였다. 심볼동기를 위해 그림 5와같이 Early-Late Gate를 변형한 방식을 제안한다. 제안된 방식은 일반적인 Early-Late가 VCO 및 PLL 대신에 Signed-LMS(Least Mean Square) 적응필터처럼 오차의 부호에 따라 심볼의 위치를 적응 보상하는 간단한 구조이다. 그밖에 8-level 연판정 viterbi decoder, 비균등 채널 감쇄를 보상하는 고정 소수점 계수의 전처리필터 등을 적용하였다. 또한 수신 이득제어를 위해 패킷 검출단에서 추정된 수신전력 값으로부터 VGA(Variable Gain Amplifier)를 제어하였다.

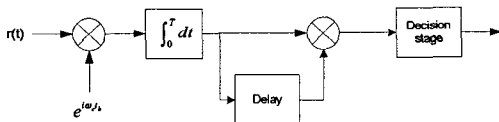


그림 4. 최적차분 검출기 [13]  
Fig. 4. Optimum Differential Detector [13]

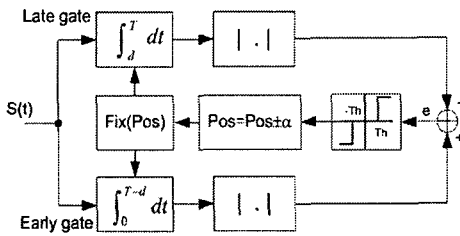


그림 5. 변형된 Early-Late 게이트 동기부  
Fig. 5. Modified Early-Late Gate Timing

IV. 시뮬레이션 및 구현

그림 6은 제안된 시스템의 정수형 시뮬레이션 결과이다. 심볼동기 오차가 20% 발생하는 경우에 uncoded

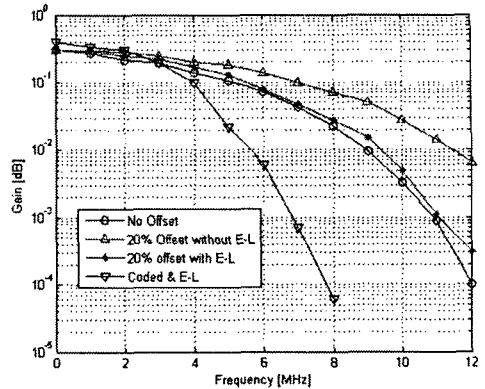


그림 6. BER 성능  
Fig. 6. BER performance

BER은 3dB 이상 열화되거나 제안된 변형 Early-Late 동기를 사용하여 오차가 없는 경우와 거의 동일하게 개선되었음을 알 수 있다. 전체 시스템의 성능은 coded & E-L과 같이 나타난다.

센서부의 인체통신 송신기는 구현 크기가 중요하므로 UBGA(Ultrafine Ball Grid Array)의 Altera Max7000, 칩소자, 단추형 전지를 사용하여 2cm x 2cm 이하의 면적으로 구현되었다. 수신부는 소형화하지 않고 QFP형의 FPGA 및 일반 소자로 구현하였다.

송수신 실험은 별도의 생체센서 없이 FPGA에서 테스트용 데이터를 발생시켜 사용하였으며, 20cm 이격된 수신부에서 안정적으로 수신됨을 확인하였다. 그림 7은 수신신호를 영상으로 보인 것으로 10<sup>-5</sup> 정도의 BER을 얻었다.

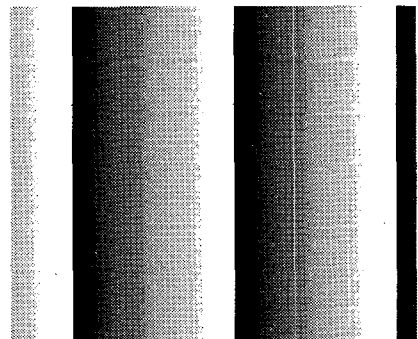


그림 7. BER=10<sup>-5</sup>인 수신영상  
Fig. 7. Received Image with BER=10<sup>-5</sup>

## V. 결론

인체를 통신채널로 사용하는 5Mbps급 고속 인체통신 시스템을 설계 및 구현하였다. 제안된 시스템은 인체 내외의 소형센서에서 수집된 대량의 정보를 허리나 팔 등에 장착된 수신부로 무선전송 할 수 있게 해준다. 이 모델은 인체채널에 대한 특성을 분석하여 채널특성이 우수한 10MHz의 대역을 사용하였으며, 저전력 및 소형화에 유리한 기저대역 통신방식으로 개발되었으며, FPGA로 구현하여 인체환경에서 BER=10<sup>-5</sup>, 5Mbps의 성능을 확인하였다.

양방향 통신을 위해 센서부에 수신기능이 추가되어야하나 센서부의 전력소모와 크기 등에 제한이 있어 향후 연구과제로 극소전력 수신기 개발이 요구되는 바이다.

## 참고문헌

- [ 1 ] T. Handa, S. Shoji, S. Ike, S. Takeda, and T. Sekiguchi, "A Very Low-power Consumption Wireless ECG Monitoring System Using Body as a Signal Transmission Medium," *Int. Conf. on Solid-State Sens. Actuat. Microsystems*, Chicago, USA, June 1997.
- [ 2 ] T. Akin, K. Najafi, and R. M. Bradley, "A Wireless Implantable Multichannel Digital Neural Recording System for a Micromachined Sieve Electrode," *IEEE J. of Solid-state Circuits*, Vol. 33, No. 1, pp. 109-118, Jan. 1998.
- [ 3 ] T. G. Zimmerman, *Personal Area Networks (PAN) : Near-Field Intra-Body Communication*, M. S. thesis, MIT Media Laboratory, 1995.
- [ 4 ] K. Hachisuka, A. Nakata, T. Takeda, Y. Terauchi, K. Shiba, K. Sasaki, H. Hosaka, and K. Itao, "Development Wearable Intra-body Communication Devices," *Sens. Actuators: A Phys*, 105, pp. 109-115, 2003.
- [ 5 ] M. S. Wegmueller, W. Fichtner, M. Oberle, and N. Kuster, "BPSK & QPSK Modulated Data Communication for Biomedical Monitoring Sensor Network," *IEEE EMBS*, New York, USA Aug. 2006.
- [ 6 ] M. S. Wegmueller, M. Oberle, N. Felber, N. Kuster, and W. Fivhtner, "Galvanical Coupling for Data Transmission through the Human Body," *IMTC 2006*, Sorrento, Italy, April 2006.
- [ 7 ] C. H. Hyoung, J. B. Sung, J. H. Hwang, J. K. Kim, D. G. Park, S. W. Kang, "A Novel system for Intrabody Communication: Touch-And-Play," *IEEE ISCAS2006*, Island of Kos, Greece, May 2006.
- [ 8 ] M. Shinagawa, M. Fukumoto, K. Ochiai, and H. Kyuragi, "A Near-Field-Sensing Transceiver for Intrabody Communication Based on the Electrooptic Effect," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, Vol. 53, No 6, pp. 1533-1538, 2004.
- [ 9 ] K. Hachisuka, Y. Terauchi, Y. Kishi, T. Hirota, K. Sasaki, H. Hosaka, K. Ito, "Simplified Circuit Modeling And Fabrication of Intrabody Communication Devices," *Int. Conf. on Solid-State Sens. Actuat. Microsystems*, Seoul, Korea, June 2005.
- [ 10 ] M. S. Wegmueller, A. Kuhn, J. Froehlich, M. Oberle, N. Felber, N. Kuster, and W. Fichtner, "An Attempt to Model the Human Body as a Communication Channel," *IEEE Trans. Biomedical Eng.* Vol. 54, No.6, 2007.
- [ 11 ] N. Cho, J. Yoo, S. Song, J. Lee, S. Jeon, and H. Yoo, "The Human Body Characteristics as a Signal Transmission Medium for Intrabody Communication," *IEEE Trans. Microwave Theory and Tech.*, Vol. 55, No. 5, pp. 1080-1086, May 2007.
- [ 12 ] IEEE Std C95.3-2005, *IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz*, 2005.
- [ 13 ] B. Sklar, *Digital Communications: Fundamentals and Applications, 2nd ed*, Prentice Hall, 2001.

## 저자소개



**정 재 욱(Jae-Wook Jung)**

2004년 금오공과대학교 전자공학부  
학사

2006년 금오공과대학교 전자통신공학과  
석사

2006년 2월~현재 : AKT 대리

※관심분야: 신호처리, 통신신호처리



**강 정 모(Jung-mo Kang)**

2004년 금오공과대학교 전자공학부  
학사

2006년 금오공과대학교 전자통신공학과  
석사

2006년 2월~ 현재 : LG Innotek Power연구실 주임연구원

※관심분야: 신호처리, 통신신호처리



**김 명 식(Myung-Sik Kim)**

1983년 경북대학교 전자공학과 학사

1985년 한국과학기술원 전기 및 전자  
공학과 석사

1992년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사

1985년 3월~1992년 7월: 한국과학기술연구원 응용전자  
연구실 선임연구원

1992년 8월~현재 : 금오공과대학교 전자공학부 교수

※관심분야: 반도체 회로 설계(A/D & D/A 변환기 회로)



**오 우 진(Woo-Jin Oh)**

1989년 한양대학교 전자공학과 학사

1991년 한국과학기술원 전자공학과  
석사

1996년 한국과학기술원 전자공학과 박사

1996년 2월~1998년 8월: SK Telecom 중앙연구원  
선임연구원

1998년 8월~현재 : 금오공과대학교 전자공학부 부교수

※관심분야: 신호처리, 통신신호처리, 이동통신