

신체 외부 고속 통신에서 Noncoherent 수신기 기반의 안테나 선택 기법

Antenna Selection Scheme Using Noncoherent Receivers for Off-Body High Data Rate WBAN

박종석* 황재호** 장성진** 김재명*** 이형수****
(Jong-Seok Park) (Jae-Ho Hwang) (Sung-Jeen Jang) (Jae-Moung Kim) (Hyung-Soo Lee)

요약

WBAN은 인체 내부 혹은 인체로부터 3미터 이내의 주변에서 일어나는 근거리 무선 통신을 목적으로 하는 네트워크이며 운전자의 생체 정보를 분석하여 보다 안전한 차량 운전이 가능하도록 하는 차량 산업에 적용할 수 있다. 본 논문에서는 고속 WBAN 시스템의 요구 조건을 만족하기 위한 UWB 기술과 다중 안테나 기법에 대해 논하고 Noncoherent UWB 수신기를 이용한 수신 안테나 선택 기법을 제안한다. 제안된 방식은 Noncoherent 수신기를 이용하여 BPPM 구간의 에너지 비율을 비교하여 수신 신호를 선택하는 기법으로 2~4개의 수신 안테나 환경에서의 성능을 비교 하였고, 시스템의 요구조건인 10-3 BER을 만족하는 경우에는 수신 신호의 에너지 크기를 비교하여 안테나를 선택하는 방식에 비해 4dB 이상의 성능 향상을 보였다.

Abstract

As the development of wireless techniques, transmission technology of body area network plays an important role in realizing a welfare society by combining IT and BT when applying to vehicles. Off-body WBAN (Wireless Body Area Network) systems for video data transmission require low battery consumption and high data rate. To satisfy the requirement, UWB has been considered as a promising candidate for high rate WBAN. This paper introduces an antenna selection technique for ultra-wideband based off-body WBAN system with low complexity. In this paper, we propose an antenna selection scheme using non-coherent receiver for off-body high data rate WBAN system. The proposed receiver antenna selection method takes advantage of the characteristic of BPPM (Binary Pulse Position Modulation). With the property of BPPM, this scheme calculates the approximate SNR of the received signal with non-coherent receiver.

Key words: WBAN, off-body, antenna selection, UWB, noncoherent UWB, BPPM

† 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었습니다.
(IITA-2009-C1090-0902-0019). 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 IT신성장동력핵심기술개발 사업의 일환으로 수행하였음.(2008-F-042-02, WBAN In-body 시스템과 On-body 시스템 개발)
* 주저자 : 인하대학교 정보통신대학원 WITLAB 석사과정
** 공저자 : 인하대학교 정보통신대학원 WITLAB 박사과정
*** 공저자 : 인하대학교 정보통신대학원 WITLAB 교수
**** 공저자 : 한국전자통신연구원 책임연구원
† 논문접수일 : 2009년 11월 24일
† 논문심사일 : 2009년 12월 26일
† 게재확정일 : 2009년 12월 28일

I. 서 론

최근 wearable 컴퓨터, 헬스케어와 같은 IT-BT 융합기술 분야에서 WBAN(Wireless Body Area Network) 시스템에 대한 관심이 높아지면서 차량 통신과의 접목에 대한 연구도 활발히 진행 중이다. 현재 위치 추적, 전후방 감지 등의 기술이 이미 적용되어 활용되고 있으며 운전자의 특성, 상태에 따른 차량에서의 정보 제공이 이슈화 되고 있다. 이러한 운전자의 정보를 통하여 현재의 상태, 예를 들어 졸음 운전 여부나 갑작스런 건강 악화에 따라서 경고 지시나 응급조치 등을 취할 수 있다. 이를 위해서는 차량 내부에서의 정보 전송이 수반 되어야 하므로 인체 영역에서의 통신 기술인 WBAN의 응용이 필요하다 [1, 2]. WBAN은 인체 내부 혹은 인체로부터 3미터 이내의 주변에서 일어나는 근거리 무선 통신을 목적으로 하는 네트워크이며 IEEE 802.15.6 TG BAN을 중심으로 물리계층, 데이터 링크 계층, 네트워크 계층 및 응용 계층 등에 대한 표준화가 진행되고 있다 [3, 4].

WBAN은 응용 분야에 따라서 MP3 플레이어와 헤드셋 등의 무선을 이용하여 다양한 미디어 정보를 줄일 수 있는 비의료분야와 심전도, 근전도 등의 생체 신호를 측정하여 무선으로 데이터를 전송하는 의료분야로 구분될 수 있으며 장치의 위치에 따라 인체 내부 (In-Body) 통신, 인체 표면 (On-Body) 통신과 인체 외부 (Off-Body) 통신으로 구분 된다 [5]. 또한 WBAN 시스템을 전송속도에 따라 저속, 중속 및 고속으로 나누기도 한다. 저속은 모니터링을 위한 제어 신호 전송에 응용할 수 있으며, 중속은 헤드폰 및 EEG 등 음성신호 전송에 응용할 수 있다. 그리고 고속은 무선 캡슐내시경과 같은 동영상 데이터 전송에 응용할 수 있다.

WBAN은 저전력, 고신뢰성 통신을 요구한다. 인체 내부에 이식하는 WBAN 기기의 경우 WPAN에 비하여도 훨씬 낮은 수준인 수 mW에서 수십 mW의 전력 소비량을 요구한다. 동영상이나 의료용 영상을 전송하기 위해 WBAN 시스템은 10Mbps 이상의 전송속도를 요구한다 [4]. 이와 같이 저전력과 고속 전

송 두 가지 조건을 만족하기 위해 UWB (Ultra Wideband) 기술을 WBAN의 물리계층에 적용시키는 연구가 최근 관심을 끌고 있으며 표준화를 중심으로 활발한 연구가 진행 중이다. 넓은 주파수 대역을 점유하여 낮은 파워로 신호를 전송하는 UWB 방식은 캐리어를 사용하지 않고 나노 초 단위의 짧은 펄스를 전송하기 때문에 낮은 전력으로 고속 통신을 가능하게 한다 [6].

본 논문에서는 인체 외부 고속 통신을 위한 물리층 심벌 구조를 바탕으로 인체 외부 고속 통신을 위한 안테나 선택 기법을 제안하고 성능을 비교 분석한다. 제안하는 기법은 SIMO(Single Input Multi Output) 구조를 갖는 WBAN에서 PPM 구조의 특성을 이용하여 효과적으로 신호를 선택한다. 2장에서는 고속전송을 위한 WBAN 심벌 구조를 소개하고 3장에서는 Off-Body WBAN 통신에서 성능 저하가 생기는 요인과 이를 극복하기 위한 다중 안테나 기법과 안테나 선택 기법을 설명한다. 4장에서는 시뮬레이션 결과를 바탕으로 성능을 비교분석하며 마지막 5장으로 결론을 맺는다.

II. IEEE 802.15.6 WBAN

1. 고속 전송 WBAN

표준화가 진행 중인 IEEE 802.15 TG 6 에는 WBAN 통신 환경을 위한 채널 환경이 제안되어있다. 통신 노드의 위치에 따라 인체 외부, 인체 내부 통신으로 나눌 수 있다. 인체 내부 혹은 외부에 위치한 장치들 간의 통신 링크를 나타내며 주요 특성은 표 1과 같다.

표 1은 인체 내,외부 통신에서의 채널 환경에 따른 주요 특성과 요구사항을 나타낸다 [4]. 임플란트 기기를 통한 약물 주입이나 ECG, EEG 등의 생체 신호 측정을 위한 인체 내부 통신에서는 BER 10⁻¹⁰ 이하의 매우 높은 QoS(Quality of Service)를 요구하는 반면 비디오, 오디오 등의 데이터 전송을 위한 인체 외부 통신에서는 인체 내부 통신에서 보다는 QoS의 요구 사항이 낮음을 알 수 있다.

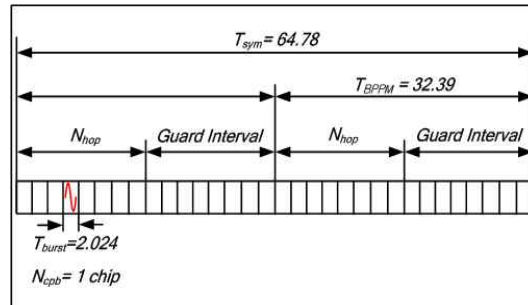
<표 1> 인체 통신 채널 환경에 따른 특성과 요구사항
 <Table 1> Property and requirement of BAN

	인체 외부	인체 내부
주파수대역	ISM/UWB/기타	400MHz MICS
채널모델	Multipath	Path-loss
도달거리	< 3m	< 2m
전송속도	10 kbps ~ 10 Mbps 이상	10 kbps ~ 6 Mbps
Duty Cycle	1 ~ 100%	0.1 ~ 50%
안정성	중간	매우 높음
용도	비디오/오디오/이미지/데이터	데이터/이미지
BER	< 10 ⁻³	< 10 ⁻¹⁰

WBAN 시스템은 인체 내부 또는 인체의 매우 근접한 거리에서 작동하므로 방사 전력에 엄격한 제한이 요구된다. 동영상 전송을 위한 고속 WBAN의 경우에는 10 Mbps 이상의 전송속도와 저전력 요구를 동시에 만족해야 한다 [4]. 이러한 요구사항을 만족하기 위하여 UWB 기술을 적용시킨 물리층 심벌 구조가 [7]에서 소개되었고, 채널 코딩보다 심벌 길이를 늘린 경우가 다중경로 채널에 더 강인하며 연접 구간에 적은 수의 칩을 사용하는 것이 성능 향상에 효과적임을 보여주었다. 이를 바탕으로 본 논문에서는 15 Mbps의 전송속도를 만족하면서 WBAN 채널 상황에서 효과적인 성능을 나타내는 그림 1의 심벌 구조를 사용한다.

그림 1은 고속 WBAN의 물리층 심벌 구조를 나타낸다. 변조 방식은 펄스의 위치에 정보를 실어 보내는 이진 PPM 방식인 BPPM 을 사용한다. 동일한 전송속도를 위해서는 심벌 길이를 줄여야 하는 채널 코딩은 고려하지 않은 심벌 구조이다. 연접 구간에는 하나의 칩을 사용한다. 하나의 심벌을 전송하기 위한 신호의 주기를 나타내는 T_{sym} 은 약 65 ns이며 이로 인해 약 15 Mbps의 데이터 전송률을 지원한다.

하나의 심벌은 약 32 ns의 길이를 갖는 2개의 BPPM 구간으로 이루어지며 어느 BPPM구간에 펄스가 존재 하느냐에 따라 1 비트의 정보를 전송하게 된다. 하나의 연접신호 구간 T_{burst} 에는 하나의 칩이 존재하며 다중 접속을 지원하기 위한 시간 도약 구간은 8 개이다.



<그림 1> 고속 인체통신의 물리층 프레임 구조
 <Fig. 1> PHY frame structure of WBAN

본 논문에서 사용 되는 시간도약 BPPM 기반 UWB 시스템의 송신신호는 다음과 같다 [8, 9].

$$s(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \sqrt{E_b} p(t - g_k T_{BPPM} - k T_c - h_k T_{burst}) \quad (1)$$

E_b 는 비트에너지, $p(t)$ 는 전송되는 가우시안 펄스를 각각 나타낸다. 심벌 정보는 $q_k \in \{0,1\}$ 이며 펄스가 위치하는 T_{BPPM} 구간의 위치에 따라 0 또는 1을 나타낸다. T_c 는 하나의 프레임 구간을 타나내며 $h_k \in \{0,1,\dots,N_{hop}-1\}$ 은 다중 접속을 위한 시간 도약 구간을 지정한다. T_{burst} 는 연접 펄스 구간이며 고속전송을 위한 WBAN 심벌 구조에서는 T_{burst} 구간에 하나의 펄스가 전송된다.

2. Off-body WBAN 채널 모델

IEEE 표준화 TG 6에는 표 2와 같이 인체 통신에서 7개의 채널 환경 시나리오 따른 4개의 채널 모델이 제안되어 있다 [10].

본 논문에서 고속전송 WBAN의 성능 분석을 위해 사용한 채널 모델은 인체 표면과 인체 외부 사이

의 통신 링크 모델인 CM4 이다.

<표 2> 시나리오에 따른 채널 모델
 <Table 2> List of scenarios and descriptions

시나리오	통신 링크	채널 모델
S1	임플란트 ↔ 임플란트	CM1
S2	임플란트 ↔ 인체 표면	CM2
S3	임플란트 ↔ 인체 외부	CM2
S4	인체 표면 ↔ 인체 표면 (LOS)	CM3
S5	인체 표면 ↔ 인체 표면 (LOS)	CM3
S6	인체 표면 ↔ 인체 외부 (LOS)	CM4
S7	인체 표면 ↔ 인체 외부 (NLOS)	CM4

CM4는 3.1-10.6 GHz 의 UWB 주파수 대역에서 LOS, NLOS 를 고려한 채널 모델이며 [11]에서 측정 한 데이터를 기반으로 한다.

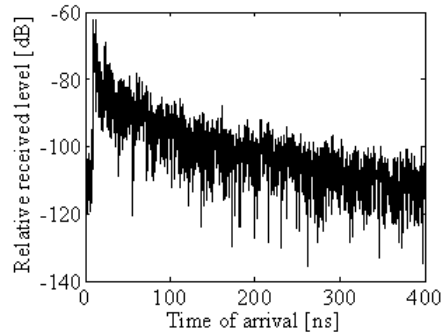
$$h(t) = \sum_{m=0}^{L-1} \alpha_m \delta(t - \tau_m) \quad (2)$$

식 2는 BAN 채널 모델에서 채널의 임펄스 응답을 나타낸다. L 은 경로의 개수이며 푸아송 확률 분포를 따르고 평균값은 $\bar{L}=400$ 이다. α_m 은 각 경로에서 신호의 감쇄 정도를 나타내고 τ_m 은 시스템의 표본화율을 나타낸다. CM4의 송수신기 안테나는 전방향성 안테나를 사용하며 인체 외부의 안테나 위치는 인체 표면으로부터의 각도에 따라 앞면(0°), 옆면(90° , 270°), 뒷면(180°) 4가지로 구분된다. 인체 표면에 위치한 안테나는 인체의 정면(앞면)에 위치한다고 가정한다. 다음 그림 3은 인체 위치에 따른 다중 경로 지연 임펄스 응답을 보여준다.

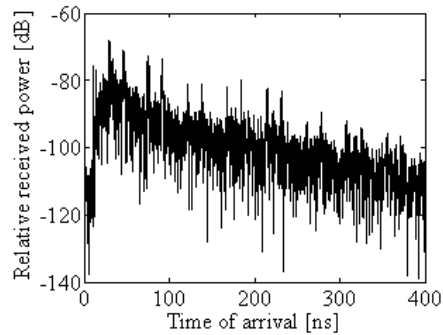
그림 2는 세 가지 인체 위치에 따른 임펄스 응답을 나타낸다.

(a)는 인체 앞면(0°)인 경우, (b)는 인체 옆면인 경우(90°), (c)는 인체 뒷면인 경우(180°)를 각각 나타내며 (b)와 (c)의 경우에는 LOS 성분이 감쇄되었음을

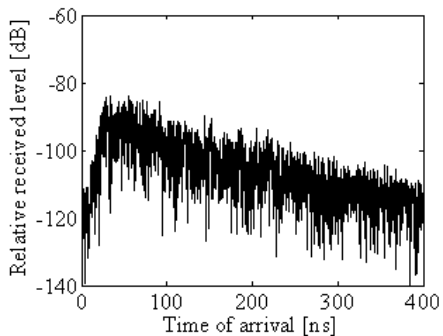
알 수 있다. 또한 180° 인 (c)의 경우에는 인체가 LOS 경로는 차단하여 0° 인 (a)와 비교하여 약 20 dB 의 신호 감쇄를 보인다.



(a) $\theta = 0^\circ$ (Front of body)



(b) $\theta = 90^\circ$ (Side of body)



(c) $\theta = 180^\circ$ (Backside of body)

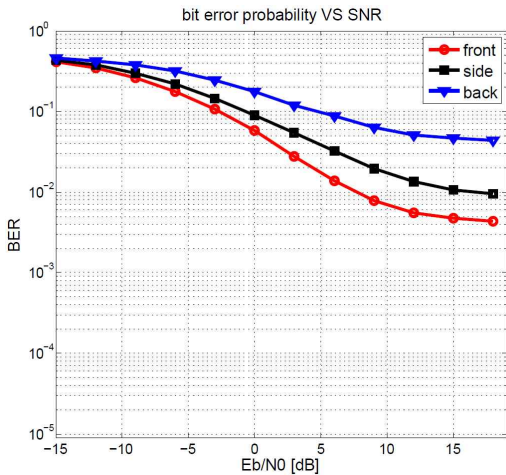
<그림 2> 각 인체 위치에서의 지연 프로파일 예
 <Fig. 2> Example delay profile for each body position

III. 다중 안테나 WBAN

1. 다중 안테나 WBAN

WBAN 시스템은 근거리, 저전력, 고신뢰성 무선 통신을 요구한다. 고속 WBAN의 경우에는 헬스케어 서비스와 멀티미디어 엔터테인먼트 서비스 등을 제공하기 위해 데이터를 10 Mbps 이상의 속도로 전송해야 하며 동영상과 의료용 영상을 위해서는 10^{-3} 이하의 BER 성능을 만족해야 한다 [4].

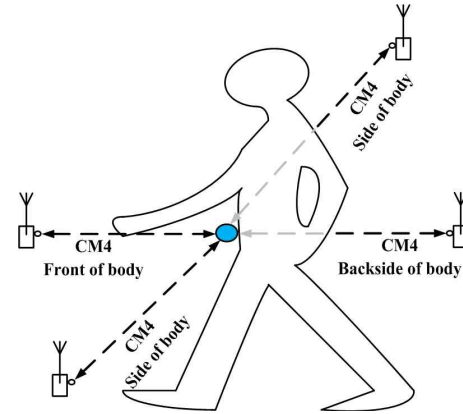
본 논문에서 사용하는 고속 WBAN PHY 심벌 구조를 살펴보면, 15 Mbps의 전송률을 얻기 위해 심벌 길이가 줄어들었고 그로 인하여 T_{BPM} 이 채널의 최대 지연 확산 시간 이하가 되어 다중 경로에 의한 간섭에 취약하게 된다. 그림 3은 [10]에서 제안한 채널모델 CM4 에서의 고속 WBAN 시스템의 성능을 보여준다. 송수신 안테나를 하나씩 사용한 구조이다. 다중 경로 채널의 간섭으로 인해 인체의 네 방향 모두에서 BER 10^{-3} 이하의 요구 조건을 만족하지 못한다.



<그림 3> CM4에서의 비트 오류 성능(1X1)
<Fig. 3> BER performance in CM4 (1X1)

또한 인체 뒷면 방향에서의 성능 열화가 가장 클 수 있다. 인체 뒷면 방향에서 성능 열화의 원인은 인체에 의한 차단(shadowing) 효과 때문이므로

이를 극복하기 위해서는 송수신기 간에 새로운 전파 경로 확보가 필요하다. 본 논문에서는 다중 안테나를 사용함으로써 다중 통신 링크를 확보하는 방법을 고려한다.



<그림 4> 다수의 수신기를 이용한 통신 링크
<Fig. 4> Communication links for multiple receive antennas

그림 4는 CM4 환경에서 1개의 송신기(인체 표면에 부착)와 다수의 수신기(인체 외부에 위치)를 사용할 경우의 통신 링크를 보여주며, 앞면, 옆면, 뒷면 4개의 인체 방향을 고려한다 [10].

3.2절에서는 UWB를 이용한 고속 WBAN 시스템에서 다중 안테나를 통해 수신된 신호들의 선택기법에 대해 논의하며, 채널 추정 과정 없이 고속 WBAN의 요구조건을 만족하는 안테나 선택기법에 대해 살펴본다.

2. Noncoherent UWB 수신기를 이용한 수신 안테나 선택 기법

3.1절에서 살펴본 바와 같이 고속 통신을 위한 Off-body WBAN에서는 줄어든 심벌 길이로 인하여 채널에 의한 간섭이 발생하고 인체 뒷면 방향에서는 LOS 경로 부재로 심각한 성능 열화가 발생하므로, 시스템의 요구 조건을 만족하기 위한 성능 개선 기법이 필요하다. 배터리의 수명을 고려하였을 때 인체 표면에 위치한 송신기의 복잡도를 높여 성능을

개선하기 보다는 인체 외부에 위치한 수신기에서 성능 향상 기법을 사용하는 것이 효율적이다.

본 논문에서는 LOS 전파 경로를 확보하기 위한 다중 수신 안테나 기법을 고려하였으며 다중 수신기의 안테나 선택 기법에 대해 논한다.

다중 안테나를 사용하는 수신기에서 사용하는 일반적인 안테나 선택 기법으로는 수신 신호의 에너지 크기를 비교하여 선택하는 기법이 있다 [12, 13]. 그림 5는 n개의 안테나 통해 수신된 신호의 에너지 크기가 가장 큰 신호를 선택하는 안테나 선택 기법을 보여준다.

i번째 안테나를 통해 수신된 신호를 $r_i(t)$ 라 하고 $r_s(t)$ 는 식 1과 2를 이용하여 다음과 같이 표현 가능하다.

$$r_i(t) = s(t) * h_i(t) + n_i(t), \quad i = 1, \dots, n \quad (3)$$

$s(t)$ 는 송신 신호이며 $h_i(t)$ 는 송신기와 i번째 수신기 경로에서의 채널 임펄스 응답이다. $n_i(t)$ 는 평균이 0 이고 분산이 σ_n^2 인 i번째 수신기에서의 AWGN 을 나타낸다.

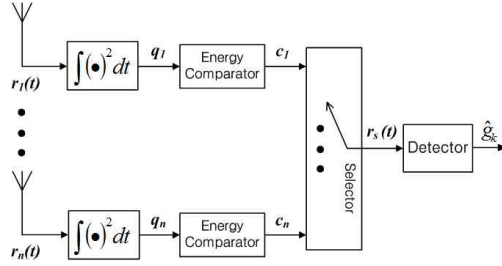
$$q_i = \int r_i^2(t) dt \quad (4)$$

식 4와 같이 에너지 디텍션 과정을 통해 $r_i(t)$ 의 에너지를 구한 후,

$$r_s = \{Max(q_i) | r_i\}, \quad i = 1, \dots, n \quad (5)$$

선택기에서는 n개의 안테나를 통해 수신된 신호들의 에너지 값을 비교하여 가장 큰 에너지를 갖는 수신 신호 r_s 를 선택한다.

그림 6은 본 논문에서 제안하는 안테나 선택 기법을 이용하는 고속 WBAN 수신기의 구조이다. 제안하는 안테나 선택 기법은 수신된 신호의 BPPM 구간에서의 에너지의 크기를 비교하여 그 비율값을 바탕으로 수신 안테나를 선택한다. 수신 신호의 에너지를 비교하여 선택하는 기존의 방식에 비해 복잡도의 큰 증가 없이 성능을 향상 시킬 수 있으므로 인체통신이 요구하는 저전력, 고신뢰성을 만족시킬 수 있는 수신 안테나 선택 기법이다. 안테나 선택 과정은 다음과 같다.



<그림 5> 에너지 비교 안테나 선택기법
<Fig. 5> Antenna selection based on energy comparison

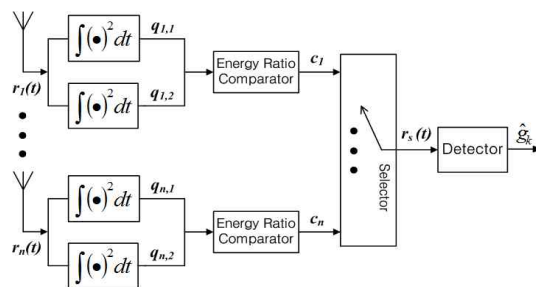
각 안테나를 통해 수신된 신호 $r_i(t)$ 는 다음과 같은 과정을 거친다.

$$q_{i,1} = \int_{kT_c + h_k T_{burst}}^{kT_c + (h_k + 1)T_{burst}} r^2(t) dt \quad (6)$$

$$q_{i,2} = \int_{kT_c + h_k T_{burst} + T_{BPPM}}^{kT_c + (h_k + 1)T_{burst} + T_{BPPM}} r^2(t) dt \quad (7)$$

$q_{i,1}$, $q_{i,2}$ 는 $r_i(t)$ 의 두 BPPM 구간에서의 에너지를 각각 나타낸다. 이는 noncoherent UWB 수신기의 펄스 위치 복호 과정에서의 에너지 디텍션 방식과 동일하다. i번째 수신 안테나의 Power Comparator는 $q_{i,1}$ 와 $q_{i,2}$ 의 값의 크기를 비교하고, $q_{i,1}$ 와 $q_{i,2}$ 의 비율을 값으로 계산한다.

$$c_i = \begin{cases} q_{i,2}/q_{i,1}, & \text{for } q_{i,2} \geq q_{i,1} \\ q_{i,1}/q_{i,2}, & \text{for } q_{i,2} < q_{i,1} \end{cases} \quad (8)$$



<그림 6> 에너지 비율 비교 안테나 기법
<Fig. 6> Antenna selection based on energy ratio comparison

수신 안테나를 선택하는 선택기는 가장 큰 c_i 값을 갖는 수신 신호 r_i 를 선택한다.

$$r_s = \{Max(c_i) | r_i\}, \quad i = 1, \dots, n \quad (9)$$

$q_{i,1}$ 와 $q_{i,2}$ 는 심벌에서 신호가 전송된 BPPM 구간과 신호가 전송되지 않은 BPPM 구간에서의 에너지를 각각 나타내므로 $q_{i,1}$ 와 $q_{i,2}$ 의 비율값인 c_i 는 수신 신호의 대략적인 SNR을 나타낸다.

다수의 다중 경로 지연이 존재하는 WBAN의 채널 특성 때문에 c_i 가 정확한 SNR 값을 나타내진 못하지만 복잡한 채널 추정 과정 없이 효과적으로 수신 신호를 선택할 수 있는 장점이 있다.

IV. 성능 평가

1. 시뮬레이션 환경

성능 검증을 위해 사용된 시뮬레이션 환경은 표 3과 같다. 반송파를 이용하지 않는 UWB-IR을 위한 변조 방식으로는 펄스의 위치에 따라 비트 정보를 전송하는 이진 PPM 방식인 BPPM을 사용하였고 검출 방식으로는 에너지 디텍션 방식을 사용하였다. 채널 코딩을 고려하지 않았으며 채널 모델로는

<표 3> 시뮬레이션 환경 파라미터
<Table 3> Parameters for simulation

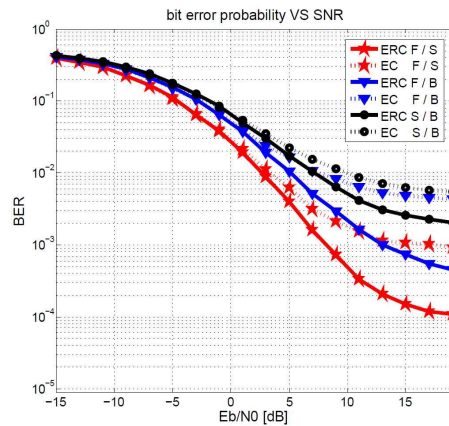
파라미터	실험환경
변조방식	Binary PPM
심벌길이	64.78 ns
Nhop	8
Ncpb	1
전송속도	15 Mbps
Rx 수	2~4 개
신호검출	에너지 디텍터
채널환경	WBAN CM4 (UWB band) AWGN
안테나 선택 기법	PRC (Power Ratio based Combiner) PC(Power based Combiner)
외부 수신 안테나 방향	F (0°), S (90°, 270°), B (180°)

AWGN과 UWB 대역인 3.1~10.6 GHz에서의 인체 외부 통신 환경인 WBAN CM4를 적용하였다. 외부에 위치한 수신 안테나와 인체와의 방향은 90° 단위로 가정한다.

신호의 에너지 값을 비교하여 수신 안테나를 선택하는 안테나 선택 방식을 본 논문에서 제안하는 선택기와의 성능 비교를 위해 사용하였다.

2. 시뮬레이션 결과

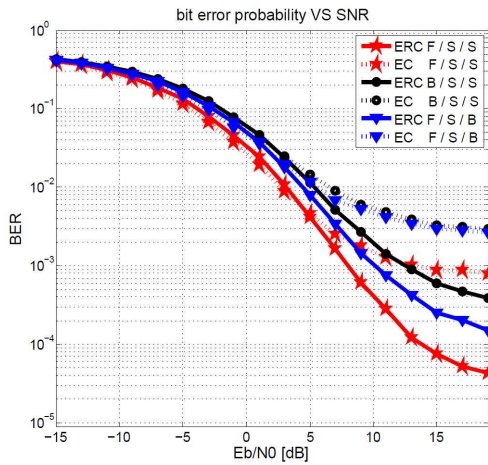
그림 7은 2개의 수신기를 사용하는 noncoherent UWB 수신기의 성능을 보여준다. ERC는 제안하는 Energy Ratio based Combiner를 나타내고 EC는 기존의 Energy based Combiner를 나타낸다. 외부에 위치한 수신 안테나와 인체와의 방향은 앞면(0°), 옆면(90°, 270°), 뒷면(180°)이라 가정하고 각각 F / S / B으로 표시한다. 실선은 본 논문에서 제안한 선택 기법을 사용한 수신기의 성능을 나타내며 점선은 신호의 에너지를 비교하여 선택하는 방식을 적용한 수신기의 성능을 나타낸다. 인체 외부에 2개의 안테나가 배치된 모든 경우마다 본 논문에서 제안한 선택 기법이 수신 신호의 에너지를 비교하여 선택하는 방식보다 뛰어난 성능을 보였다. 앞면과 옆면에 외부 안테나가 위치한 경우에 20 dB 근처에서 10⁻⁴ BER 성능을 만족한다.



<그림 7> 안테나 선택기에 따른 비트 오류 성능(1X2)

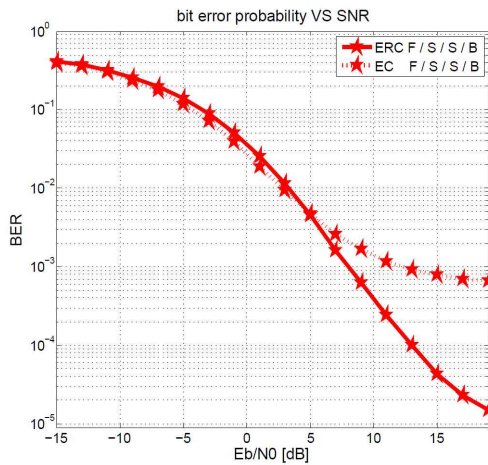
<Fig. 7> BER performance of PRC & PC (1X2)

그림 8은 3개의 수신기를 사용하는 noncoherent UWB 수신기의 성능을 보여준다. 외부에 위치한 수신 안테나와 인체와의 방향은 앞면(0°), 옆면(90°, 270°), 뒷면(180°) 이라 가정하고 성능을 비교 하였다. 모든 경우에서 본 논문에서 제안한 선택 기법이 수신 신호의 에너지를 비교하여 선택하는 방식보다 뛰어난 성능을 보였다.



<그림 8> 안테나 선택기에 따른 비트 오류 성능(1X3)

<Fig. 8> BER performance of PRC & PC (1X3)



<그림 9> 안테나 선택기에 따른 비트 오류 성능(1X4)

<Fig. 9> BER performance of PRC & PC (1X4)

앞면과 옆면에 위치한 외부 안테나를 통해 수신 경로를 확보한 경우 15 dB 근처에서 10^{-4} BER 성능을 만족하였다.

그림 9는 4개의 수신기를 사용하는 noncoherent UWB 수신기의 성능을 보여준다. 앞면(0°), 옆면(90°, 270°), 뒷면(180°) 4 방향에 수신 안테나가 위치하며 본 논문에서 제안한 선택 기법이 수신 신호의 에너지를 비교하여 선택하는 방식보다 뛰어난 성능을 보였다. 13 dB 근처에서 10^{-4} BER 성능을 만족하였다.

V. 결론

제안된 안테나 선택 기법은 BPPM 방식의 특성을 이용한다. 채널 추정 과정 없이 에너지 디텍터를 이용하여 대략적인 SNR 값을 측정하며 이 값을 바탕으로 수신 안테나를 선택하는 방식이다. WBAN 채널 모델을 바탕으로 2~4개의 수신 안테나 환경에서 각각 시뮬레이션을 수행하였다. 3개의 수신 안테나를 사용할 경우 8~13 dB에서 동영상, 의료용 영상등을 위한 최소 요구사항인 10^{-3} BER 을 만족하고 4개의 수신 안테나를 사용할 경우 약 13 dB에서 10^{-4} BER 성능을 만족하였다. 수신 신호의 에너지 크기를 비교하여 신호를 선택하는 안테나 선택 기법과 비교하여 복잡도의 큰 증가 없이 성능을 향상 시킬 수 있었다.

이와 같은 결과를 바탕으로 제안된 방식이 다수의 다중 경로 지연이 발생하는 채널 환경에서 저전력, 고신뢰성을 요구하는 인체통신에 적합한 안테나 선택 기법이라 고려된다.

참고 문헌

- [1] 오주택, 조준희, 이상용, 김영삼, “위험운전 유형 분류 및 데이터 로거 개발”, *한국ITS학회논문지*, 제7권, 제3호, pp. 15-28, 2008. 6.
- [2] Y. H. Jeon, E. Kim, and D. Shim, *Useful applications for IG-BAN*, IEEE P802.15-BAN-0457-01, Nov. 2006.
- [3] IEEE 802.15 WPAN WG homepage, <http://www.>

ieee802.org/15

- [4] 이성협, 윤양문, 김도현, “IEEE 802.15.6 중심의 WBAN 국내외 표준화 동향,” *한국통신학회지*, 제 25권, 제2호, pp. 26-31, 2008. 2.
- [5] 이형수, “WBAN주파수 분배동향 및 주파수 대역 제안,” *한국통신학회지*, 제25권, 제2호, pp. 6-10, 2008. 2.
- [6] L. Yang and G. B. Giannakis, “Ultra-wideband communications: an idea whose time has come,” *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 21, no. 6, pp. 26-54, Nov. 2004.
- [7] 최낙현, 황재호, 장성진, 김재명, “WBAN에서 신체 외 고속통신을 위한 UWB 전송 방식의 링크 버짓 및 성능 분석,” *한국ITS학회 논문지*, 제8권, 제1호, pp. 53-64, 2009. 2.
- [8] IEEE P802.15.4a/D7, PART 15.4: *Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs): Amendment to add alternate PHY*, TG 4a drafting, doc., Jan. 2007.
- [9] M. Z. Win, and R. A. Scholtz, “Ultra-wide bandwidth time-hopping spread-spectrum impulse radio for wireless multiple-access communications,” *IEEE Trans. Communications*, vol. 48, no.4, pp. 679-689, Apr. 2000.
- [10] K. Y. Yazdandoost and K. Sayrafian-Pour, *Channel model for body area network (BAN)*, IEEE P802.15-08-0780-09-0006, April. 2009.
- [11] H. Sawada, T. Aoyagi, J. Takada, K. Yazdandoost, and R. Kohno, *Channel model between body surface and wireless access point for UWB band*, IEEE P802.15-08-0576-00-0006, Aug. 2008.
- [12] S. Sanayei and A. Nosratinia, “Antenna selection in MIMO systems,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 42, no. 10, pp. 68 - 73, Oct. 2004.
- [13] A. F. Molisch and M. Z. Win, “MIMO systems with antenna selection,” *IEEE Microw. Mag.*, vol. 5, no. 1, pp. 46 - 56, Mar. 2004.

저자소개



박 종 석 (Park, Jong-Seok)

2006년 8월 : 인하대학교 전자공학과 공학사
2008년 3월~현재 : 인하대학교 정보통신대학원 석사과정



황 재 호 (Hwang, Jae-Ho)

2006년 2월 : 인하대학교 전자공학과 공학사
2008년 2월 : 인하대학교 정보통신대학원 석사
2008년 3월~현재 : 인하대학교 정보통신대학원 박사과정



장 성 진 (Jang, Sung-Jeen)

2007년 2월 : 인하대학교 전자공학과 공학사
2009년 2월 : 인하대학교 정보통신대학원 석사
2009년 3월~현재 : 인하대학교 정보통신대학원 박사과정



김 재 명 (Kim, Jae-Moung)

1974년 2월 : 한양대학교 전자공학과 공학사
1981년 8월 : 미국 남가주대학교(USC) 전기공학과 석사
1987년 8월 : 연세대학교 전자공학과 박사
1974년 3월~1979년 6월 : 한국과학기술연구소, 한국통신기술연구소 근무
1982년 9월~2003년 3월 : 한국전자통신연구원 위성통신연구단장/무선방송연구소 소장 역임
2003년 4월~현재 : 인하대학교 정보통신대학원 원장/교수, 현재 통신위성 우주산업연구회 회장 외 기술자문으로 다수 활동 중



이 형 수 (Lee, Hyung-Soo)

1980년 2월 : 경북대학교 전자공학 학사
1986년 2월 : 연세대학교 전자계산학 석사
1996년 2월 : 성균관대학교 정보공학 박사
1983년 4월~현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원