

# 블루투스 무선통신 방식에 대한 의료환경에서의 신뢰성 평가

## Evaluation of Bluetooth Wireless Communication Method Applied to Medical Environment

金正國\*, 蔡鍾必\*\*, 許雄\*, 朴宰賢\*

Jung-Kuk Kim\*, Jong-Pil Chae\*\*, Woong Huh\*, Jae-Hyun Park\*

### 요 약

본 연구에서는 최근 그 응용범위가 급격히 증가하고 있는 근거리 무선통신 방식인 블루투스를 이용한 생체신호 계측시스템을 사용하여 의료환경 적용시 블루투스의 실효성을 정성적으로 평가하였다. 이 연구를 위하여 블루투스를 사용한 생체신호 계측시스템을 개발하였고, 개발한 시스템을 사용하여 여러 가지 실제 의료환경과 유사한 구조의 공간에서 실험하였다. 실험결과 블루투스 무선통신방식이 송신부와 수신부가 같은 방안에 위치한 경우에는 신뢰성을 보였으나 송신부와 수신부가 벽에 의해 차단된 경우에는 거리에 따라 신뢰도가 급격히 감소됨을 발견하였다. 따라서 블루투스 통신방식을 실제 의료환경에서 사용할 때 구조 및 거리에 따른 전송장애에 대한 선행평가가 이루어져야 하겠다.

### Abstract

In this study, we evaluate the reliability of using bluetooth wireless communication method, the industrial, scientific, and medical standards for local wireless communications, in the medical environment. For the study, an ECG measurement system using bluetooth is developed and used in various conditions of medical environment. It is found that the bluetooth communication method has shown a reliable data transmission capability when both transmitter and receiver are positioned in the same room. However, the increase of transmission distance and the existence of a wall prevent the retailable data transmission. Therefore, it is necessary to make sure if reliable data transmission is achieved for individual environments, before we use this technology.

*Key-words: Bluetooth, wireless communication, biomedical signal measurement, ECG*

\* 明知大學校 電子工學科  
(Department of Electronic Engineering, Myongji Univ.)  
\*\* 明知大學校 大學院 電子工學科  
(Department of Electronic Engineering, Myongji  
Graduate School)  
接受日:2002年 4月 29日, 修正完了日:2002年 7月 28日

### 1. 서 론

최근 의료기술의 발달과 건강에 대한 인식의 증가로 질환에 대한 진단 및 치료 방법에 관한 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다. 일반적으로 임상에서 사

용되고 있는 생체신호 측정시스템은 측정부와 출력부가 일체형으로 만들어진 형태로 대부분 부피가 크고, 수레에 끌고 다니거나 한 위치에 고정되어 있으며, 환자의 생체신호 검출부와 출력부 사이를 유선으로 연결하여 환자의 활동영역을 제한하므로, 환자와 의료진에게 여러 가지 불편함을 야기 시키고 있다. 이와 같은 문제점을 개선하기 위하여, 최근 개발된 근거리 무선통신 방식인 블루투스를 이용하여 생체신호 검출부와 출력부를 무선으로 연결하는 시스템을 개발하였다. 블루투스 무선통신기술은 2.4GHz 대역의 ISM (Industrial, Scientific, and Medical) 대역을 사용하여 통신하는 방법으로[1], 휴대폰, 휴대용 PC, 기타 주변장치들을 작은 구역(10m~100m)내에서 무선으로 연결하기 위한 하나의 기술적 규격 사양인 동시에 기기의 명칭이기도 하다[2]-[5]. 본 연구에서 사용한 블루투스는 다른 무선통신 방식과는 달리 무면허로 사용이 가능한 ISM대역을 사용하고, 우수한 보안성, 다수의 무선접속과 간단한 접속절차, 탑재시 다양한 응용제품의 구현가능성등 여러 장점을 갖고있다. 비록 블루투스 통신 방식이 산업환경에서 응용된 사례가 보고되고 있으나[6], 또 다른 중요 적용 분야인 의료분야(Medical) 에는, 아직까지 블루투스 기술을 이용하여 실제 의료환경에 적용된 사례가 보고되고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 대표적인 생체신호인 ECG를 측정하는 시스템에 블루투스 무선통신 방법을 적용하여, 의료 환경에서의 효용성과 발생 가능한 문제점에 대한 선행 연구를 수행하였다.

## II. 시스템 구성

전 절에서 언급한 바와 같이 블루투스 통신방식을 의료환경 적용시 효용성 및 문제점을 알아보기 위하여 그림 1의 생체신호 계측시스템을 구현하였다. 그 시스템은 대표적인 생체신호인 ECG를 증폭하여 디지털 신호로 변환한 후 블루투스 무선통신방식을 이용하여 컴퓨터로 전송하고 신호 파형을 모니터에 디스플레이한다. 신호검출부에서는 피측정자의 ECG신호를 driven-right-leg 회로를 사용한 생체신호 증폭기로 증폭하고, 잡음 및 외부 간섭을 줄이기 위하여 0.05 - 100Hz의 대역 필터를 사용한다. A/D 변환기

는 증폭된 신호를 12bit 디지털 신호로 변환하여 마이크로프로세서로 보낸다. 마이크로프로세서는 변환된 디지털 신호를 시리얼 통신을 이용하여 블루투스 송신부로 전송하고, 블루투스와 A/D 변환기의 하드웨어 동작을 제어한다. 블루투스 송신단은 마이크로프로세서에서 받은 신호를 무선으로 블루투스 수신단에 보내고, 수신단은 도착한 데이터를 PC에 보내어 모니터에 디스플레이하고 해석 알고리즘을 적용하거나 하드디스크에 저장한다.

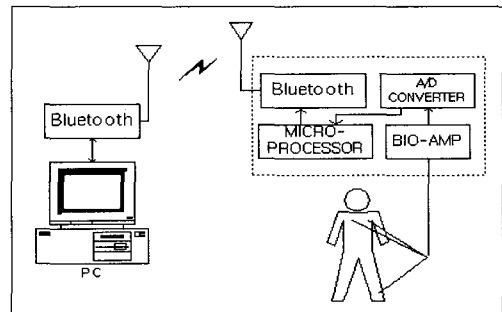


그림 1. 블루투스 무선 통신 방식을 적용한 생체신호 계측시스템의 전체 구성도

Fig. 1 Block diagram of the biomedical signal measurement system implemented by using bluetooth wireless communication method.

사용된 블루투스 모듈은 국내 Hunetec 사에서 개발한 class 1 으로, 전송범위 최대100m, 전송 전력은 20dBm 100mW 이었다.

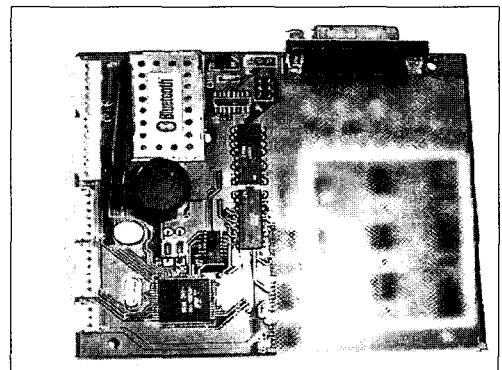


그림 2. 생체신호계측시스템의 회로기판  
Fig. 2 Circuit board of the biomedical signal measurement system.

그림 2는 생체신호계측시스템의 회로기판을 보여주고 있다.

### III. 실험 및 고찰

#### 3.1 실험 방법

의료환경에서 블루투스 데이터 전송의 유용성 및 실효성을 검증하기 위하여 위에서 설명한 시스템을 다음과 같은 상황에서 동작시켰다.

건물 내의 차단된 공간과 외부와의 접속, 벽으로 차단된 인접한 공간간의 접속, 층과 층 사이의 접속, 이동중인 물체에 의한 간섭 등을 조사하였다. 건물의 벽은 일반적인 콘크리트 벽으로 그 두께는 22cm, 높이는 270cm이었다.

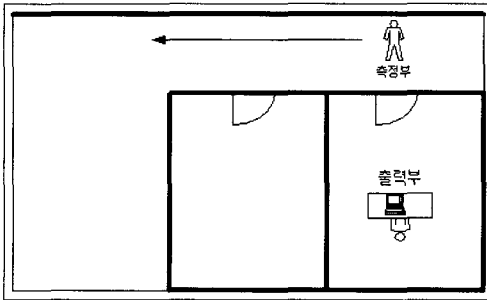


그림 3. 실험을 수행한 건물 내부 구조  
Fig. 3 Internal building structure for the experiment.

실험의 객관성을 위해 시간과 장소를 다르게 하여 각 3 번씩 실험을 수행하였고, 측정 파형을 디스플레이하고 저장할 노트북 컴퓨터, 노트북 컴퓨터에 연결한 블루투스 모듈, 그리고 본 연구를 위하여 개발한 생체신호 계측시스템을 사용하였다.

##### 3.1.1 건물 내의 차단된 공간과 외부와의 접속

일반적인 중·소형 병원 건물과 유사한 구조에서 실험하기 위하여 그림 3과 같은 실험 환경에서 다음과 같은 4 가지 실험을 수행하였다:

- ① 차단된 공간 안에 출력부를 두고, 측정부를 외부에 위치시킨 후 문을 닫아 측정부와 출력부 사이를 차단
- ② 위①의 경우에 사람들을 이동시켜 측정부와 출력부간의 통신 장애 유도
- ③ 외부에 위치한 측정부를 그림3에 보인 바와 같이

일정 간격(1m)으로 이동

- ④ 문의 종류에 따른 차단영향.

- (1) 차단된 공간 안의 책상 위에 출력부를 두고, 측정부를 외부에 위치시킨 후 문을 닫아 측정부와 출력부사이를 차단:

이 실험을 위해 그림 3에 보인 바와 같이 문에서 일직선으로 3m 떨어진 복도에 측정부를 위치시키고 문으로부터 5.15m 떨어진 방안에 출력부를 위치하여 실험을 수행하였다. 문은 일반적인 이중 베니어 합판으로 만들어진 것으로 크기는 (0.93m[폭]×2.03m[높이]×3.6cm[두께])였고, 방의 크기는 (3.1m[폭]×7.0m[길이]×2.7m[높이])로 콘크리트 벽(22cm)으로 둘러 쌓여 있었다. 차단된 공간을 만들기 위해 문을 닫고 실험을 하였다. 이 경우 수신된 신호에서 통신장애에 의한 왜곡현상을 발견할 수 없었다.

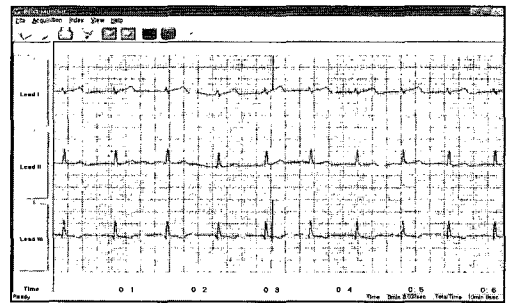


그림 4. 나무문으로 차단된 방 안팎사이에 수신된 ECG 파형

Fig. 4 ECG received by transmitter positioned outside a room and receiver inside

- (2) 위 (1)의 경우 사람들을 이동시켜 측정부와 출력부간의 통신 장애 유도:

이 실험을 통해 의료환경에서 측정시스템 사이를 사람 또는 물체가 이동하는 경우 통신 장애를 조사하기 위해, (1)의 경우와 같은 조건에서 측정부와 출력부 사이에 3명까지의 사람들을 동시에 이동시켜 신호를 측정하였다. 이 조건에서 검출신호의 파형은 그림 4에 보인 바와 같은 임펄스 형태의 신호왜곡을 보였으나, 그 빈도는 3 분 동안 1개로 검출된 신호를 해석하는데 영향을 미치지 않았다.

(3) 외부에 위치한 측정부를 그림 3에 보인 바와 같이 일정 간격(1m)으로 이동:

이 실험을 위해, 그림 3에서 보인바와 같이 30초 간격으로 측정부를 출력부와 직각인 방향으로 1m씩 이동을 하였다. 이 조건에서 얻은 검출신호 파형에서는 비교적 가까운 거리에서 정상적인 파형으로 신뢰성을 확인하였으나, 직각 방향으로 9m 이동한 후 (출력부와 48°의 각도를 이룸)부터 그림 5와 같이 잡음이 크게 혼입 되는 현상을 볼 수 있었으며, 9m를 이동한 후에는 잡음에 의해 검출된 신호를 판별하기 힘들었다.



그림 5. 측정부와 출력부사이의 거리가 멀어진 경우의 ECG 파형.

Fig. 5 ECG signals received when the transmitter and receiver are out of range.

(4) 문의 종류에 따른 차단영향:

이 실험은 문의 종류에 따른 영향을 조사하기 위해 위의 실험에서 차단하였던 일반적인 나무문 대신에 금속(철판)으로 된 문(1.05m[폭]×2.08m[높이]×4.8cm[두께])이 설치된 방에서 위에 언급한 (1)-(3)의 순서로 실험을 수행하였다. (1)의 실험 결과 분당 평균 1회의 통신 장애에 따른 임펄스 형태의 신호 왜곡을 발견하였고, (2)의 실험 결과 분당 약 2.4회의 신호 왜곡을 발견하였다. 두 실험결과 나무문의 경우보다 빈번한 신호 왜곡을 보였으나, 검출된 신호를 해석하는데 영향을 미치지지는 않았다. 마지막으로 (3)의 실험 결과 대한 검출신호 파형에서는 가까운 거리에서는 정상적인 파형으로 신뢰성을 보여주었으나, 직각 방향으로 5m 이동한 후부터 (출력부와 약 37°) 신호왜곡이 급격히

증가하여 측정된 신호를 판별하기 어렵게 되었다.

### 3.1.2 벽으로 차단된 인접한 공간의 접속

인접한 두 방사이의 블루투스 접속을 조사하기 위하여 그림 3에서 보인 실험 환경에서 다음의 조건으로 실험을 수행하였다.

- ① 두 방문들을 모두 닫고 측정
- ② 두 방의 문 중 한쪽 문만 열고 측정
- ③ 두개의 문을 모두 열고 측정.

실험을 위해 측정부와 출력부를 두 방의 중간 지점인 문으로부터 3.60m인 책상 위에 위치 시켰다.

(1) 두개의 차단된 공간의 문을 모두 닫고 측정:

두 개의 문을 모두 닫고 측정할 경우, 검출 신호 파형에 분당 평균 15개의 전송 장애에 의한 신호 왜곡을 확인하였다.

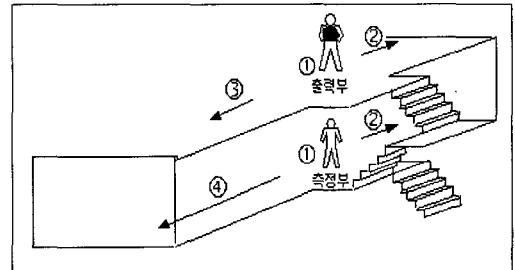


그림 6. 실험을 수행한 계단 구조.

Fig. 6 Structure of the stairs used for the bi-level experiment.

(2) 두 방의 문 중 한쪽 문만 열고 측정:

전송된 검출신호 파형은 분당 평균 1.5회의 전송 장애에 의한 신호 왜곡을 보였으나 검출된 신호를 해석하는데 영향을 미치지 않았다.

(3) 두개의 문을 모두 다 열고 측정:

검출신호 파형은 분당 평균 2.5회의 전송 장애에 의한 신호 왜곡을 보였다.

### 3.1.3 층과 층 사이의 접속

이 실험은 그림 6에 보인 바와 같이 계단으로 연결된 서로 다른 층 사이의 신호 전송 중 발생할 수 있는 전송 장애를 알아보기 위하여 다음의 4 가지 조건으로 실험을 수행하였다.

- ① 측정부와 출력부를 각 층 계단 입구에 위치

- ② 측정부와 출력부가 각 층 계단입구로부터 같은 방향의 복도 안쪽 2m에 위치
- ③ 측정부와 출력부가 각 층 계단입구에서 서로 다른 방향으로 2m에 위치
- ④ 출력부는 위층 계단입구에 고정하고, 측정부를 한 쪽 방향으로 이동.

(1) 측정부와 출력부를 각 층 계단 입구에 위치:

그림 6에서 보인 바와 같이 측정부와 출력부를 각 층의 ①에 위치시켜 측정한 경우 분당 평균 0.3회의 전송 장애가 발생하였다.

(2) 측정부와 출력부가 각 층 계단입구로부터 같은 방향의 복도 안쪽 2m에 위치:

그림 6에서 측정부와 출력부를 동시에 각 층의 ②의 방향으로 2m 이동하여 위치시킨 경우, 분당 평균 1회의 전송 장애가 발생하였다.

(3) 측정부와 출력부가 각 층 계단입구에서 서로 다른 방향으로 2m에 위치:

그림 6에서 측정부는 ②에 위치시키고 출력부는 ③에 위치시킨 경우, 분당 평균 0.5회의 전송 장애가 발생한다.

(4) 출력부는 위층 계단입구에 고정하고, 측정부를 한 쪽 방향으로 이동:

그림 6에서 출력부는 ①에 위치시키고 측정부를 복도 안쪽인 ④의 방향으로 이동시키며 측정하였다. 이때 검출신호 파형은 계단 입구와 가까운 곳에서는 왜곡 없이 신뢰성 있는 신호 파형의 전송을 확인하였으나, 계단입구에서 17m의 거리가 떨어진 후부터는 검출신호 파형에 전송 장애에 의한 신호 왜곡이 급격히 증가함을 발견하였고, 검출신호 파형의 해석이 매우 어렵게 되었다.

3.1.4 이동중인 물체에 의한 간섭

이 실험에서는 측정부와 출력부 모두를 한 방(10m[폭]×16m[길이]×2.7m[높이])에 위치시키고 전송장애 발생 여부를 확인하기 위하여 다음의 두 가지 조건으로 실험을 수행하였다.

- ① 환자가 측정부를 몸에 부착하고 이동하며 고정된 출력부로 신호를 전송
- ② 위 (1)의 조건에 측정부와 출력부 사이로 4명까지의 사람들이 동시에 이동

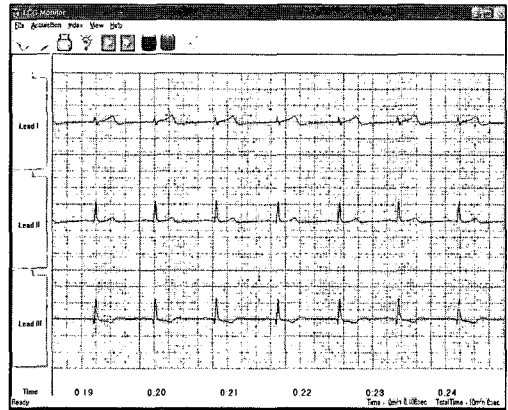


그림 7. 측정부와 출력부 모두를 한 방에 위치시키고 측정부를 이동시킨 경우의 전송된 ECG.  
Fig. 7 ECG signals transmitted under the condition of positioning both transmitter and receiver inside a room.

(1) 환자가 측정부를 몸에 부착하고 이동하며 고정된 출력부로 신호를 전송:

수신된 신호 파형에서는 신호왜곡을 발견할 수 없었고 송수신의 신뢰성을 확인할 수 있었다.

(2) 위 (1)의 조건에 측정부와 출력부 사이로 4명까지의 사람들이 동시에 이동:

수신된 신호 파형에서는 그림 7 과 같이 신호왜곡을 발견할 수 없었고 송수신의 신뢰성을 확인할 수 있었다.

3.2 실험 결과 분석 및 고찰

표 1, 2에 전 절에서 수행한 각 실험 조건에서의 분당 평균 전송장애 횟수를 요약하였다. 표 1과 표2는 서로 다른 건물에서 같은 조건하에서 실험을 수행하였다. 표에서 가로축의 I, II, III, IV는 전 절에서 소제목으로 나타낸 (3.1.1, 3.1.2, 3.1.3, 그리고 3.1.4) 실험

조건을 의미하고, 세로축의 (1), (2), (3), (4)는 각 절에서 언급한 세부 실험 조건을 의미한다.

표 1. 여러 가지 조건에 대한 신호왜곡 발생횟수(건물A)  
Table 1. Number of noise signal in several case (building A)

· : 신호왜곡이 없음  
F : 신호왜곡으로 신호검출 불가

조건	실험 I		II	III	IV
	나무문	금속문			
(1)	·	1	15	0.3	·
(2)	0.3	2.4	1.5	1	·
(3)	F	F	2.5	0.5	X
(4)			X	F	X

표 2. 여러 가지 조건에 대한 신호왜곡 발생횟수(건물 B)  
Table 1. Number of noise signal in several case (building B)

· : 신호왜곡이 없음  
F : 신호왜곡으로 신호검출 불가

조건	실험 I		II	III	IV
	나무문	금속문			
(1)	·	1	14	0.3	·
(2)	0.4	2.5	1.8	1	·
(3)	F	F	2.6	0.8	X
(4)			X	F	X

표 1, 2를 살펴보면 신호 송신 환경 조건에 따른 전송장애 빈도는 다음과 같이 크게 세 가지로 분류할 수 있다.

1. 전송 장애가 발생하지 않은 경우  
[ I <나무문>-(1), IV-(1), IV-(2) ]
2. 전송 장애는 발생하였으나, 신호인식 및 해석에 영향을 미치지 않는 경우  
[ I <나무문>-(2), I <금속문>-(1), I <금속문>-(2), II-(2), II-(3), III-(1), III-(2), III-(3) ]
3. 전송 장애로 신호 인식 및 해석이 매우 어려운 경우  
[ I <나무문>-(3), I <금속문>-(3), II-1), III-(4) ]

먼저, 전송 장애가 발생하지 않은 경우의 특징은 측정부와 출력부가 같은 방안에 위치하는 경우로 송수신단 사이로 물체의 이동에 관계없이 생체 신호를 전송하였다. 또한 나무문의 안팎으로 측정부와 출력부를 마주보게 위치시킨 경우, 송수신장애를 발생시키지 않았다. 두 번째로, 전송 장애는 발생하였으나 신호인식 및 해석에 영향을 미치지 않는 경우의 특징은, 단한 나무문을 통한 근거리 송수신으로 그림 4에 보인 바와 같이 전송 장애에 의한 신호 왜곡이 신호 인식 및 해석에 거의 영향을 주지 않았으며, 이 것들은 간단한 필터나 알고리즘에 의해 제거할 수 있을 것이다. 또한 계단을 통한 층과 층 사이의 송수신에서는 신뢰할 수 있는 생체신호 전송을 보였는데, 이 경우 계단의 위와 아래로의 열린 공간(open space)을 통해 전파가 쉽게 전송될 수 있는 특징이 있었다.

마지막으로 전송 장애로 인해 신호 인식 및 해석이 매우 어려운 경우는 전파가 통과하기 힘든 벽 안팎에 측정부와 출력부가 위치하여 데이터를 전송하기 어렵게 차단된 경우나, 블루투스 가 권장하는 거리보다 멀어진 경우로 그림 5에 보인바와 같이 전송장애에 의한 신호 왜곡이 적절한 신호파형 인식 및 해석을 가능하지 않게 하고 있다.

본 연구에서는 블루투스 무선통신방식을 의료환경에 적용한 경우의 신뢰성을 평가하는데, 블루투스 전송패킷 에러율과 같은 정량적 평가를 사용하지 않고, 전송된 생체신호의 형태에 대한 인식정도를 사용한 정성적 평가를 시도하였다. 그 이유는 전송장애 빈도에 따른 신호왜곡을 간단한 필터나 적절한 알고리즘에 의해 제거될 수 있는 경우 그 신호로부터 필요한 임상정보를 취득하는데 어려움이 없는 경우를 고려하기 위함이었다. 비록 블루투스 무선통신방식이 송신부와 수신부가 같은 방안에 위치한 경우와 나무문을 통한 가까운 거리에 위치한 경우는 송수신의 신뢰성이 입증되었으나 요즘의 의료환경이 여러 가지 다양한 형태의 건물구조와 재질을 사용하는바 이에 대한 정량적 연구가 병행되어야 하겠다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 의료환경에서 블루투스 무선 통신 기술을 사용한 생체신호 전송의 유용성 및 실효성을 정성적으로 평가하였다.

비록 블루투스 무선통신방식이 송신부와 수신부가 같은 방안에 위치한 경우와 나무문을 통한 가까운 거리에 위치한 경우는 송수신의 신뢰성이 입증되었으나 그 이외의 경우에는 블루투스 통신방법이 적합하지 않은 것으로 사료된다. 따라서 블루투스 통신방식을 실제 의료환경에서 사용하기 전에 구조 및 거리에 따른 전송장애의 선행 평가가 이루어져야 하겠다. 또한 다양한 형태의 건물구조와 재질에 따른 정량적 평가가 요구되며, 벽 안팎을 연결하는 access point 등과 같은 블루투스 전송의 한계를 극복하는 방법의 개발이 필요하겠다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Yiu Ming Lang, P.H Wittke, "Frequency-hopped Spread-Spectrum Transmission with Band-Efficient Modulation and Simplified Noncoherent Sequence Estimation", IEEE Transactions on Communication, pp. 2184-2195, vol.38, No 12,Dec, 1990.
- [2] Bluetooth Special Interest Group, Specification of the Bluetooth System, version 1.1B, available from <http://www.bluetooth.com>, 2000.8.
- [3] Jennifer Bray and Charles F Sturman, BLUE-TOOTH: Connect Without Cables, Prentice Hall, 2001.
- [4] David Kammer, Gordon Mcnutt, Brian Sene- se, Bluetooth; Application Developer's Guide, SYNGRESS, 2002.
- [5] Nathan J. Muller, BLUETOOTH DEMY- STIFIED, McGraw-Hill, 2001.
- [6] Urban bilstrup, per-arne wilberg, Bluetooth in industrial enviroment, WFCS-2000, pp.239-246, September 6-8. 2000

#### 저 자 소 개

金正國 (正會員)

제 5권 2호 논문 01-02-11 참조

현재 명지대학교 전자공학과 교수

蔡鍾必 (學生會員)



2001년 2월: 명지대학교 전자공학과 졸업(공학사)

2001년 3월: 명지대학원 전자공학과 석사과정

許 雄 (正會員)

제 5권 1호 논문 01-01-08 참조

현재 명지대학교 전자공학과 교수

朴宰賢 (正會員)

1988년9월 - 1990년6월 : Department of Electrical Engineering, Polytechnic University 교수요원

1990년9월 - 1992년9월 : Department of Electrical Engineering, Polytechnic University 연구요원

1994년2월 - 1996년8월 : 삼성전자 선임연구원

1996년9월 - 현 재 : 명지대학교 전자공학과 부교수

연구분야: 화상처리, 영상압축, 부호화, 확률적 신호처리, 패이딩채널, ATM교환기, 흐름및 혼잡제어, 스케줄링