

# 각종 휴대용 무선 통신기기가 의료기기에 미치는 영향에 관한 연구

## A Study on the Effects of Various Portable Wireless Communication Equipments on the Medical Equipments

배한길 · 김종헌

Han-Kil Bae · Jong-Heon Kim

### 요 약

본 논문에서는 전자파 표준 내성 측정 방법과 휴대무전기, 아날로그, 디지털 및 PCS 휴대전화와 같은 4기종의 휴대용 무선 통신기기에 의한 각종 의료기기의 내성을 시험하고 휴대용 무선 통신기기의 사용시 발생하는 의료기기의 오동작 여부를 측정, 분석하였다. 시험대상 의료기기로는 환자감시장치, 수액펌프, 보육기 등을 비롯하여 총 11종 16대의 의료기기를 선정하였다. 측정결과 표준 내성 측정의 경우 환자감시장치를 비롯한 4종 7대(53.3%)의 의료기기가 오동작을 일으켰다. 휴대용 무선 통신기기 중 휴대무전기에 의한 의료기기의 장애 시험에서는 8종 12대(75%)의 의료기기가 오동작을 일으켰으나 아날로그, 디지털 및 PCS 휴대전화의 경우에는 모든 의료기기들이 내성 기준을 만족함을 알 수 있었다. 시험결과 의료기기에서 발생하는 방사 전자파의 고조파와 휴대무전기의 사용주파수가 유사한 경우와 휴대무전기의 사용 거리에 따른 전계강도의 세기에 따라서 의료기기의 오동작이 발생함을 알 수 있었다.

### Abstract

In this paper, the electromagnetic immunity of electronic medical equipments was tested by employing a standard test method for medical equipments. In addition, the electromagnetic interference to the medical equipments caused by four different types of mobile phones such as portable transceiver, analog, digital and PCS cellular phones, have been studied. In this study, 16 medical equipments of 11 different types were investigated. There are a patient monitor, an infusion pump, a neonatal incubator and so on. In the case of the EMS test, the interferences were detected for seven medical equipments of four different types(53.3%) such as the patient monitor. For the two portable transceivers, 12 medical equipments of eight different models (75%) were affected. All medical equipments were satisfied with electromagnetic immunity by analog, digital and PCS cellular phones. The experiment results show that the malfunction of the electronic medical equipments is dependent on the frequency range and the electric field strength of the mobile phones.

「본 연구는 정보통신기술연구지원국의 '98년도 정보통신기술진흥지원사업비에 의해서 수행되었습니다.」

광운대학교 전파공학과(Department of Radio Science & Engineering, Kwangwoon University)

· 논문 번호 : 981214-130

· 수정완료일자 : 1999년 3월 5일

## I. 서 론

최근 이동 통신 기술의 발전으로 휴대전화 등과 같은 휴대용 무선 통신기기의 사용이 일상화되었고 가입자수도 지속적으로 증가하는 추세에 있다. 따라서 공공장소에서의 휴대용 무선 통신기기 사용이 증가되고 있으며 특히 병원 등과 같은 의료기관에서의 휴대전화 사용이 많아질 것으로 예상된다.

이때, 각종 휴대전화에서 발생하는 전자파가 의료기기에 영향을 미치므로 의료기기의 사용중 오동작이 일어나는 경우가 발생하고 있다<sup>[1]-[4]</sup>. 따라서 전자파 장해대책으로 먼저 전자기기들로부터의 전자파 발생을 억제하는 것과 의료기기가 외부로부터 전자파의 영향을 받지 않도록 하는 것을 병행하기에 이르렀다.

의료기기에 휴대전화 등이 영향을 주지 않기 위해서는 휴대용 무선 통신기기의 불요 전자파 발생을 억제하는 것도 중요하지만 의료기기가 불요전자파로부터의 내성이 강해야 한다. 전자파 내성이란 전기장이나 자기장으로부터 수신기로 직접 결합되거나 조사되는 불요 신호의 영향으로부터 피측정기기가 얼마나 견딜 수 있는 정도를 나타낸다. 즉 의용 전자기기가 불요 전자파에 대하여 얼마만큼 정상 동작할 수 있는가 하는 능력을 말하는 것이다.

불요전자파 발생에 따른 심각성 때문에 미국, 일본, 유럽공동체 등 주요 나라에서는 전자파 간섭 및 내성에 대한 규제 및 기준<sup>[5],[6]</sup>을 마련하여 실시하고 있으며 국내에서도 이러한 문제점을 극복하기 위하여 전자파 장해방지 기준 및 전자파 보호기준을 제정하였다. 국내의 경우 의료기기에 대한 전자파 장해방지기준은 1998년부터 각종 의료기기에 적용하고 있으며 2000년부터는 모든 의료기기가 전자파 보호기준을 만족해야 한다<sup>[7]</sup>.

본 논문에서는 정보통신부에서 1997년 7월 제정

한 전자파 내성 기준 및 전자파 내성 시험방법을 기초로 하여 국내에서 제작되고 있는 의료기기를 대상으로 전자파 방사 내성 시험을 하였다. 전자파 내성 시험용 대상 의료기기로는 전신마취기, 수액 펌프, 태아감시장치, 환자감시장치, 펄스 옥시미터, 적외선 체열 진단기, 생기능 진단기, 혈압계, 심장 충격기, 황달치료기, 보육기 등 총 11종 16대를 선정하였다.

의료기기의 전자파 내성시험은 전자파 무반사실에서 수행하였으며 먼저 전자파 내성기준의 만족도 여부를 측정하였고 의료기기가 내성기준을 만족하지 않았을 경우 의료기기에서 발생하는 오동작 사례를 수집하였다. 또한 휴대무전기, 아날로그, 디지털 그리고 PCS 휴대전화 등 4기종의 휴대용 통신 무선기기에 의한 의료기기의 장해를 시험하였으며 그 결과를 분석하였다.

## II. 전자파 방사 내성시험

본 논문에서는 정보통신부에서 고시한 전자파 내성 시험 방법과 각종 휴대용 통신무선 기기들에 의한 대상 의료기기에 미치는 영향을 시험하였다<sup>[7]</sup>. 먼저 내성 시험을 위하여 대상 의료기기를 선정하고 무반사실에서의 표준내성 시험을 수행하였다. 그리고 휴대전화에 의한 시험의 경우 일반사용환경과 무반사실에서 각각 시험하였다.

### 2-1 표준내성시험 방법

의료기기의 전자파 방사 내성 시험을 위하여 전파흡수체를 배열한 전자파 차폐실을 사용하였다. 본 시험에서는 내성 능력을 평가하기 위해서 의료기기를 측정 품목으로 선정해 전자파 방사에 대하여 어느 정도의 내성을 갖는지를 시험하였다. 시험 절차는 다음과 같다.

- ① 내성측정 시스템은 준비상태에서 설치
- ② 측정 해당 주파수에 알맞는(30~200 MHz 대

- 역은 바이코니컬 안테나, 200~1000 Hz 대역은 혼 안테나를 사용) 안테나를 선정, 설치
- ③ EUT(Equipment Under Test)를 비전도성 테이블(탁상용은 80 cm 또는 바닥설치용은 10 cm)에 설치하고 송신 안테나와의 거리를 1 m로 설정
  - ④ 측정 조건을 설정하여 EUT의 4개면 모두에 10 V/m, 1 kHz 80 % AM 변조의 전자계 방사
  - ⑤ 카메라를 통해 EUT감시 및 오동작 여부 관찰
  - ⑥ 방사중 오동작 등 이상 발생시 시험을 중단하고 EUT 관찰 및 상태 기록(시간 포함)

우리나라 정보통신부 무선설비형식검정·형식등록 및 전자파적합등록 관련규정집에 의하면 주거, 상업 및 경공업 환경에서의 일반내성기준은 주파수 30~500 MHz, 3 V/m 무변조이고 산업 환경에서의 일반내성기준은 주파수 80~1000 MHz 10 V/m 무변조이다. 또한 IEC 기준은 우리나라 규정과 동일하나 무변조 대신 변조를 채택하고 있다. 의료기기는 주거, 상업 및 경공업 환경에 속하므로 3 V/m 무변조 기준을 사용하나 일반적으로 사용하는 기준 중 가장 엄격한 기준을 사용함으로써 시험의 결과를 극대화하기 위하여 본 논문에서는 시험 대상 의료기기의 전자파방사 내성측정기준을 표 1과 같이 설정하였다.

2-2 휴대용 무선기기에 의한 시험방법

본 논문에서는 전자파 무반사실에서의 내성 시험 외에 실제 사용되고 있는 휴대용 무선 통신기기에 의한 의료기기의 내성도 측정하였다. 이처럼 휴대용 무선 통신기기에 의한 내성 시험을 위해서 측정장소를 전자파 무반사실과 일반 사용환경으로 구분하였다. 이때 사용된 휴대용 무선 통신기기의 채원은 표 2와 같다.

먼저 휴대용 무선 통신기기 이외의 다른 전자기기로부터 발생할 수 있는 전자파 영향을 제거하기

표 1. 전자파 방사 내성 측정 기준

Table 1. Measurement conditions for electromagnetic immunity.

내 성 측 정 기 준		
피시험기기 형태	바닥설치형, 탁상형	
송신 안테나	Biconical Ant.	Horn Ant.
주파수 소인율	162	191
시험 레벨	10 V/m 1 kHz 80 % AM 변조	
측정주파수	30~200 MHz	200~1000 MHz
거리	1 m	
체제시간 및 주파수 증분	1 %씩 증가	
동작상태	정상동작상태	

표 2. 휴대용 무선 통신기기의 종류

Table 2. Types of the portable wireless communication equipments.

기 기 명	사용주파수 (MHz)	최대 송신출력 (W)
휴대무전기 (이하 S2203)	222~223	1.9
휴대무전기 (이하 PD4000)	430~470	3.0
Analog 휴대폰 (이하Analog)	823~893	0.6
Digital 휴대폰 (이하CDMA)	824~894	0.3
PCS 휴대폰 (이하PCS)	751~1868	0.16

위해서 무반사실에서의 내성 시험을 수행하였다. 휴대무전기의 경우 실제로 2인이 무반사실에서 의료기기를 사이에 두고 의료기기의 4면에서 통신하였으며, hook on, hook off 상태, 송신시와 수신시로 나누어 시험하였다. 이때 이격거리는 5~300 cm 까지 10 cm를 간격으로 각각 시험하였다.

휴대전화의 경우, 무반사실에서의 사용이 불가능하므로 모의중계기인 HP Mobile/Cellular Radio Test Set(HP 8921D)를 이용하여 전자적 Loop를 형성하여 시험하였다. 이 경우에도 마찬가지로 일반적으로 휴대전화를 사용하는 상황, power on/off, 통화 on/off, ringing, dialing loop(통화), 전화를 걸 때와 전화를 받을 때로 나누어 시험하였다. 그리고 이때 발생하는 오동작과 이격거리에 대하여 5~300 cm까지 10 cm간격으로 각각 시험하였다.

휴대용 통신 무선기기로부터 방사되는 전계강도를 측정하기 위하여 전자파 무반사실에서 휴대용 통신 무선기기에 대하여 EMI 측정을 실시하였다. 이때 측정용 안테나와 휴대용 통신 무선기기의 안테나의 상호간 거리를 5~300 cm로 하고 10 cm 간격으로 전계강도를 측정하였다. 외부환경조건, 케

이블 손실 및 antenna factor등을 고려한 전계강도는 그림 1과 같다. 그림 1(a)는 2종류의 휴대무전기의 전계강도를 측정 후 통계프로그램인 SAS (Statistical Analysis System)를 이용하여 회귀분석한 결과를 대수 및 선형눈금으로 나타내었다. 아날로그, 디지털 및 PCS 휴대전화의 전계강도에 대한 회귀분석 결과는 그림 1(b)와 같으며, 모든 휴대용 무선 통신기기의 전계강도에 대한 분석결과가 대수눈금에 대하여 선형적으로 근사화 시킬 수 있었다.

일반환경에서 휴대전화를 이용한 시험에서는 많은 사람들이 왕래하고 컴퓨터 등의 사무기기들과 일반통신기기(유, 무선전화 포함)들을 사용하는 장소로 하였다. 시험방법 및 샘플링은 무반사실에서와 동일한 방법으로 시험하였다.

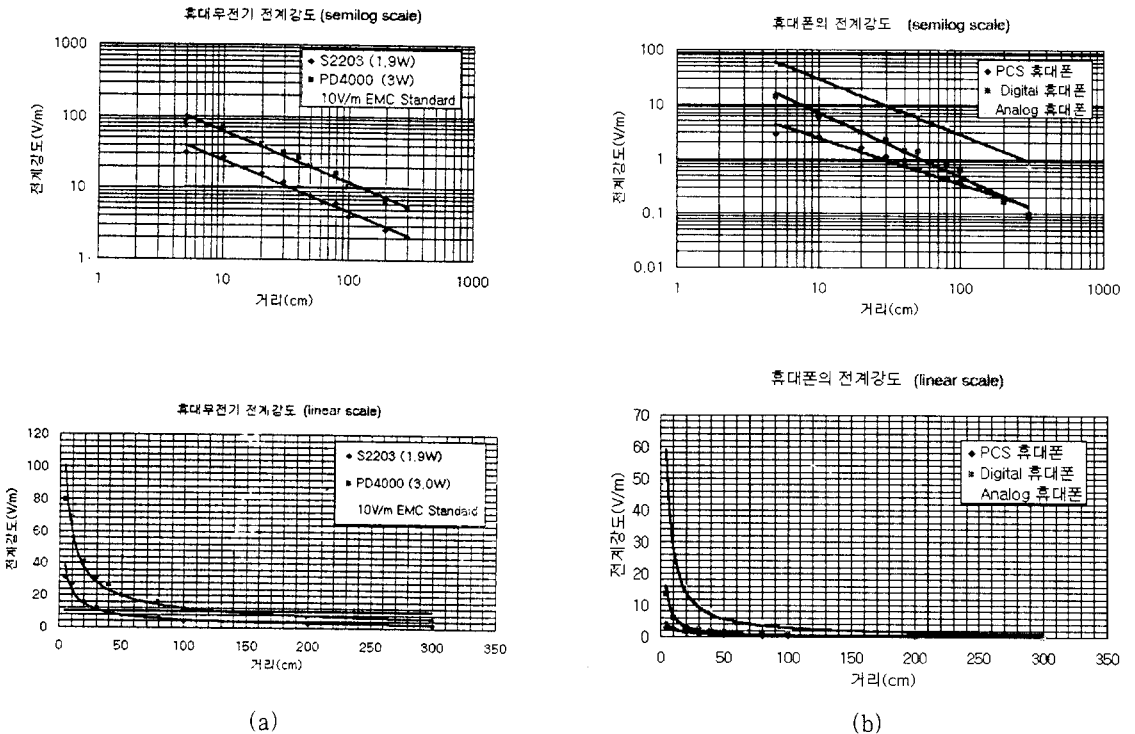


그림 1. 각종 휴대용 무선 통신기기의 전계강도. (a) 휴대무전기, (b) 휴대전화  
 Fig. 1. Field strength of various portable wireless communication equipments.  
 (a) potable transceiver, (b) mobile phones.

### Ⅲ. 시험결과 및 고찰

본 논문에서는 현재 국내에서 제작, 유통중인 96년 이후의 의료기기들 중 총 11종 16대를 전자파 방사 내성 측정 대상 의료기기로 선정하였으며 각 의료기기의 기능은 표 3과 같다. 이때, 의료기기가 오동작을 일으킬 경우 의료기기의 장애를 표 4와 같이 분류하고 발생된 장애 상태에 따라 가역적/불가역적 여부를 측정하였다.

표준 내성시험의 경우, 시뮬레이터를 이용하여 의료기기를 정상 동작상태로 유지시키면서 측정하였는데 측정 대상기기 중 시뮬레이터의 부재로 인하여 시험이 불가능한 의료기기가 일부 발생하여

8종 13대의 의료기기를 시험하였다. 이때 시험 대상 의료기기 중 4종 7대(53.3%)에서 오동작이 발생하였고 대부분 200~450 MHz의 주파수 대역에서 의료기기가 오동작을 일으킴으로 같은 세기의 전계강도를 가하여도 특정 주파수에서 의료기기의 내성이 약하다는 것을 알 수 있었다. 표 5는 표준 내성 시험에 의한 의료기기의 오동작 상태를 나타낸다. 모든 의료기기의 장애 상태는 가역적 상태로 나타났으며 전자파 장애원을 제거시 정상상태로 복구하였다.

휴대용 무선 통신기기의 경우, 아날로그, 디지털 및 PCS 휴대전화의 경우에는 대상 의료기기들이 정상적으로 동작하였으며 휴대무선기에 의한 영향은 매우 컸다. 휴대무선기를 이용한 시험의 경우에

표 3. 전자파 내성 측정 대상 의료기기

Table 3. List of electronic medical equipments for EMS measurement.

기 기 명	기 능	수량
환자감시 장치	ECG(심전도), SpO <sub>2</sub> (산소포화도) 및 NBP(혈압) 측정	2
수액펌프	인체에 정확한 양의 수액 주입	2
태아감시기	태아의 심장박동 감시	1
펄스 옥시미터	맥박수와 혈액내의 산소포화도를 측정하는 기구	2
전신마취기	환자의 호흡기를 통하여 마취가스를 주입하여 마취시킴	1
적외선 체열진단기	유방암 등을 조기 발견하기 위하여 환자의 표면의 체열 측정	1
생기능 진료기	환자의 생체기능의 진단 및 치료	1
보육기	미숙아를 위한 온도 및 습도 최적 설정	3
황달치료기	유아의 황달치료	1
혈압계	혈압측정	1
심장충격기	심장박동 휴지시 전기충격을 줌	1

표 4. 의료기기 장애 분류

Table 4. Malfunction category of medical equipments.

가역상태	의료기기에 대한 장애가 그 원인이 되는 휴대전화와 멀어지면 정상상태로 복구하는 상태
불가역상태	의료기기에 대한 장애가 그 원인이 되는 휴대전화를 멀리 해도 장애가 사라지지 않고 어떠한 조작 또는 기술적 수단을 취하지 않으면 정상적인 상태로 복구하지 않는 상태

표 5. 표준 내성시험 결과

Table 5. Results of the standard EMS test.

시험의료기기	영향주파수(MHz)	장애상태
환자감시장치 I	220~225, 440~450	출력파형이 일그러짐 (가)
환자감시장치 II	338~355	출력파형이 일그러짐 (가)
전신마취기	404~425.5	LCD 판 점멸 (가)
적외선 체열진단기	359, 363	화면 일그러짐(가)
보육기 I	200~261, 348~429	LCD 판의 수치가 불규칙하게 증가 또는 감소 (가)
보육기 II	230~322	LCD 판의 수치가 불규칙하게 증가 또는 감소 (가)
보육기 III	218~245, 422~500	LCD 판의 수치가 불규칙하게 증가 또는 감소 (가)

표 6. 휴대무전기를 이용한 내성시험 결과

Table 6. Results of the EMS test by portable transceivers.

시험 의료기기	휴대 무전기	장애상태	영향 최대 거리 (cm)
보육기 III	S2203, PD4000	- LCD 판의 수치가 불규칙하게 증가 또는 감소 - 경고음	180(가)
보육기 II	S2203, PD4000	- LCD 판의 수치가 불규칙하게 증가 또는 감소	120(가)
보육기 I	S2203, PD4000	- LCD 판의 수치가 불규칙하게 증가 또는 감소	70(가)
전신 마취기	PD4000	- LCD 점멸 및 경고음	50(가)
펄스옥시 미터 I	S2203	- SpO <sub>2</sub> 수치 감소 - 심장 bpm(bit per minute) 수치 증가	10(가)
환자감시 장치 I	PD4000	- 출력파형이 일그러짐 - LCD 판에 명암 문제	10(가)
혈압계	PD4000	- 압력을 나타내는 수치가 랜덤하게 증가 감소 반복	5(가)
수액펌프 I/II	PD4000	- occlusion(막힘, 회로 이상)	5(불가)
생기능 진료기	S2203	- 아날로그 계기판의 지침이 변화	3(가)
펄스옥시 미터 II	S2203, PD4000	- SpO <sub>2</sub> , Pulse 감소 - Power off	3(불가)
태아감시 장치	S2203	- LCD 판의 수치들이 랜덤하게 변함	0(가)

는 총 11종 16대의 의료기기 중에서 8종 12대(75%)가 오동작을 일으켰다. 이때, 표준시험시 의료기기에 영향을 미친 주파수 대역과 유사한 주파수를 사용한 휴대무전기의 경우 모두 오동작을 일으킴을 볼 수 있었다. 휴대무전기가 의료기기에 미치

는 영향은 표 6과 같다.

PD4000을 이용한 내성시험시 수액 펌프 I/II와 펄스옥시미터에서 불가역적인 상태가 발생하였으며 수액 펌프와 펄스 옥시미터를 제외한 의료기기는 가역적인 상태를 보였다. 또한 보육기III의 경

우 휴대무전기에 대한 최대영향거리가 180cm가 되었으며 태아감시장치의 경우 최대영향거리가 0cm로 이것은 휴대 무전기를 태아 감시장치에 접촉시켜야만 태아 감시장치에 장애가 발생함을 나타낸다.

환자감시장치 I의 경우 표준내성시험에서 200 MHz대역과 400 MHz대역에서 오동작이 관찰되었는데 휴대무전기를 이용한 내성시험에서도 220 MHz대역을 사용하는 S2203과, 440 MHz대역을 사용하는 PD4000에서 동일한 오동작이 발생하였다. 그림 2는 환자감시장치 I의 EMI를 측정 한 것으로 444 MHz에서 고조파가 발생함을 알 수 있었다. 그리고 이 주파수는 PD4000의 사용주파수와 일치하므로 휴대무전기의 사용주파수와 의료기로부터 방사되는 고조파가 유사한 경우에 의료기에 장애가 발생함을 알 수 있었다.

환자감시장치 I의 오동작 상태를 살펴보면 PD-4000의 Switch를 on, off시 이격거리가 약 10cm에서 출력 파형이 일그러지는 오동작이 관찰되었으며, LCD판의 명암에 문제가 발생하였다. 그림 3(a)는 환자감시장치 I이 정상 동작할 때의 ECG파형을 나타내고 그림 3(b)는 휴대무전기에 의한 환자감시장치 I의 오동작으로 생긴 파형의 일그러짐을 나타낸다. 휴대무전기의 Switch를 on하는 순간

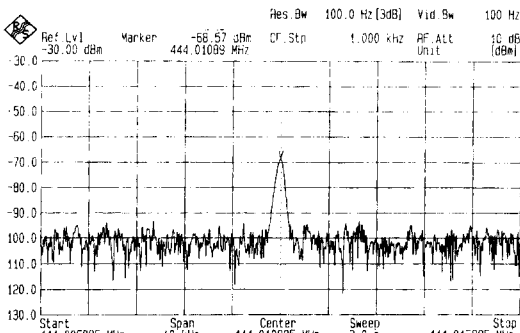


그림 2. 환자감시장치 I의 EMI측정(측정거리 1m)  
Fig. 2. EMI measurement of a patient monitor I (distance 1 m).

환자 감시 장치 II와 적외선 체열 진단기의 경우에는 표준 내성 시험에서 338~355 MHz 대역과 359 MHz에서 각각 오동작이 발생하였으나 200 MHz 대역과 400 MHz 대역을 사용하는 휴대 무전기에 대해서는 아무런 영향이 나타나지 않았다. 따라서 환자감시장치II와 적외선 체열진단기도 환자 감시장치 I에서와 같이 사용 주파수 대역에 따라서 서로 다른 내성의 세기를 갖고 있음을 알 수 있다.

표 7은 휴대무전기에 의한 의료기기의 장애별 분류를 나타낸다. S2203을 이용한 시험에서는 태아 감시장치 등 5종 8대(50%)의 의료기기에서 가역적인 상태의 오동작이 발생하였고 PD4000을 이용한 내성시험에서는 수액펌프 등 6종 9대(56.3%)의 의료기기에서 오동작이 발생하였는데 이중 수액펌프 I/II와 펄스 옥시미터 II의 경우는 기기의 상태가 불가역적인 상태가 되었다. 따라서 송신출력이 큰 PD4000을 이용하였을 때 송신출력이 작은 S2203을 이용한 경우보다 더 많은 의료기기들에게서 오동작이 일어남을 알 수 있다. 또한 시험대상 의료기기 중에서 보육기는 내성이 가장 약하였으

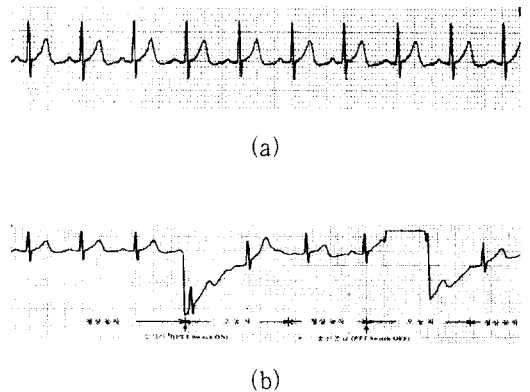


그림 3. 휴대무전기(PD4000)에 의한 환자감시장치의 영향. (a) 심파 정상기록, (b) 간섭받음기록  
Fig. 3. The effect of the portable transceiver on a patient monitor. (a) normal record, (b) interfered record.

표 7. 휴대무전기에 의한 의료기기의 장애별 분류  
Table 7. Classification of the malfunction forms of the medical equipments by the portable transceivers.

440 MHz 휴대무전기(3W) - PD4000	
불가역적 상태	가역적 상태
수액펌프 I/II Pulse Oximeter II	환자감시장치 I 전신마취기 혈압계 보육기 I/II/III

220 MHz 휴대무전기(2W) - S2203	
불가역적 상태	가역적 상태
	태아 감시장치 환자감시장치 I 보육기 I/II/III Pulse Oximeter I/II 생기능진료기

며 황달치료가 내성이 가장 강하였다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 각종 휴대용 무선 통신기기 등이 의료기기에 미치는 영향을 조사하기 위하여 표준 내성 측정방법과 휴대무전기, 아날로그, 디지털 그리고 PCS 휴대전화에 의한 의료기기의 내성 및 오동작 현상을 측정하였다. 측정 대상 의료기기는 총 11종 16대를 선정하였으며 시험결과를 요약하면 다음과 같다.

- 표준내성시험에 의한 영향: 환자감시장치 I 등 4종 7대, 시험대상 의료기기의 약 53.8%
- 휴대무전기에 의한 영향: 환자감시장치 I 등 8종 12대, 시험대상 의료기기의 약 75%
- 아날로그, 디지털 및 PCS 휴대전화에 대해서는 모든 의료기기가 내성기준을 만족하였다. 시험결과, 의료기기가 표준내성시험에서 내성기

준을 만족하여도 휴대무전기의 영향을 받아 오동작이 일어날 수 있음을 알 수 있었다.

휴대무전기가 의료기기에 영향을 미치는 주요 변수로는 휴대무전기의 송신전력 및 의료기기의 이격거리에 의해서 결정되어지는 전계강도의 세기와 휴대무전기의 사용주파수와 의료기기로 부터 방사되는 고조파와의 간섭에 의해서 결정됨을 알 수 있었다. 그리고 의료기기로 부터 방사되는 고조파는 대부분 500 MHz 이하의 주파수 대역이므로 800 MHz 이상의 주파수 대역을 사용하는 휴대폰 보다 낮은 주파수 대역을 사용하는 휴대무전기의 영향이 큼을 알 수 있다. 따라서 주파수에 따라 의료기기의 전자파 내성의 세기가 다름을 알 수 있으며, 위 연구를 통하여 본 연구자는 의료기기가 휴대 전화에 의한 영향을 적게 받기 위해서는 기존의 전자파 내성 시험 기준에서 휴대전화의 사용 주파수 범위에서 의료기기의 EMI 기준을 강화시키는 방법을 제안하고자 한다.

특히, 휴대무전기의 경우, 의료기기에 미치는 영향은 매우 커서 병원과 같은 의료기관에서의 휴대무전기의 사용을 제한하는 것이 바람직하다. 다만 부득이하게 사용을 해야 한다면 의료기기로 부터의 사용 안전거리를 유지하여 사용하도록 권고하여야 할 것이다.

#### 참 고 문 헌

[1] D. L. Hayss, P. J. Wang, and D. W. Reynolds, "Interference with Cardiac Pacemakers by Cellular Telephones," *The New England Journal of Medicine*, vol. 333, pp. 1473-1479, May 1997.

[2] V. Barbaro, P. Bartolini, A. Donato, C. Militello, and G. Altamura, "Do European GSM Mobile Cellular Phone Pose a Potential Risk to Pacemaker Patients?" *Pacing Clin. Electrophysiol.*, vol. 18, pp. 1218



-1224, June 1995.

- [3] M. P. Robinson, I. D. Flintoft and A.C. Marvin, "Interference to Medical Equipment from Mobile Phone," *Journal of Medical Engineering & Technology*, vol. 21, no. 3-4, pp. 141-146, May-August 1997.
- [4] R. Carrillo, O. Garay, Q. Balzano and M. Pickels, "Electromagnetic Near Field Interference with Implantable Medical Devices," *Proceedings of the 1995 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, Atlanta, pp. 24-28, August 1995.
- [5] J. L. Silberberg, "What Can/Should We Learn from Reports of Medical Device Elec-

tromagnetic Interference?" *US FDA Center for Devices and Radiological Health*, May/June 1996.

- [6] 不要電波問題對策協議會, "醫用電氣機器への電波の影響防止をするため - 携帶電話端末等の使用たする調査報告書", 電波産業會, 1997.
- [7] 한국전자파진흥협회, "무선설비형식검정·형식등록 및 전자파적합등록 관련규정집", 정보통신부, 1997.
- [8] R. Carrillo, B. Saunkeah, M. Pickels, and D. Williams, "What Distance Do Cellular Telephones Interfere with Pacemakers?" *Pacing Clin. Electrophysiol.*, pp. 1777-1795, May 1995.

김 종 현



1984년 2월: 광운대학교 공과대학 전자통신공학과(공학사)  
 1990년 6월: 독일 Ruhr Univ. Bochum 전자공학과(공학석사)  
 1994년 8월: 독일 Dortmund Univ. 전자공학과(공학박사)  
 1995년 3월~1999년 3월: 광운대학

교 전자공학과 조교수

1999년 4월~현재: 광운대학교 전자공학과 부교수

1996년~현재: 한국전자파학회 편집위원

[주 관심분야] EMI/EMC, 초고주파 및 광집적회로, 초고주파 측정 및 센서

배 한 길



1998년 2월: 동신대학교 정보통신공학과(공학사)  
 1998년 2월~현재: 광운대학교 전자공학과 석사과정  
 [주 관심분야] EMI/EMC, 초고주파공학