

원저

## RSSI 방식을 이용한 RFID 기반 환자 위치 모니터링 시스템 설계에 관한 연구

김도성<sup>1,2</sup>, 김정채<sup>3</sup>, 김승호<sup>4</sup>, 유선국<sup>1,5,6</sup>

BK21 연세의과학사업단<sup>1</sup>, 연세대학교 개인식별연구소<sup>2</sup>, 연세대학교 생체공학 협동과정<sup>3</sup>,  
연세대학교 의과대학 응급의학교실<sup>4</sup>, 연세대학교 의과대학 의학공학교실<sup>5</sup>, 이동형 응급의료 정보시스템 개발센터<sup>6</sup>

## A Study on the Patient Location Monitoring System Based on RFID - RSSI

Do-Sung Kim<sup>1,2</sup>, Jungchae Kim<sup>3</sup>, Seung-Ho Kim<sup>4</sup>, Sun K. Yoo<sup>1,5,6</sup>

Brain Korea21 Project for Medical Science, Yonsei Univ.<sup>1</sup>, Human Identification Research Center, Yonsei Univ.<sup>2</sup>,  
Graduate School of Biomedical Engineering, Yonsei Univ.<sup>3</sup>, Dept. of Emergency Medicine, Yonsei Univ. College of Medicine<sup>4</sup>,  
Dept. of Medical Engineering, Yonsei Univ. College of Medicine<sup>5</sup>, Center for Emergency Medical Informatics<sup>6</sup>

### Abstract

**Objective :** The location services has been an important research area in the U-Healthcare. The location services in medical environment can be implemented by Radio Frequency Identification (RFID), and Received Signal Strength Indication (RSSI) which is the location tracking method by RFID. In this study, we was designed the Patient Location Monitoring System based on RFID using RSSI method. **Methods :** The RSSI method is a distance measurement method from reference points to object using the Friis's Principle and the Triangulation. The Patient Location Monitoring System was implemented by XML Data transmitted from the Positioning Server to the application. The Patient Location Monitoring System was designed by C# of Visual Studio 2005 and MS-SQL 2005 Express. **Results :** The Patient Location Monitoring System had the location-tracking average error of 90.50cm, the standard-deviation of 13.34cm in Open-Space test. And, the designed system had the location-tracking average error of 163.24cm, the standard-deviation of 16.85cm in Closed-Space Test. Also, a patient waiting-list guide performance of the Patient Location Monitoring System had successes of 85~100%. **Conclusion :** In this study, the Patient Location Monitoring System, combined with both patient location-tracking function and patient waiting-list guide function, was validated by experiments in medical environment and this system can be applicable to patient management and further applications. (*Journal of Korean Society of Medical Informatics 15-1, 41-48, 2009*)

**Key words:** Radio Frequency Identification (RFID), Received Signal Strength Indication (RSSI), Location services, Patient Location Monitoring System

**논문투고일:** 2008년 3월 28일, **심사완료일:** 2008년 9월 17일

**교신저자:** 유선국, 서울특별시 서대문구 신촌동 134 연세대학교 의과대학 의학공학교실 (120-752)

**Tel:** 02-2228-1919, **Fax:** 02-363-9923, **E-mail:** sunkyoo@yuhs.ac

\* 본 연구는 보건복지부지정 특정센터연구지원 연구개발 사업지원과제 ‘이동형 응급의료 정보시스템 개발센터’의 지원에 의해 수행한 내용의 일부입니다.(과제번호:A020608) “This research was financially supported by the Ministry of Knowledge Economy(MKE) and Korea Industrial Technology Foundation (KOTEF) through the Human Resource Training Project for Strategic Technology”

## I. 서론

최근 새로운 기술의 발명 및 발달로 인해 인류 사회의 전 분야에 걸쳐 급격한 변화가 진행되고 있다. 이러한 변화는 의료 환경에서도 일어나는 현상으로서, 『U-Healthcare』라는 패러다임 아래 다양한 의료정보 시스템이 통합되어 복합적인 새로운 의료서비스가 등장하고 있다. 『U-Healthcare』에 사용된 ‘Ubiquitous’라는 말과 같이 이제는 시간·장소의 구애됨이 없이 지금 현재 내가 있는 장소가 의학적 처치의 시간과 장소가 되어가고 있다. 이러한 『U-Healthcare』를 구현함에 있어서 현재의 위치에 관한 정보는 그 어떤 것보다 중요하다고 할 수 있다. 일례로 환자가 병원에 내원한 순간부터 그 환자의 위치 정보를 모니터링 함으로서 환자가 병원에서 해야 할 일과 그 일을 수행하기 위한 장소를 안내하며, 추후에 어떠한 의료적 조치를 받을 것인가 등을 알 수 있는 것은 환자의 현재 위치 정보를 모니터링하고 있었기 때문에 그 시간과 장소에 적합한 의료 서비스를 환자에게 제공할 수 있는 것이다. 현재 위치 정보를 획득할 수 있는 기술로 잘 알려진 것은 GPS(Global Positioning Service)나 GIS(Geographic Information System) 등이 있지만, 이는 모두 실외 환경에서만 구현 가능한 기술이고, 실내 특히 의료 환경에 적용할 수 있는 기술로 부각되는 것은 Radio Frequency Identification(RFID) 기술이다<sup>1-3)</sup>.

RFID는 말 그대로 전파를 통해 사물을 식별하는 것으로서, 작은 Radio Transceiver를 가지고 있는 tag를 사람이나 사물에 부착하여 그 사람이나 사물을 관리하는 기술로<sup>4)</sup>, 그 tag의 현재 위치 정보도 제공할 수 있는 무선 기술이다<sup>5)</sup>. 이러한 RFID 기술을 의료 환경에 도입하였을 경우 의료진이 허비하는 시간이 줄어들고 의료장비 등의 효율적인 이용이 가능해지기 때문에, 의료진의 업무량이 감소하여 병원 업무의 효율성이 증대된다는 보고<sup>6)</sup>에 따라 의료 환경에서도 RFID를 적용하려는 시도는 다양하게 이루어지고 있지만, 주로 의료진이나 환자의 판별·관리나 의료장비·의료용 물품 등의 관리에 집중되어져 왔다<sup>1)2)</sup>. 그러나 RFID는 tag와 detector의 하드웨어의 조합에 따라 보다 다양한 응용이 가능하다. 예를 들어 병원에 내원하는 환자 중에는 치매나 정신질환자와 같은 돌발 행동을 할 가능성이 있는 환자들도 포함되어 있기 때문에, 병원 외부나 특정 지역의 출입 등을 포함한

환자의 위치에 대한 지속적인 관리가 필요하지만, 의료 인력이 직접 이러한 환자와 동행하면서 관리하기에는 인력 부족 등의 이유로 실질적으로 이루어지기 어렵다. 또한 현재 대부분의 병원에서 도입하여 운용 중인 환자 대기 안내 시스템을 예로 들면, 현재의 대기 안내 시스템은 의료진이 직접 대기리스트를 관리하는 방식이기 때문에 의료진에게 부가되는 업무량이 증대되는 단점이 있다.

따라서 병원 내에서 환자의 위치를 자동으로 관리하여, 발생할 수 있는 병원 내 사고도 예방할 수 있는 실시간 위치 추적 시스템(Real-Time Location Tracking System)과 의료진의 추가적인 조치가 필요하지 않은 자동 환자 대기 안내 시스템과 같은 시스템의 도입이 필요하다고 판단되는데, 이와 같은 시스템을 구현할 수 있는 기술로 점쳐지는 것이 RFID를 응용한 기술이라 생각된다.

따라서 본 연구에서는 RFID 기술을 이용하여 병원 내 환자의 실시간으로 위치 추적이 가능하고, 또한 자동 환자 대기 안내 시스템이 결합된 환자 위치 모니터링 시스템을 설계하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. RSSI(Received Signal Strength Indication)

RFID를 이용한 환자 모니터링 시스템은 RSSI 방식 이용하여 구현할 수 있다. RSSI 방식은 삼각측량법을 기반으로 2차원 평면에서 물체의 위치를 계산하는 방법 중 하나로서 tag에서 발신된 신호가 Access Point(AP)에서 감지될 때 그 신호의 도달 강도의 차를 이용하여 거리를 계산하는 방법이다.

RSSI 방식을 이용하여 2차원 평면상에서 이동하는 개체의 실시간 위치를 추정하기 위해서는 최소 3개 이상의 기준점이 필요한데, 이를 AP로 설정한다. 먼저 각 AP로부터 tag까지의 거리를 피타고라스 정리에 의해 식으로 정의하고, 태그에서 설정한 발신전파의 강도와 각 AP에서 측정된 신호의 강도의 차에 해당하는 신호강도의 손실을 Friis의 공식을 적용하여 AP-tag간의 거리를 구한다. 이렇게 구한 AP-tag간의 거리와 기준점으로 설정한 AP의 좌표를 피타고라스 정리에 의해 정의된 식에 적용하여 tag의 좌표를 계산해낸다<sup>7)</sup>. 이와 같은 연산과정을 tag로부터 신호가 들

어오는 순간마다 반복함으로서 그 tag의 실시간 위치를 추적해 낼 수 있는 것이다.

## 2. 환자 위치 모니터링 시스템 구성

환자 위치 모니터링 시스템은 의료 환경에서 다음과 같이 적용할 수 있다. 먼저 병원 전체의 도면을 미리 환자 위치 모니터링 시스템에 입력한 후, 병원이나 진료실의 출입구에 detector를 설치하고, 환자 위치 추적을 위한 AP는 병원 전체에 설치한다. 환자가 병원에 내원하여 의료진으로부터 환자 자신의 성명 정보가 할당된 tag를 받아 소지하면 그 순간부터 tag를 지닌 환자의 병원 내 실시간 위치 추적이 이루어진다. 따라서 환자가 자신의 진료계획에 따라 병원 내부를 이동하면, 의료진은 환자들의 병원 내 이동 상황을 실시간으로 추적·관리할 수 있다. 또한 환자가 자신이 진료를 받아야 하는 진료실 근처의 대기공간에 진입하면, 그 대기실에 설치된 detector가 tag를 감지하여 그 환자가 대기공간에 진입하였음을 확인하고, 그 환자의 성명을 환자 대기 리스트에 등재시킨다. 그리고 진료실 내 의료진의 책상과 진료실의 출입문 옆에 두

대의 detector를 설치하여, 그 detector의 감지 순서를 바탕으로 환자의 진료실 출입을 확인·관리할 수 있어서 대기 리스트를 업데이트 할 수 있다.

본 연구에서 사용한 RFID 하드웨어 시스템은 AeroScout社<sup>8)</sup>의 제품으로서, tag와 tag activation system, tag detector와 AP, 그리고 Positioning Server로 구성되어 있다(Fig. 1). tag는 tag activation system를 통해 활성화시킨 후에만 기능을 수행할 수 있다. 활성화된 tag는 2.4GHz wireless LAN을 통해서 detector와 교신한다. detector는 detector의 감지 범위 내에 tag가 진입하여 감지될 경우에만 tag가 그에 해당하는 신호를 발신하도록 하는데, 그 중 Ex2000 모델과 Ex3100 모델의 Tag의 최대 감지범위는 각각 6.5m와 2m이다. AP는 tag의 위치를 추적하는 RSSI의 기준점 역할 뿐만 아니라 tag에 설정한 발신주기에 따라 tag의 mac-address와 발신신호의 강도, 발신시간 등의 tag의 각종 데이터를 포함하고 있는 신호를 수신하여 Positioning Server로 전달하는 역할을 한다. 이때 tag의 신호도 2.4GHz wireless LAN를 통해 54Mbps의 속도로 AP로 전달되고, AP에서부터는 LAN을 통해 Positioning Server로 전송된다. 이 Positioning Server에서는 tag로부터 전달된 신호를

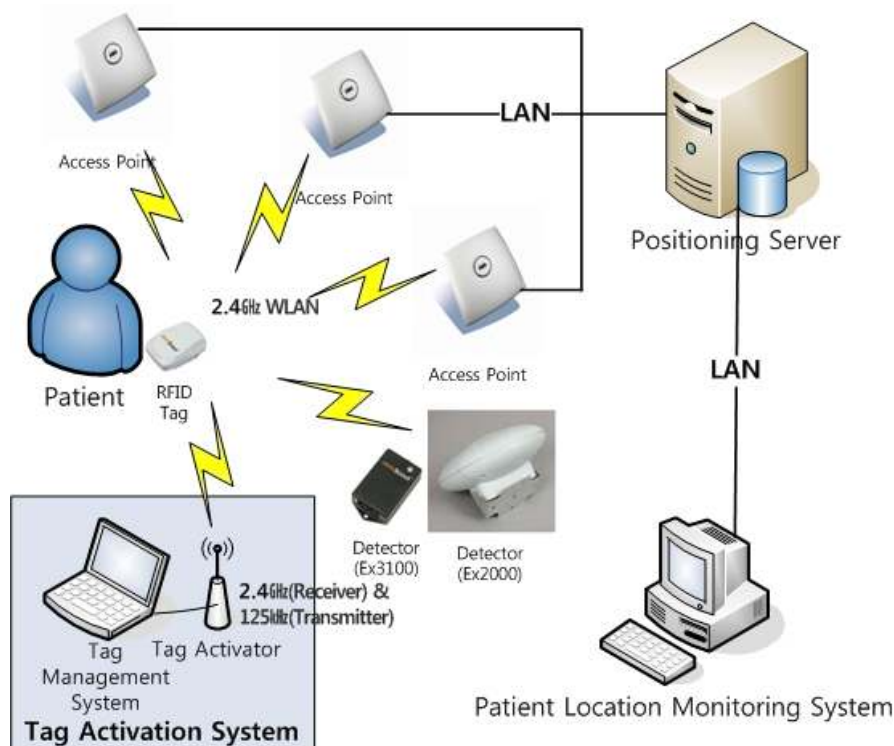


Figure 1. RFID Hardware System Configuration

바탕으로 현재 tag의 위치 좌표 및 각종 상태 등 다양한 정보를 담고 있는 XML 형태의 데이터를 만들어낸다. 환자 위치 모니터링 시스템은 이 XML 데이터를 요청하는 request 명령에 대한 response로서 XML 데이터를 받아들이어서 구현할 수 있었다(Fig. 2).

본 연구의 환자 위치 모니터링 시스템은 Visual Studio 2005의 C#을 이용하여 설계하였고, 시스템에서 사용한 데이터베이스 프로그램은 Microsoft SQL 2005 Express를 이용하였다. 환자 위치 모니터링 시스템을 Positioning Server와 동일한 컴퓨터에 설치하여 하드웨어의 수를 최소화시켰다. 개발에 사용한 Positioning Server는 Pen4-3.21GHz CPU, 3.5GB RAM, Windows Server 2003 운영체제로 구성되어 있고, tag activation system에서 사용된 컴퓨터는 IBM ThinkPad R40으로서 Pen4-2.4GHz CPU, 1GB RAM, Windows XP Home Edition 운영체제로 구성되어 있다.

### 3. 환자 위치 모니터링 시스템 성능 평가 실험

환자 위치 모니터링 시스템이 환자 위치 추적 기능과 대기리스트 안내 기능이 결합된 시스템이기 때문에, 각 기능에 맞추어 두 가지 실험을 하였다. 첫 번째는 환자 위치 추적 성능 실험이다. 병원 내에서 환자의 위치를 추적·관리함에 있어서 AP와 tag 사이에 장애물이 존재하는 닫힌 공간과 어떠한 장애물도 없는 열린 공간에서 tag를 지닌 환자의 위치 추적이 이루어지기 때문에, AP와 tag 사이에 건축구조물에 의한 장애물이 존재하는 실험환경과 장애물이 존재하지 않는 실험환경을 구성하여 각각의 위치 추적 성능을 실험하였다. 두 번째는 대기 안내 시스템 성능 실험으로서, tag를 지닌 환자가 대기실에 입장한 후, 자신의 차례가 되어 진료실에 입장하고, 진료 후 진료실에서

퇴장하는 것을 실험 시나리오로 설정하여 ‘대기실입장’, ‘진료실입장’, ‘진료실퇴장’을 실험모델로 설정하여 각 실험 모델에 대한 성공률을 측정하였다.

## III. 결과

### 1. 환자 위치 모니터링 시스템 설계

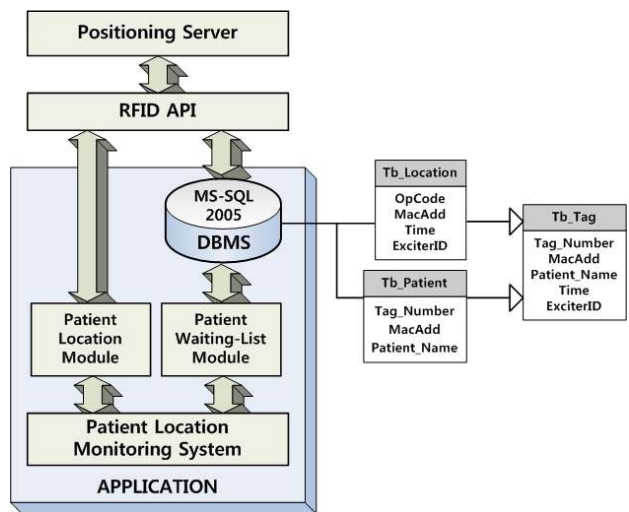


Figure 3. Patient Location Monitoring System Configuration

환자 위치 모니터링 시스템은 두 개의 모듈로 구성되어 있다(Fig. 3). 첫 번째는 tag를 지닌 환자의 위치를 추적·관리할 수 있는 patient location module이고, 두 번째는 detector를 이용하여 특정 구역 내 환자의 출입관리를 통해 환자의 대기상태를 자동으로 안내해 줄 수 있는 patient waiting-list module이다. 환자 위치 모니터링 시스템은 Positioning Server로부터 XML 데이터를 받거나 request/response 명령을 보내거나 받을

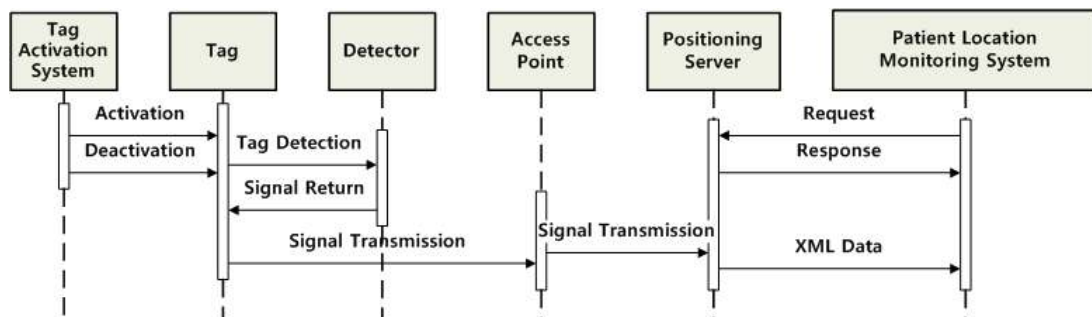


Figure 2. The Sequence Diagram of Patient Location Monitoring System

때 API를 통해서 통신하는데, API를 통해 받아들이는 데이터를 각 모듈로 보낸다. patient location module로 전송되는 데이터는 tag의 coordinate값과 tag가 위치하고 있는 map의 ID이고, patient waiting-list module로 전송되는 데이터는 먼저 DBMS(Database Management System)를 거치게 되는데, Positioning Server로부터 전송된 XML 데이터 중 'OpCode', 'MacAdd', 'Time', 'ExciterID' 데이터를 Tb\_Location 테이블에 저장한다. 'OpCode'는 Positioning Server로부터 명령이나 XML 데이터를 받을 때 그 종류에 따라 할당되는 operation code이고, 'MacAdd'는 tag마다 할당된 mac address를 뜻한다. 'Time'은 Positioning Server로부터 XML 데이터를 받아들이었을 때의 시간을 뜻하고, 'ExciterID'는 tag가 detector에 감지되었을 경우 그 감지된 detector의 ID를 뜻한다. 그리고 각각의 tag에 환자정보를 할당하기 위해 작성된 Tb\_Patient 테이블의 'Tag\_Number', 'MacAdd', 'Patient\_Name' 데이터와 Tb\_Location 테이블의 데이터들은 'MacAdd'를 기준으로 Tb\_Tag 테이블에 다시 저장되는데, 환자 대기 안내 시스템은 이 Tb\_Tag 테이블의 데이터를 바탕으로 구현된다.

Fig 4(a)에서 대기실 공간에 설치한 detector는 넓은 대기실 공간을 모두 커버해야 하므로, 감지범위가 최고 6m인 Ex2000 모델을 사용하여 구축하였고, 진료실 문 옆과 진료실 내 의료진 책상에는 Ex3100 모델을 사용하였다. 즉, tag를 지닌 환자가 대기공간에 접근하여 Ex2000 detector에 감지되었을 때, 환자 위치 모

니터링 시스템은 그 환자의 성명을 대기리스트에 등재시킨다. 그리고 진료실 내 의료진책상에는 Ex3100-1, 진료실 문 옆에는 Ex3100-2를 각각 설치한 후, tag를 소지하고 대기실에 있던 환자가 진료실 내부로 진입하여 Ex3100-2에 감지된 후 Ex3100-1에 감지된 경우는 그 환자가 진료실에 입장한 것으로 간주한다. 반대로 진료실 내부의 환자가 진료실에서 퇴장할 때 Ex3100-1 감지된 후 Ex3100-2에 감지된 경우에는 그 환자가 진료실에서 퇴장한 것으로 간주하여 그 환자의 성명을 대기리스트에서 삭제하고 대기리스트가 업데이트되도록 구현하였다. 즉, Tb\_Tag 테이블의 데이터 중 'MacAdd'가 똑같지만 'ExciterID'는 서로 다른, 가장 최근의 데이터 2개를 추출하여 'ExciterID' 감지순서에 따라 진료실 입장과 진료실 퇴장을 구별해내는 것이다.

Figure 4(a)는 환자 위치 모니터링 시스템의 구동화면이다. Figure 4(a)에서 ①은 각 Tag에 할당된 환자의 성명정보를 보여주는 Tb\_Patient 테이블이고, ②는 의료진이 환자의 대기실 및 진료실 출입이력을 텍스트로서 표시해주는 부분이다. ③은 해당 진료실의 환자 대기리스트를 보여주는 부분이고, ④는 병원 내에서 Tag를 지닌 환자들의 실제 위치를 추적하여 보여주는 부분이다. 그리고 Figure 4(b)는 각 진료실 앞 대기공간에 추가로 부착된 모니터를 통해 환자 자신의 대기순서를 직접 확인할 수 있도록 보여주는 별도의 프레임이다.



Figure 4. (a) A Result for User Interface of Patient Monitoring System  
(b) Waiting-List Display Frame in Patient Waiting-Room



## 2. 환자 위치 추적 성능 실험

tag를 지닌 환자는 병원 내에 설치된 AP들이 이루는 도형의 내부에 존재할 경우에만 정확한 위치 추적이 가능하다. 이 때 tag와 AP 사이에 아무런 장애물이 없는 열린 공간에서 신호전달이 이루어질 수도 있겠지만, 벽과 같은 건축 구조물 등 특정한 장애물이 존재하는 닫힌 공간에서 신호전달이 발생할 경우도 있을 것이다. 따라서 일반적인 외래진료실을 모델로 하여 콘크리트 벽으로 이루어진 가로 360cm \* 세로 315cm의 공간을 실험장소로 선택하였다. 그 실험 장소의 중앙부에 tag를 실제로 위치시키고, 3대의 AP를 실험공간의 콘크리트 벽 외부에 설치하여, 모든 AP와 tag 사이에는 반드시 1개의 벽이 존재하는 Closed-Space 실험 환경을 구성하여 tag의 위치추적 성능을 실험하였다. 이 때 실험에 사용한 Tag의 수는 10개이고, AP와 AP 사이의 거리는 각각 5.56m(AP<sub>1</sub>-AP<sub>2</sub>), 4.78m(AP<sub>2</sub>-AP<sub>3</sub>), 4.84m(AP<sub>1</sub>-AP<sub>3</sub>)이었으며, tag와 AP 사이의 거리는 각각 3.18m(AP<sub>1</sub>-Tag), 3.27m(AP<sub>2</sub>-Tag), 2.29m(AP<sub>3</sub>-Tag)이다. 또한 Closed-Space 실험에서의 AP와 tag 위치를 2차원좌표로서 정량화한 후, 어떤 장애물도 없는 열린 공간에 AP와 tag의 그 위치를 동일하게 적용하여 tag의 위치추적 성능을 실험하는 Open-Space 실험도 실시하였다. 실험 방법은 환자 위치 모니터링 시스템에서 표시되는 tag의 궤적을 각 20회씩 표시하여, tag의 실제위치와 시스템 상에서 표시되는 위치 간의 오차 평균값과 표준편차를 연산하였다.

따라서 Closed-Space 실험에서는 163.24cm의 거리오

차와 16.85cm의 표준편차를 보였고, Open-Space 실험에서는 90.50cm의 거리오차와 13.34cm의 표준편차를 보였다(Table 1).

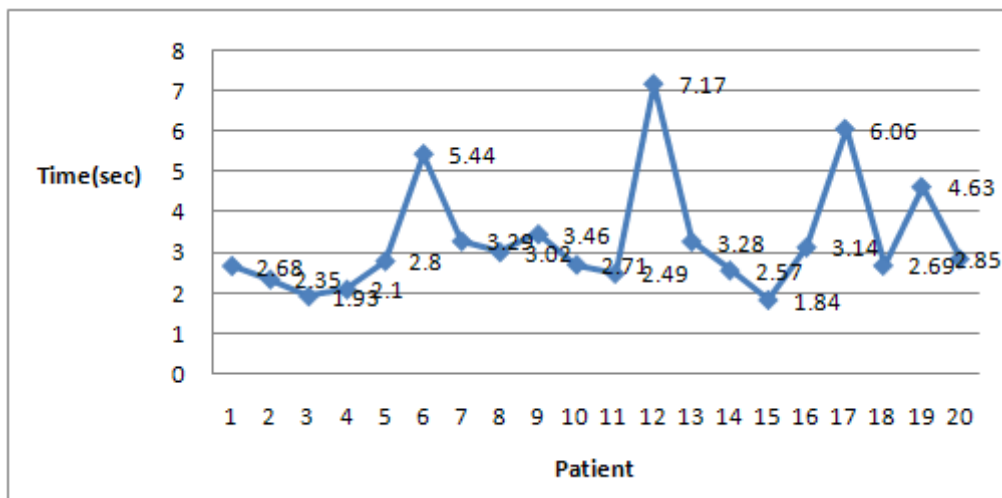
**Table 1.** Result of Patient Location-Tracking Performance Test

	Closed-Space Test	Open-Space Test
Average of Distance Error	163.24cm	90.50cm
Average of Error Standard-Deviation	16.85cm	13.34cm

## 3. 환자 대기 안내 성능 실험

Tag를 지닌 환자가 병원 내에서 이동하다가 진료실의 대기공간에 진입하였을 경우에는 ‘대기실 입장’이 이루어지고, 대기하던 환자가 자신의 차례가 되어 진료실에 들어갈 경우에는 ‘진료실 입장’, 모든 진료를 마치고 진료실에서 나오는 경우에는 ‘진료실 퇴장’의 과정이 이루어지는 것을 실험모델로 설정하였다. 그리고 가로 약 3m \* 세로 약 3.5m의 외래진료실에서 진료실 문으로부터 의료진 책상 앞까지 거리 약 2.5m를 이동하는데 소요되는 시간을 환자 20명을 대상으로 측정해 본 결과 평균 약 3.33초가 소요되었다(Fig. 5).

따라서 진료실 출입문과 의료진 책상사이의 이동 시간을 3초로 설정하여 각 실험 모델에 대해 1개의 tag만 이용하여 20회씩 실험한 결과 ‘대기실입장’/‘진료실입장’/‘진료실퇴장’성공률은 각각 100%/90%/85%이었다.



**Figure 5.** Moving Time of Patients in Examination-Room

#### IV. 고찰

본 연구에서는 RSSI 방식을 기반으로 RFID 시스템을 이용하여 의료진이 환자의 위치를 실시간으로 추적·관리할 수 있고, 또한 특정 진료실의 환자 대기 현황도 자동으로 안내할 수 있는 환자 위치 모니터링 시스템을 설계하였다.

환자 위치 모니터링 시스템의 성능평가 실험 중 환자의 위치 추적 성능 실험을 보면, 먼저 시스템에서 사용한 RSSI 방식은 그 특성상 각각의 기준점, 즉 각각의 AP가 이루는 도형의 내부에서만 정확한 위치 추적이 가능하고, 그 도형의 내부라고 할지라도 최고 1m의 오차는 발생할 수 있다<sup>9)</sup>. 즉, 시스템 상에서 표시되는 tag의 위치와 실제 위치 간의 1m 이하의 오차에 대해서는 정확하다고 간주할 수 있는 것이다. 실제로 Open-Space 실험 결과 환자 위치 모니터링 시스템에서 표시되는 10개의 tag의 위치와 tag의 실제위치 간에는 평균 90.50cm의 거리오차를 보이므로 Open-Space에서의 위치 추적은 정확하다고 볼 수 있었다. 그리고 시스템 상에서 표시되는 tag의 위치가 한 곳에 고정되지 않고 계속 이동하고 있는데, 그 변화의 정도를 보여주는 데이터간의 표준편차도 13.34cm에 불과하였다. 반면 tag가 AP를 통해 신호를 전달하기 위해서는 반드시 1개의 콘크리트 벽을 통과하도록 설정한 Closed-Space 실험에서 거리 오차는 163.24cm로 거의 두 배로 증가하고, 표준편차도 16.85cm로 증가하여 위치 추적 성능의 정확도가 감소한 것을 확인할 수 있었다. 하지만 실험공간의 도면이 아닌 병원의 전체 도면을 기준으로 환자 위치 모니터링 시스템을 동작시켰을 경우, tag의 실제 위치와 시스템에 표시되는 tag의 위치 사이의 추가적인 70cm의 오차는 환자 위치 모니터링 시스템에서 육안으로 식별할 수 없는 차이였기 때문에 유의한 차이는 아니라고 판단되었다.

두 번째로 환자 대기 안내 성능 실험에서는 20명의 외래진료환자가 진료실 문에서 의료진 책상에 도달하는데 소요되는 시간을 기준으로 ‘대기실입장’/‘진료실입장’/‘진료실퇴장’ 항목을 실험해 본 결과 성공률은 각각 100%/90%/85% 이었다. ‘대기실입장’의 경우 최대 6m의 유효범위를 갖는 detector를 대기실에 설치하였으므로, tag를 지닌 환자가 detector의 유효범위 내에 존재하는 시간이 충분히 보장되기 때문에 100%의 성공률을 보일 수 있었다. 반면 ‘진료실입장’과 ‘진료실

퇴장’의 경우는 3초의 시간 안에 tag는 두 개의 detector와 모두 교신을 해야 성공할 수 있는데, 이 때 tag의 transmission-time과 detector의 transmission-interval로 인해 주어진 3초의 시간 내에 tag와 detector가 서로 교신하지 못하는 상황이 발생하여 ‘진료실입장’/‘진료실퇴장’은 90%/85%의 성공률을 갖는 것으로 생각된다. 이는 tag의 transmission-time과 detector의 transmission-interval을 조정함으로써 성공률을 높일 수 있을 것이라 판단된다.

또한 대부분의 병원에서 운용하고 있는 현재의 환자 대기 안내 시스템은 의료진이 대기 리스트를 직접 관리해야 하는 시스템이기 때문에 의료진의 업무 증가라는 단점이 있고, 일부 병원에서 시도된 RFID를 이용한 대기 안내 시스템은 진료실 앞에 위치한 Detector에 환자 자신이 착용한 RFID Tag를 직접 접촉해야만 대기 리스트에 환자의 이름을 등재할 수 있는 번거로움을 가지고 있었다<sup>8)</sup>. 따라서 환자 위치 모니터링 시스템과 같이 환자나 의료진의 부가적인 조치가 필요 없는 자동 대기 안내 시스템의 수요가 증가할 것이라고 판단된다.

마지막으로 이러한 환자 위치 모니터링 시스템을 도입하는데 있어서 문제점을 생각해 볼 수 있다. 첫 번째는 RFID 인프라의 초기 비용에 대한 문제이다. 아직은 RFID tag가 고가이고, 또한 병원 내 전 지역에서 위치추적을 실시하기 위해서는 병원 내 전 지역, 특히 병원 외곽의 벽에 많은 AP가 설치되어야 하기 때문에 많은 예산 및 유지비용이 소요될 것이다. 또 다른 문제점은 Tag가 갖고 있는 문제점으로서 안전성 문제이다. Tag에 개인정보를 입력시켜 놓기 때문에 그 Tag는 개인 정보 유출을 위한 공격의 대상이 될 수 있다. 예를 들어 임의의 복제 tag를 이용하여 타인의 tag ID를 인증하거나, 비인증된 RFID detector가 존재할 경우 그 detector를 통해 tag의 정보가 유출될 가능성도 있다<sup>10)11)</sup>. 이러한 문제점을 방지하기 위하여 RFID detector의 인증방법을 더욱 고도화시키고, tag의 중복된 데이터가 동시에 전송되거나 똑같은 tag의 정보가 다양한 위치에서 detector에 감지될 경우 경고 기능을 통해 안전성을 높이는 방법을 생각해 볼 수 있다. 그리고 이러한 기술적인 제약이나 보안상의 문제는 더 진보된 기술이 개발되고 새로운 기술이 도입된다면 곧 극복될 수 있을 것으로 판단된다.

이러한 점에서 RFID에 관한 추가적인 연구개발과

응용 시스템의 개발 및 적용 시도가 이어진다면, 환자 위치 모니터링 시스템과 같은 RFID 응용 시스템은 의료 환경에 정착될 수 있을 것이라 생각된다.

## 참고문헌

1. Maglogiannis I. EmerLoc: Location-based services for emergency medical incidents. International Journal of Medical Informatics. 2006
2. Chung-Chih L. Wireless Health Care Service System for Elderly With Dementia. IEEE Transactions on Informatics Technology in Biomedicine. Vol.10. No.4. Oct 2006
3. Jongchul S. A Proximity-based method for location RFID tagged objects. Advanced Engineering Informatics 21 (2007) 367-376
4. Duncan C. Active-RFID System Accuracy and its Implications for Clinical Application. Proceeding of the 19th IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems. 2006.
5. Booth P. Application of RFID in an Integrated Healthcare Environment. Proceeding of the 28th IEEE EMBS Annual International Conference. Aug 30 ~ Sep3. 2006.
6. Jill A F. Tracking the social dimensions of RFID systems in hospitals. International Journal of Medical Informatics. 2007.
7. Available at: <http://hakyongkim.net/RTLS/triangulation.pdf>
8. Available at: <http://www.aeroscout.com>
9. Available at: [http://rfidwizards.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=119&Itemid=73](http://rfidwizards.com/index.php?option=com_content&task=view&id=119&Itemid=73)
10. Roy W. An Introduction to RFID Technology. IEEE Pervasive computing. 2006.
11. Yang X. Security and Privacy in RFID and Applications in Telemedicine. IEEE Communications Magazine. April 2006.