

외래병원 환경에서 UHF 수동형 RFID 기술을 활용한 태그 추적 시스템 개발

System Development for Tracking a UHF Passive RFID Tag in an Outpatient Clinic

민대기(Daiki Min)*

초 록

RFID 시스템은 초기 공급사슬관리 영역에서 다양한 영역으로 확산되고 있다. 의료분야 또한 환자, 의료진, 의료기기 등의 위치추적 관리, 의약품 추적관리 등의 영역에 RFID 시스템 도입을 진행하고 있다. 본 연구는 외래병원에서 태그의 위치추적을 위한 수동형 RFID 기술 기반의 시스템 구축 사례를 4계층의 시스템 구조를 활용하여 분석하였다. 특히 일반적으로 수동형 RFID 기술에서 경험하는 불안정한 인식 데이터 문제를 해결하기 위하여 두 계층으로 구성된 데이터 처리 절차를 제시하였다. 본 논문에서 제시한 데이터 처리 절차를 실제 사례에서 취약한 데이터에 적용하여 태그의 위치를 정확하게 파악하고 추가적인 업무 정보를 도출하는 것이 가능함을 확인하였다. 마지막으로 보다 안정적이고 효과적인 RFID 시스템 구축을 위하여 사례분석에서 경험한 추가적인 논의사항과 연구방향을 제시하였다.

ABSTRACT

An RFID system has been widely applied in many areas over the initial SCM application. In the literature enormous RFID applications in healthcare are documented to improve patient safety, patient/provider logistics, and the efficiency of collecting data. Based on the proposed 4-layered RFID system architecture, we introduce a case that implemented an UHF passive RFID-based tracking system in an outpatient clinic. Particularly, we propose a method to process RFID data that contains noise and missing reads. The proposed method for processing unreliable RFID data is capable to locate the tag accurately and provide additional business information. We finally conclude the paper with identifying obstacles and what is necessary to ensure system reliability.

키워드 : RFID, 태그 위치 추적, RFID 데이터 처리, 외래병원
Radio Frequency Identification(RFID), Tag Location Tracking, RFID Data Processing, Outpatient Clinic

* 이화여자대학교 경영학과

2011년 06월 23일 접수, 2011년 07월 27일 심사완료 후 2011년 08월 03일 게재확정.

1. 서 론

병원 업무에서 환자, 의료기기, 의료물품 등을 정확하게 추적·관리하는 것은 업무의 효율성, 환자의 안전, 의료 서비스 품질의 향상 등을 위하여 매우 중요한 문제로 고려되고 있다[14, 19]. 대상 물체의 추적 및 관리라는 관점에서 RFID(Radio Frequency Identification) 기술은 매우 주목할 만한 기술이라고 할 수 있으며, 많은 병원들이 환자, 의료진, 의료자산, 의약품 등의 위치를 파악하고 위치정보를 활용하여 업무를 관리하는 목적으로 RFID 기반의 시스템을 구현하고 있다[10, 12]. RFID 시스템으로 전반적인 병원 업무에 대한 가시성을 확보하는 것은 운영비용을 절감하는 동시에 진료 서비스의 품질을 향상시키는데 효과적으로 활용된다[5, 7 14].

저비용, 고품질의 의료 서비스 제공이라는 의료기관의 공통 목표를 위하여 많은 병원들이 정보시스템을 구현하여 업무를 자동화하는 한편 고도화된 분석기법을 활용하여 효율적인 업무 프로세스를 설계하기 위한 노력을 기울이고 있다. 미국 인디애나주의 Roudebush VA Medical Center(VAMC) 또한 지속적인 프로세스 개선 활동을 수행해 왔으나 프로세스 분석 및 개선을 위한 환자의 이동 경로, 이동 시간, 진료시간, 대기시간과 같은 기초 데이터 수집에 어려움을 갖고 있었다. 또한 외래 진료실의 효율성을 높이기 위하여 진료실의 가용여부를 확인하는 것이 필요한데 의료진이 직접 진료실을 돌아다니며 확인하여 처리하는 비효율적인 방식으로 운영하였다. 이와 같은 업무상의 비효율성은 의료진의 피로도 등을 증가시키고 결국 환자안전과 만족도 감소

등의 부정적 결과를 초래하는 것으로 VAMC는 파악하고 있었다. VAMC는 프로세스 개선을 위한 기초 자료 확보와 실시간 환자 위치 및 진료실 상태 확인을 통하여 업무 효율성 향상이라는 목적을 달성하고자 RFID 기술을 활용한 업무 모니터링 시스템의 구현을 고려하였다.

VAMC는 이와 같은 목적으로 외래 안과 병원을 대상으로 RFID 기반의 병원 효율성 모니터링 시스템(Clinical Efficiency Monitoring System; CEMS) 개발 과제를 수행하였다. CEMS는 능동형 RFID 기술의 높은 가격과 의료진이 제기한 개인 프라이버시 침해 우려 등의 문제로 인하여 수동형 RFID 기술을 채택하였는데 일반적으로 수동형 RFID는 액체와 금속물질에 대하여 인식률과 인식거리가 급격히 낮아지는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 기술적 특성은 외래 병원 환경에서 수동형 RFID 기술을 사용하는 것이 적합한가에 대한 평가의 필요성을 제기하였다.

일반적으로 RFID 기술은 공급사슬에서 개별 제품의 흐름을 추적하여 효과적으로 관리하기 위한 목적으로 고려되어왔다. 이와 같은 목적에 의하여 개발되어 현재 사실상 표준으로 받아들여지고 있는 EPCglobal 네트워크 프레임워크(Network Framework)는 수동형(Passive) RFID 기술을 기반으로 하여 RFID 태그(Tag) 정보의 표준화와 시스템의 확장 방안을 제시하고 있다. EPCglobal 네트워크 프레임워크는 개방적인 공급사슬에서 태그 ID를 검색하기 위한 디렉토리(directory) 검색을 주요 기능으로 한다. 하지만 병원이라는 제한된 범위에서 환자의 위치를 파악하는 경우에는 태그 인식의 오류를 최소화하기 위한 데

이터 처리와 업무 규칙의 구현이 요구된다. 따라서 개방적인 공급사슬과 다르게 폐쇄적인 병원을 범위로 하는 RFID 기반의 환자추적 시스템을 구현하기 위한 효과적인 시스템 구조와 설계 방안을 고려하는 것이 필요하다.

문헌을 살펴보면 RFID 기술을 활용한 환자 위치 추적 관련 연구가 존재하는데, 본 논문은 다음과 같은 면에서 기존 연구와 차별된다.

첫째, 대부분의 연구가 환자의 위치 파악을 위하여 능동형(Active) RFID 기술을 고려하였으나[2, 13], 본 연구에서는 UHF 수동형 RFID 기술을 활용하였다. 둘째, 수동형 RFID 기술을 활용한 연구의 경우 실제 사례가 아닌 이론적인 연구가 대부분이며 여러 위치를 이동하는 환자를 고려하기 보다는 진료실 또는 수술실과 같은 단일 지점에서 환자의 존재 유무를 확인하는 것을 목적으로 하고 있다[15, 18]. 본 연구에서는 환자의 이동 정보를 활용하여 환자의 위치를 보다 정확하게 파악하기 위한 방안을 제시하였다. 마지막으로 수동형 RFID 기술을 활용하여 태그 인식 데이터를 수집하는 경우 정확한 위치를 파악하기 위해서는 효과적인 데이터 처리 과정이 요구된다[4, 15]. 본 연구에서는 실제 RFID 시스템 구현 사례를 통하여 잘 설계된 RFID 시스템 구조가 효과적인 데이터 처리와 함께 환자의 위치 정보를 파악하는데 있어 매우 중요한 요소임을 제시하였다.

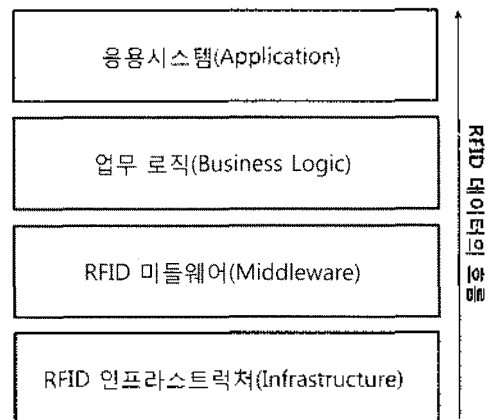
다음 장에서는 본 논문에서 제안한 4단계의 RFID 시스템 구조를 기반으로 VAMC의 사례를 보다 자세하게 분석하였다. 특히 환자의 위치 파악을 위하여 RFID 태그 인식 데이터를 처리하기 위한 방법과 성능을 제시하였다. 마지막으로 논문의 결론과 추가적인 고려

사항을 정리하였다.

2. RFID 시스템 설계

본 연구에서는 Chen et al.[6]과 Ngai et al.[16]의 연구에서 제안한 의료분야의 RFID 시스템 구조를 참고하여 4계층으로 구성된 시스템 구조를 제시하였다(<그림 1>). RFID 인프라스트럭처 계층은 RFID 태그를 인식하기 위한 하드웨어를 구성하며, RFID 미들웨어는 RFID 인프라스트럭처에서 인식한 태그 데이터를 처리하여 특정 위치에서 환자 또는 의료진의 존재유무를 결정한다. 업무 로직 계층은 RFID 미들웨어에서 수집된 다수의 태그 데이터를 이용하여 정확한 환자의 위치와 업무 관련 정보를 도출한다. 마지막 응용시스템 계층은 업무 로직 계층에서 도출한 정보를 사용자에게 제공하는 역할을 수행한다.

이번 장에서는 VAMC의 CEMS 구현을 위한 요구사항을 분석하고 이를 기반으로 <그림 1>에서 제시한 각 계층별 상세 설계 사항



<그림 1> 4계층의 RFID 시스템 구조

을 제시하도록 한다.

2.1 요구사항 분석

시스템 설계에서 중요한 고려사항을 도출하기 위하여 사용자의 요구사항 분석을 수행하였으며, RFID 시스템의 활용과 관련된 업무 요구사항과 시스템의 성능과 관련된 기술 요구사항으로 구분하여 정리하였다. 요구사항 분석은 외래 안과병원의 업무 프로세스 분석과 관련 의료진과의 면담을 통하여 진행하였다.

<표 1>에 제시된 요구사항 분석 결과를 보면 환자의 위치 정보는 진료실과 같은 영역에서의 존재 유무를 파악하는 수준이 요구되며, 시스템 도입 시 기존 업무에 영향을 최소화 하면서 특히 환자나 의료진의 프라이버시를 침해하지 않도록 시스템을 설계해야 한다. 이와 같은 요구사항 분석 결과와 능동형 RFID 기술의 경우 인식위치를 제어하기 어려운 특성을 고려하여 본 연구에서는 수동형

RFID 기술을 사용하였다. 하지만 수동형 RFID 기술의 경우 인체에 의한 인식률을 저하와 태그 방향성의 제어가 용이하지 않은 단점은 시스템을 설계할 때 충분히 고려되어야 한다.

2.2 RFID 인프라스트럭처 (Infrastructure) 계층

환자위치정보를 정확하게 수집하기 위해서는 RFID 태그와 안테나 등의 하드웨어를 외래 안과병원 환경에 적합하게 구성하여 적용하는 것이 필요하다. RFID 기술이 주로 적용되었던 제조·물류환경과 비교하여 병원 환경에서 RFID 하드웨어를 구성하기 위한 절차와 결과에 대한 상세한 연구결과는 거의 존재하지 않는다. 따라서 본 연구에서는 외래 병원 환경에 적합한 RFID 하드웨어 구성을 결정하기 위하여 3단계로 구성된 실험절차를 제시하였다. <표 2>는 단계별 실험항목, 실험절차, 평가지표 등을 요약하여 제시한다. 3단

<표 1> 요구사항 분석

구분	요구사항	설명
업무 요구 사항	진료실 수준의 태그 추적	진료실 또는 유사범위 수준에서 환자의 위치정보 획득
	무의식적(non intrusive) 시스템	기존업무의 변화를 최소화
	태그 재활용	비용 문제를 해결하기 위하여 태그의 재활용을 위한 프로세스를 고려
	프라이버시	HIPPA(Health Insurance Portability and Accountability Act) 규정에 따라 프라이버시 침해를 하지 않도록 설계
기술 요구 사항	인체의 영향	수분을 많이 포함한 인체에 의한 성능저하 고려
	제어되지 않은 태그 방향성 문제	위치 제어가 어려운 환자의 움직임에 관계없이 안정적인 데이터 확보

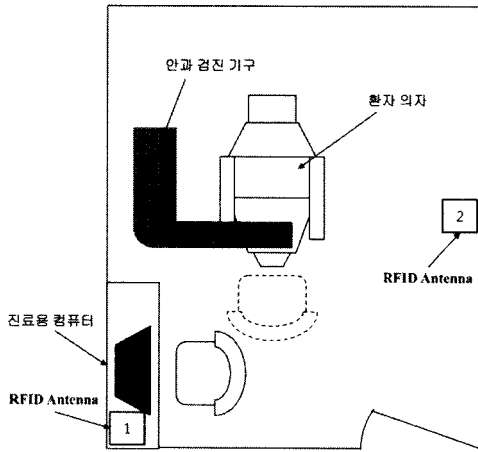
<표 2> RFID 하드웨어 설계를 위한 3단계 실험 절차

실험 단계	실험 항목	설명	평가 척도	
1단계 : 기본성능 실험	인식 거리	안테나로부터의 거리를 1미터 간격으로 조정하여 10 ² 미터 범위의 개방 환경에서 실험		
	인식 방향	1미터 거리에서 3차원 상에서 태그의 방향을 90°씩 변경하며 실험		
	선과 반사	일반 사무실 벽으로부터 1미터 이내에서 반사 실험		
2단계 : 가상환경 실험	인체 부착	태그위치	피부, 얇은 옷 위, 얇은 옷과 두꺼운 옷 사이, 두꺼운 옷 위	• 인식률 (인식횟수/분)
		태그유형	복걸이(절연/비절연), 팔찌, 칼럼 이류표(절연/비절연)	
	안테나 위치	진료실과 크기가 유사한 일반 사무실 환경에서 다음의 안테나 위치와 10곳의 태그(사람)위치에 대하여 실험		
		안테나위치: 분, 구식, 가 일(분과 90°)		
3단계 : 실제현장 실험	안테나 위치	실제 진료실에서 6가지 안테나 설치 방법에 대하여 태그의 인식률 실험		• 정확도(%)
	가상 시나리오	1분 40초의 가상 진료시나리오에 대하여 환자와 의사의 태그 인식률 실험		
	실제 업무	실제 환자와 의사에게 태그를 배포한 후에 약 1시간 동안 태그 인식자료를 수집		

계의 하드웨어 실험절차는 요구사항 분석결과를 반영하여 기본성능평가 실험, 가상환경평가 실험, 실제현장평가 실험 등으로 구성된다. 1단계와 2단계에서는 가상의 외래병원 환경에서 RFID 기술의 성능을 분당 인식률을 이용하여 평가한다. 성능 실험결과를 이용하여 하드웨어 구성 내안을 도출하고 실제 외래병원 환경에서 각 하드웨어 구성을 인식정확도(즉, 실제 환자위치를 정확하게 인식한 비율)를 기준으로 평가하였다.

<표 2>에서 제시한 절차에 의하여 수행한 실험 결과를 활용하여 클립 이류표 형식의

RFID 태그를 환자와 의사에게 지급하고 <그림 2>에서 제시한 바와 같이 개별 진료실에 두 개의 안테나를 설치하도록 결정하였다. 본 연구에서는 Alien Technology 사의 리더기(AJR 9780)와 circular 안테나 그리고 Omni Squiggle 태그를 이용하여 하드웨어를 구성하였다. 초기 연구에서의 사용 편의성을 고려하여 Microsoft Access 데이터베이스를 이용하여 태그 인식정보를 저장하였다. 마지막으로 C#과 Microsoft Visual Studio 2005를 이용하여 사용자 인터페이스와 업무 로직 등을 개발하였다.



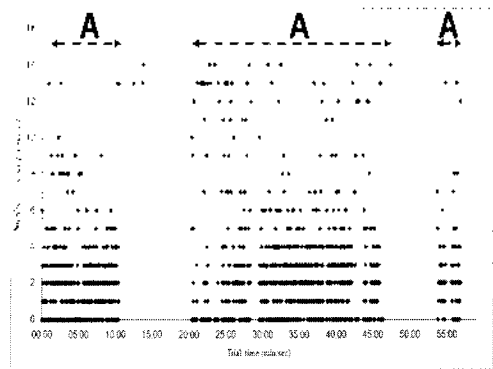
〈그림 2〉 진료실내 RFID 안테나 설치

2.3 RFID 미들웨어(Middleware) 계층

〈그림 3〉은 동일한 진료실에서 한 명의 의사에게 지급된 RFID 태그의 초당 인식횟수를 매초 기록한 결과이다. 그림에서 화살표로 표시된 구간 'A'는 의사가 실제로 진료실에 머무른 기간을 나타낸다. 태그인식 결과를 보면 의사가 병실 내에 있음에도 불구하고 태그를 인식하지 못하는 경우(제1종 오류)와 병실 밖에 있음에도 태그를 인식하는 경우(제2종 오류)가 존재하는 것을 확인하였다. 3 단계 실험절차에 의하여 인식불과 정확도를 최대한으로 하는 하드웨어 구성을 사용하였으나, 실제업무 환경에서 수집한 의사와 환자의 태그 인식 데이터는 매우 불안정함을 알 수 있다.

RFID 미들웨어는 불안정한 태그인식 데이터를 처리하여 환자의 재실 여부를 결정한다. 일반적으로 불안정한 데이터에 의한 제 1종·2종 오류를 제거하기 위하여 정적 슬라이딩 윈도우(static sliding window) 방법을 적용하고 있다[2, 4, 8]. 하지만 〈그림 3〉에서

제시한 데이터의 경우 전통적인 정적 슬라이딩 윈도우 방법을 사용한 경우 제 1종·2종 오류가 모두 매우 큰 것을 확인하였다. 기존의 정적 슬라이딩 윈도우 방법의 성능을 보완하고자 우리는 퍼지 로직(fuzzy logic) 기반의 데이터 처리 알고리즘을 제시하였으며, 앞선 연구를 통하여 퍼지 로직 기반의 방법을 적용하는 경우 제 1종·2종 오류를 약 1% 수준으로 줄일 수 있음을 제시하였다[15]. 퍼지 로직 기반의 데이터 처리 방법을 활용한 실험결과는 본 논문에서 제안한 데이터 처리 방안과 함께 다음 장에서 제시하였다.



〈그림 3〉 RFID 태그인식 데이터

RFID 미들웨어는 단일 진료실에서 단일 태그(환자)의 데이터 처리를 목적으로 한다. 하지만 여러 위치를 이동하는 환자의 특성을 고려하여 여러 위치에서의 태그 인식 데이터를 활용하는 경우 불안정한 데이터에 의한 위치결정 오류를 보다 더 감소시킬 수 있을 것이다. 본 연구에서는 업무 로직 계층을 정의하고 여러 위치에서 인식한 태그 정보를 활용하여 환자의 위치와 업무 현황을 파악하기 위한 업무 규칙을 제시하였다.

2.4 업무 로직(Business Logics) 계층

업무 로직 계층에서는 여러 태그와 여러 진료실에서 인식한 태그 데이터를 이용하여 정확한 환자의 위치와 업무 관련 정보를 도출한다. 김훈태, 이용한[1]은 공급사슬에서 이동하는 태그의 정확한 흐름을 파악하기 위한 워크플로우(Workflow) 모델을 제시하고, 인식 적합성 검증을 위한 방안을 제시하였다. 인식 적합성 검증은 정의된 업무 프로세스 흐름에서 적합한 인식인지 검증하는 절차를 의미하는데 본 연구에서는 이 개념을 환자의 위치 확인과 추가적인 정보 도출을 위한 목적에 적합하도록 수정하여 사용하였다.

UML 상태기계도(State Machine Diagram)는 시스템 내외에 발생하는 사건(event)에 대응하여 동적으로 변화하는 객체의 상태를 표기하는데 우수한 설계 방법이다[9]. 본 연구에서는 이와 같은 UML 상태기계도의 장점을 활용하여 병원 내 여러 위치에서의 인식 결과로부터 환자 위치와 업무 정보를 도출하기 위한 규칙을 표현하였다. <그림 4>는 진료실 입실과 진료 시작/완료 규칙을 일부 수정된 형태의 UML 상태기계도를 이용하여 표현한 예이다. 그림에서 RFID 미들웨어는 단일 태그의 인식 데이터를 기반으로 환자의 재실여부를 결정하며, 업무 로직 계층은 RFID 미들웨어의 정보를 이용하여 입실 등의 정보를 도출하는 것을 알 수 있다.

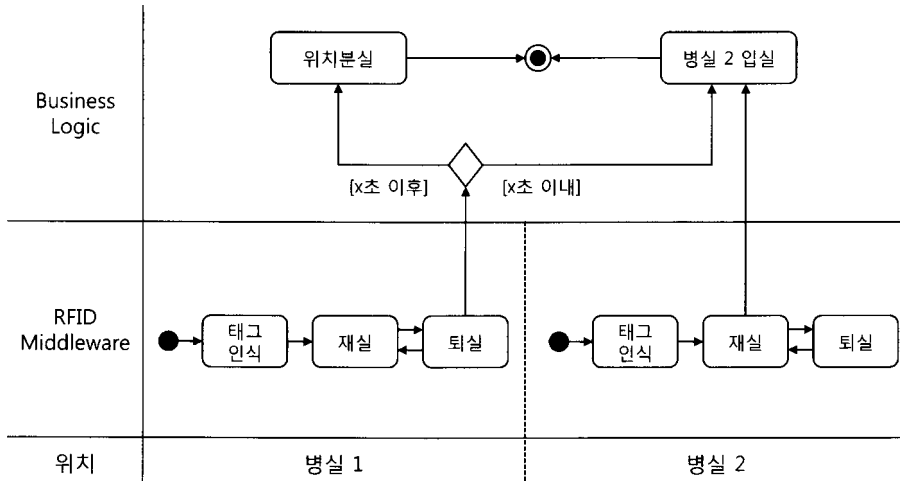
<그림 4(a)>는 두 위치에서의 인식 결과를 이용하여 환자의 위치이동을 파악하는 규칙을 나타낸다. 병실 1에서의 퇴실 결과(미들웨어의 결과)와 병실 2로 입실한(미들웨어의 결과) 결과를 조합하여 환자가 병실 1에서 병

실 2로 위치를 이동한 것(업무 로직의 결과)을 확인한다. 하지만 환자가 병실 1에서 퇴실 이후에 일정 시간 이내에 다른 위치에서 입실한 것을 인식하지 못한 경우 환자의 위치를 분실한 것으로 결론짓게 된다.

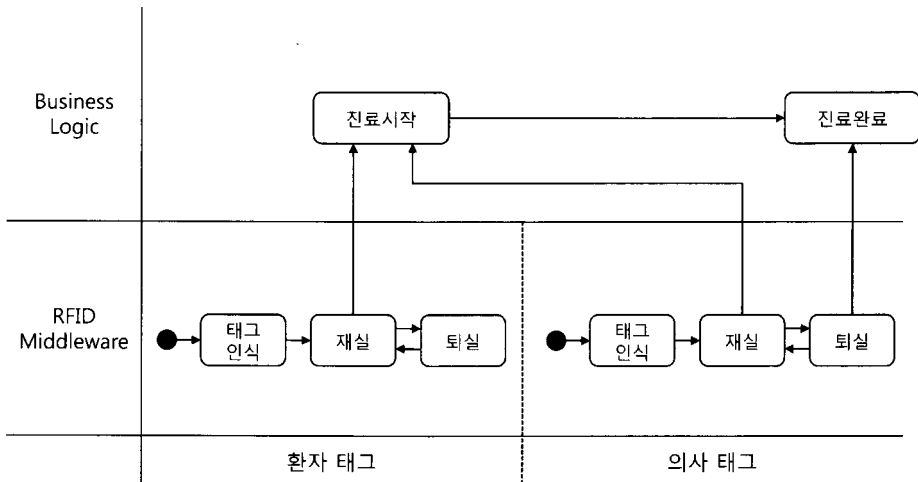
단일 태그를 여러 위치에서 인식하는 경우 이외에 동일 위치에서 여러 태그를 인식하는 경우 추가적인 정보를 도출할 수 있다. <그림 4(b)>는 동일 병실에서 환자와 의사 태그를 인식한 결과를 이용하여 진료시작 시간과 종료 시간을 도출하는 과정을 나타낸다. 동일 진료실에서 환자와 의사의 태그가 동시에 인식되면 진료가 시작되었음을 알 수 있다. 또한 진료 시작 이후에 의사의 퇴실을 인식하면 진료가 종료된 것으로 결정한다.

업무 로직 계층에서 업무 규칙을 활용함으로써 RFID 미들웨어에서 발생하는 제 1종 · 2종 오류를 많은 부분 제거할 수 있다. <그림 5>에 제시한 바와 같이 RFID 미들웨어를 사용하는 경우 발생하는 제 1종 오류(셀 ③)와 제 2종 오류(셀 ④)를 각각 α 와 β 라고 하면, <그림 4(a)>의 규칙을 활용하는 경우 제 1종 오류와 제 2종 오류 모두 $\alpha\beta$ 로 줄어들게 된다. 예를 들어, 환자가 실제로 병실 1에서 병실 2로 이동하였으나 RFID 시스템은 병실 1에 계속 재실하는 것으로 인식하는 오류(제 1종 오류)는 셀 ①과 셀 ②의 곱(또는 셀 ⑦과 셀 ⑧의 곱)으로 나타내며 그 값은 $\alpha\beta$ 가 된다. 이와 유사하게 환자가 이동하지 않았음에도 이동한 것으로 인식하는 제 2종 오류는 셀 ③과 셀 ④의 곱(또는 셀 ⑤와 셀 ⑥의 곱)으로 역시 $\alpha\beta$ 가 된다.

<그림 3>에서 제시한 태그인식 데이터를 정적 슬라이딩 윈도우 방법을 기반으로 <그



(a) 진료실 입실 규칙



(b) 진료시작/완료 규칙

<그림 4> UML 상태기계를 활용한 업무규칙의 표현

림 4>(a)의 업무 규칙을 적용한 결과와 Min과 Yih[15]의 퍼지 기반 알고리즘의 성능을 비교하여 <표 3>에 제시하였다. Min과 Yih[15]의 데이터 처리 알고리즘은 오류를 많이 감소시키지만 슬라이딩 윈도우 방법에 비하여

구현이 복잡하고 데이터를 많이 관리해야 하는 단점이 있다. <표 3>의 결과에 의하면 RFID 미들웨어 계층에서 정적 슬라이딩 윈도우와 같은 간단한 데이터 처리 방법을 업무 규칙과 함께 적용함으로써 효과적으로 태그의 위

〈표 3〉 업무 규칙을 활용한 데이터 처리 성능비교

오류(%)	정적 슬라이딩 윈도우(윈도우 크기)			퍼지 기반 알고리즘	업무 규칙 적용 (윈도우 크기: 6초)
	6초	18초	30초		
제 1종 오류	5.0	20.0	28.0	1.1	0.3
제 2종 오류	5.5	0.3	0.1	1.3	0.3

치를 파악할 수 있음을 확인하였다.

요구사항 분석에서 제시한 바와 같이 RFID 시스템 구현 과정에서 프라이머시 침해 가능성은 매우 중요한 이슈로 고려하는 것이 필요하며, 이와 관련하여 본 연구에서는 태그를 사용하는 환자 또는 의사의 정보를 포함하지 않도록 RFID 태그 ID를 임의의 숫자로 생성하였다. 업무 로직 계층에서는 RFID 태그 ID를 병원 정보 시스템과 연계하여 환자 또는 의사의 정보를 확인함으로써 보다 다양한 서

비스를 제공하는 것이 가능하다. 예를 들어 환자가 예약된 진료실에 적합하게 입실 하였는가를 태그 인식 시점에 검증하여 발생 가능한 업무 오류를 감소시킬 수 있다.

본 연구에서는 RFID 비들웨어에서의 인식 데이터를 기반으로 약 20여 개의 업무 규칙을 정의하고, 이를 이용하여 태그의 위치 및 업무 관련 정보를 도출하였다. 또한 예외 상황을 파악하기 위한 업무 규칙을 별도로 정의하였다. 본 연구에서 정의한 업무 규칙의

실제 환자의 위치 시스템에 의하여 결정된 위치		병실 1		병실 2	
		재실	퇴실	재실	퇴실
병실 1	재실	-	①, β	②, α	-
	퇴실	③, α	-	-	⑤, β
병실 2	재실	④, β	-	-	⑥, α
	퇴실	-	⑦, α	⑧, β	-

〈그림 5〉 여러 위치정보를 활용한 오류 감소
(α: 제 1종 오류, β: 제 2종 오류)

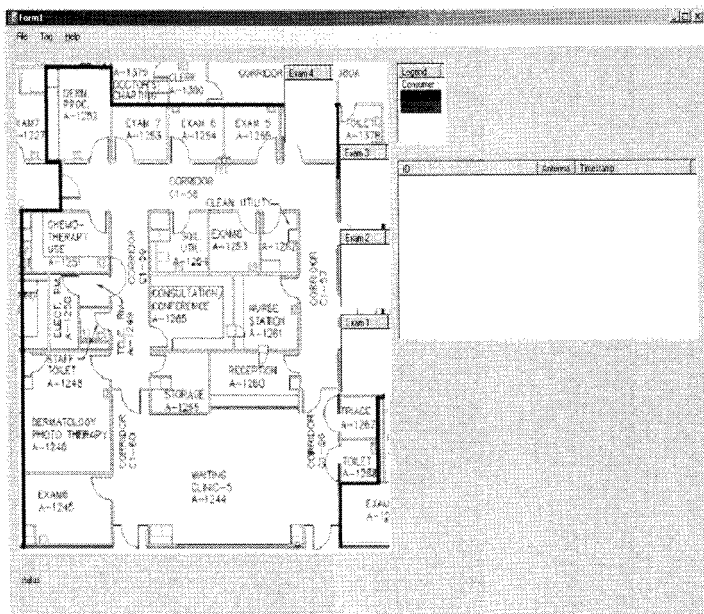
<표 4> 업무 규칙(Business Rule)의 예

구분	규칙	설명
위치 이동	환자(의사) 입실	위치 1에서 환자(의사) 퇴실과 위치 2에서 환자(의사) 재실을 비교하여 입실 여부 검토
	환자(의사) 퇴실	환자(의사) 퇴실 검토
진료 업무	진료시작	동일 위치에서 환자 퇴실과 의사 재실을 고려하여 진료시작 시간 결정
	진료완료	의사 퇴실을 고려하여 진료완료 여부 결정
예약 처리	진료실 확인	환자 입실시 진료실의 적합성 검증
	예약 시간	환자 입실시 예약의 징시 이행여부 검증
예외 상황	중복위치	위치 1에서 환자 재실 & 위치 2에서 환자 재실
	위치분실	환자 퇴실 후 일정시간 이내에 추가 인식 실패

일부 예를 <표 4>에 정리하였다.

2.5 응용 시스템(Application) 계층

응용 시스템 계층은 업무 로직 계층에서 취합한 정보를 사용자에게 제공한다. 응용 시스템에서 제공하는 정보는 실시간으로 제공하는 환자와 의료진의 위치 정보와 사용자의 요청에 의하여 일괄적(batch)으로 생성하는 업무 정보로 구분된다. 사용자는 <그림 6>에 제시된 사용자 인터페이스(User Interface)를 사용하여 환자와 의료진이 어느 진료실에 있는지를 실시간으로 확인할 수 있다. 현재 가용한 진료실과 환자 또는 의사가 사용 중인 진료실 현황을 직접 진료실을 방문하지 않고 파악할 수 있으므로 진료실의 효율적인 사용과 관리가 가능할 것이다.



<그림 6> 환자/의료진의 위치확인을 위한 사용자 인터페이스

<표 5> 업무정보 보고서의 예

순번	업무정보	설명	태그 인식
1	환자 대기시간 1	내원 수술부터 환자 호출까지의 시간	내원 수술, 내부 대기장소 도착
2	환자 대기시간 2	내원 수술부터 병실 입실까지의 시간	내원 수술, 병실 입실
3	환자 대기시간 3	내원 수술부터 의료진 입실까지의 시간	내원 수술, 의료진 입실
4	환자 진료시간-1	환자와 의료진이 모두 병실에 머무른 시간	환자/의료진의 입실 및 퇴실
5	환자 진료시간-2	환자가 병실에 머무른 시간	환자의 입실 및 퇴실
6	병실 활용도-1	병실의 총가용 시간 대비 환자의 재실 시간	환자의 입실 및 퇴실
7	병실 활용도-2	병실의 총가용 시간 대비 진료 시간	환자/의료진의 입실 및 퇴실
8	환자 예약 이행율 1	환자의 진료예약 시간과 내원 수술 시간의 차이	환자의 입실
9	환자 예약 이행율-2	환자의 진료예약 시간과 의료진 입실 시간의 차이	환자와 의료진의 입실

업무 정보는 RFID 시스템에 의하여 취합된 위치정보를 기반으로 생성하는데, <표 5>에 제시한 바와 같이 위치정보를 이용하여 환자의 대기시간, 재원 기간, 병실의 활용도, 예약 이행율 등의 정보를 보고서 형태로 제공한다. 이와 같은 업무정보 보고서는 고급 의사결정을 위한 중요한 기반 자료가 된다. 예를 들어 병원 내에서의 환자의 이동 경로와 각 위치에서의 재실 시간(length of stay)은 업무 프로세스 설계와 개선을 위한 시뮬레이션 연구의 중요한 입력 자료가 된다. Amiri et al.[3]과 Isken과 Sugumaran[13]은 RFID를 이용하여 취합한 데이터를 병원 업무 프로세스 개선을 위한 시뮬레이션 모델에 활용하기 위한 방법론과 사례를 제시하였다. 시뮬레이션 연구 이외에 환자의 대기시간, 예약 이행율, 병실의 활용도 등 본 연구에서 제시

하는 업무 정보는 병원의 서비스 수준을 평가하고 향상시키기 위한 자료를 효과적으로 제공한다.

3. 결론

본 논문은 외래병원 환경에서 환자와 의사의 실시간 위치확인 및 업무정보 확보를 위하여 UHF 수동형 RFID 기술 기반의 정보시스템 개발 과정을 제시하였다. 4계층으로 구성된 RFID 시스템 구조를 기반으로 하여 각 계층별 설계 요소를 제시하였으며, 특히 수동형 RFID 태그의 인식 성능을 극대화하고 정확한 태그 위치를 확인하기 위하여 두 계층(즉, RFID 미들웨어와 업무 로직 계층)으로 구성된 데이터 처리 절차를 제시하였다.

VAMC의 CEMS 구현사례를 통하여 수동형 RFID 기술의 적합성을 확인하였지만 향후 안정적인 시스템 구현을 위해서는 해결해야 할 문제가 다수 존재한다. 본 장에서는 앞서 제시한 연구 결과를 기반으로 기술적, 업무적 이슈에 대한 논의 사항을 제시하고 추후 연구 방향을 제시하도록 한다.

본 연구에서는 RFID 인프라스트럭처 설계시에 다양한 실험을 통하여 인체에 태그를 부착하기 위한 방안을 고려하였다. 하지만 인체에 적합한 태그 설계를 위해서는 태그와 안테나의 상대적 위치, 절연방법, 부착용이성 등의 여러 요소를 함께 고려해야 하는데, 특히 병원의 구조, 환자와 의료진의 동선 등을 사전에 분석하여 하드웨어를 구성하는 것은 매우 어려운 작업이다. 따라서 전반적으로 태그 인식 성능을 향상하고 휴대 편이성 등을 개선하기 위하여 태그부착 방법 및 태그 설계 등에 대한 추가적인 연구가 요구된다.

둘째, 본 연구에서는 초기 실험의 목적으로 매초 인식된 모든 태그 ID를 인식시간, 위치와 함께 저장하기 위한 별도의 데이터베이스를 구성하였다. 모든 데이터를 저장하는 것은 분석에 용이하지만, 저장된 데이터의 양과 데이터 전송을 위한 네트워크 부하가 증가하는 문제가 발생한다. 따라서 실제 시스템을 구현함에 있어서는 데이터베이스에 태그의 진료실 입·퇴실 시간과 같이 최소한으로 필요한 정보만을 요약하여 저장하는 것이 바람직하다. 하지만 이 과정에서 실시간으로 대용량의 데이터를 처리하고 필요한 정보만을 도출하기 위해서는 많은 컴퓨팅 과정이 요구된다. 본 논문에서는 미들웨어 계층과 업무로직 계층을 활용하여 데이터를 처리하는 과정을

제시하였는데 두 계층 사이를 연계함에 있어 데이터 규모에 따른 처리 비용과 네트워크 부하를 고려하여 적절한 운영 방안을 설계하는 것이 필요하다.

앞서 제시한 기술적인 고려사항이외에 RFID 기술 도입에 따라 요구되는 부가적인 업무 절차 또한 고려하는 것이 필요하다. VAMC의 경우 높은 태그 가격을 고려하여 환자에게 지급된 태그를 재활용하기 위한 업무 프로세스를 추가적으로 고려하였다. 또한 임의의 태그 ID와 병원 정보시스템의 연계를 위하여 태그 발급과 반납 과정에서 정보를 관리하는 절차를 수립하였다. 이와 같이 RFID 시스템 도입에 따른 부가적인 업무는 필연적인데 이를 최소화하기 위한 고려가 시스템 설계 단계에서 함께 이루어져야 한다.

마지막으로 개인 프라이버시는 다수의 RFID 기술의 도입 사례에서 매우 중요하게 고려되는 요소이다. 미국 의료 환경의 경우 HIPAA의 프라이버시 규정을 통하여 개인의 의료 정보 보호를 규정하고 있는데, RFID 기술의 도입이 이와 같은 법적 규정을 배치해서는 안 된다. 실제로 VAMC의 경우 많은 의료진이 RFID 기술에 의한 프라이버시 침해 우려로 실험 참여에 거부감을 표시하였다. 따라서 효과적인 기술도입을 위해서는 실제 참여자들을 대상으로 충분한 설명과 참여를 유도하는 것이 무엇보다도 중요하다고 볼 수 있다.

추후 연구 분야와 관련하여 우선 본 연구에서 수집한 RFID 인식 데이터를 기반으로 보다 고도화된 분석 기법을 사용하여 추가적인 정보를 도출할 수 있을 것이다. 이와 관련하여 Gonzalez et al.[11]은 데이터 마이닝(data mining) 기법을 이용하여 RFID 인식

데이터로부터 워크플로우 정보를 도출하기 위한 방안을 제시하였다.

본 논문은 기술적 타당성에 대한 검토만을 수행하였으나, 실제 RFID 기술의 도입을 위한 의사결정에서는 기술 도입 비용과 기술 도입에 의한 효과의 비교·분석이 요구된다. Qu et al.[17]은 의료 기기의 위치 추적을 목적으로 RFID 기술의 도입효과를 정량적으로 분석하였다. 이와 유사하게 환자 또는 의료진의 위치 추적을 통한 기대효과를 정량적으로 분석하기 위한 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김훈태, 이용한, "RFID 시스템의 프로세스 모델링을 위한 워크플로우 분석방안," 한국전자학회지, 제15권, 제2호, 2010.
- [2] Agarwal, S., Joshi, A., Finin, T., Yesha, Y., and Ganous, T., "A pervasive computing system for the operating room of the future," *Mobile Network Applications*, Vol. 12, pp. 215-228, 2007.
- [3] Amini, M., Otondo, R. F., Janz, B. D., and Pitts, M. G., "Simulation modeling and analysis : a collateral application and exposition of RFID technology," *Production and Operations Management*, Vol. 16, No. 5, pp. 586-598, 2007.
- [4] Bai, Y., Wang, F., Liu, P., Zaniolo, C., and Liu, S., "RFID data processing with a data stream query language," *Proceedings of the 23rd International Conference on Data Engineering*, pp. 1184-1193, 2007.
- [5] Britton, J., "An investigation into the feasibility of locating portable medical devices using radio frequency identification devices and technology," *Journal of Medical Engineering Technology*, Vol. 31, pp. 450-458, 2007.
- [6] Chen, J., Chen, M., Chen, C., and Chang, Y., "Architecture design and performance evaluation of RFID object tracking systems," *Computer Communications*, Vol. 30, pp. 2070-2086, 2007.
- [7] Davis, S., "Tagging along-RFID helps hospitals tack assets and people," *Health Facility Management*, Vol. 17, pp. 20-24, 2004.
- [8] Derakhshan, R., Orłowska, M. E., and Li, X., "RFID data management : Challenges and opportunities," *IEEE International Conference on RFID*, Grapevine, Texas, pp. 175-182, 2007.
- [9] Fowler, M. and Scott, K., "UML Distilled : Applying the Standard Object Modeling Language," Addison-Wesley, 1997.
- [10] Glabman, M., "Room for tracking RFID technology finds the way," *Mater Manage Health Care*, Vol. 13, No. 5, pp. 26-33, 2004.
- [11] Gonzalez, H., Han, J., and Li, X., "Mining

- compressed commodity workflows from massive RFID data sets," Proceedings of the 15th ACM international conference on Information and knowledge management, Conference on Information and Knowledge Management, pp. 162-171, 2006.
- [12] Hakim, H., R. Renouf, J. Enderle, "Passive RFID asset monitoring system in hospital environments," Proceedings of the IEEE 32nd Annual Northeast Bioengineering Conference, Easton, PA, United states, pp. 217-218, 2006.
- [13] Isken, M. W., Sugumaran, V., Ward, T.J., Minds, D., and Ferris, W., "Collection and preparation of sensor network data to support modeling and analysis of outpatient clinics," Health Care Management Science, Vol. 8, No. 2, pp. 87-99, 2005.
- [14] Laskowski-Jones, L., "Change management at the hospital front door : integrating automatic patient tracking in a high volume emergency department and level 1 trauma center," Nurse Leader, Vol. 6, pp. 52-57, 2008.
- [15] Min, D. and Y. Yih, "Fuzzy logic-based approach to detecting a Passive RFID tag in an outpatient clinic," Journal of Medical Systems, Vol. 35, No. 3, pp. 423-432, 2011.
- [16] Ngai, E. W. T., Poon, J. K. L., Suk, F. F. C., and Ng, C. C., "Design of an RFID-based healthcare management system using an information system design theory," Information System Frontier, Vol. 11, pp. 405-417, 2009.
- [17] Qu, X., Simpson, T. L., and Stanfield, T. P., "A model for quantifying the value of RFID-enabled equipment tracking in hospitals," Advanced Engineering Informatics, Vol. 25, pp. 23-31, 2011.
- [18] Tu, Y. J., Zhou, W., and Piramuthu, S., "Identifying RFID embedded objects in pervasive healthcare applications," Decision Support Systems, Vol. 46, pp. 586-593, 2009.
- [19] Tzeng, S. H., Chen, W. H., and Pai, F. Y., "Evaluating the business value of RFID : evidence from five case studies," International Journal of Production Economics, Vol. 112, pp. 601-613, 2008.

저 자 소 개



민대기

(E-mail : dmin@ewha.ac.kr)

1999년

서울대학교 산업공학과 (학사)

2001년

서울대학교 산업공학과 (석사)

2010년

페듀대학교 산업공학과 (박사)

2001년~2006년

LG CNS 연구개발센터

2010년~현재

이화여자대학교 경영학과 전임강사

관심분야

Markov Decision Process, 서비스운영관리, RFID/USN