

의료분야에서의 RFID/USN 기술 적용 현황

박동균 | 정은영 | 정국상
가천의대 길병원 유헬스케어센터

요약

의료사고 증대와 비효율적 업무환경의 문제를 개선하기 위해 의료분야에서는 광범위한 RFID/USN 기술의 적용을 고려하고 있다. RFID수동형 태그는 수혈 안정성 향상, 수술 오류 감소 및 수술실 내 환자 위치 확인, 투약 사고 방지, 환자 확인, 소모품 관리 등에 사용되며, 능동형 태그는 의사, 환자, 이동성 장비의 실시간 위치 추적 등에 사용된다. 하지만 의료기기 전파간섭, 보안 및 표준화, 특수환경에서 인식을 저하, 단기 투자비용 증대 등의 문제로 대부분의 적용 사례가 시범서비스 형태에 머무르며 활성화되지 못하고 있다. 본고에서는 의료진 및 환자관리, 자산관리, 의약품관리, 혈액관리 분야의 적용 사례 분석, 문제점 및 활성화 방안에 관하여 알아본다.

1. 서론

병원은 환자, 의료진, 방문객 모두가 움직이는 동적인 공간이다. 최근 병원이 점점 대형화, 전문화 되어감에 따라 사용하는 의약품과 검사의 종류도 더욱 많아지고 있어 처방을 내야 하는 의사조차도 그 속도를 따라가기 힘든 실정이다[1,2]. 이런 이유로 병원에서 다른 환자를 수술하거나 수술 부위가 바뀌거나, 잘못된 수혈이나 투약을 하는 의료사고가 자주 발생한다[3,4,5,6]. 미국의 경우 해마다 4만 4천명에서 9만 8천명의 환자가 의료과오로 사망하고 있고 이로 인한 경제적인 손실은 연간 90억 내지 150억 달러에 이른다[7]. 간호사는 하루

일과 중 20%의 시간을 의료기구나 장비를 찾고 관리하는데 사용하고 있고, 하루 20~60분의 시간을 의료진을 찾는데 소모한다[8]. 이로 인하여 업무효율이 감소하고 환자의 불만이 늘어나며, 나아가 환자관리의 장애 요인으로 작용하여 의료과오로 이어질 수 있다. 한편 아무런 문제 없이 약물을 처방받았다 하더라도 정확한 시간에 정확한 용량을 복용하지 않는 경우가 많다. 실제로 환자의 40%가 의사의 처방을 따르지 않으며 미국의 경우, 이로 인한 손실이 연간 1000억 달러에 이르고 12만 명이 사망하고 있다[9]. 또한 결핵이나 후천적면역결핍증 환자가 약물을 정확히 복용하지 않았을 경우, 전염이나 내성균 발생으로 인해 사회적인 문제로 발전할 수 있다. 예를 들면 후천적면역결핍증 환자가 바이러스 억제제를 5% 정도 정확하게 복용하지 않는다면 바이러스를 억제할 수 있는 기회가 약 50% 감소한다[9].

이러한 업무효율저하, 의료사고, 부정확한 약물복용 등의 문제를 해결하기 위해 다양한 노력이 있어야 하겠지만 RFID/USN기술을 적용하면 매우 좋은 효과를 기대할 수 있다[10,11,12,13,14]. 이런 이유로 의료분야에서 RFID시장 전망은 매우 밝아 미국 시장 규모는 2006년 9천만 달러에서 2016년 20억 달러로 확대될 것으로 기대된다[15].

하지만 의료분야에서 RFID/USN기술을 적용하고 확산시키려면 해결해야 할 과제들이 많다. 기술적인 문제로는 의료기기 전파간섭[16], 보안 및 표준화 및 특수사항에서 인식을 저하[17] 등이 있고, 정책적으로는 비용부담 주체 및 강제 시행 규정 등이다. 본고에서는 현재 가장 많이 적용하고 있는 의료진 및 환자관리, 자산관리, 의약품관리, 혈액관리 분야 등에서 기술적용 사례를 분석하고, 미래에 적용 가능한

분야로써 각종 센서와 RFID가 결합된 형태의 기술적용과, RFID/USN기술의 문제점 및 활성화 방안 등에 관하여 알아 본다.

II. 본 론

1. 의료분야 RFID/USN 적용 유형

환자와 의사, 각종 자산, 약물, 혈액 등에 RFID태그를 부착하고 수술실, 병실, 응급실, 신생아실 등에 리더기를 설치하여 인식오류에 의한 수술, 수혈 및 투약사고를 방지하고, 의료자산 및 의료진의 자원활용도를 향상시키는 것이 일반적인 의료분야 적용 유형이다[18,19,20,21].

〈표 1〉 헬스케어를 위한 RFID 응용[15]

용 용	비율	내 용
People tagging	26%	주로 환자에 부착하여 인식오류 방지
Assets	16%	고정 자산과 소모품에 부착하여 도난과 배치오류를 방지하고 신속하게 위치를 파악하기 위함
Pharmaceuticals	13%	위조약 방지 조제 사고 방지
Blood	4%	수혈 사고 방지
Other	41%	카드, 펜던트, 배지 등에 부착하여 보안접근, 건강기록, 수납 관리, 병상, 차량 등의 물류관리(SCM)

이러한 적용은 현재 단순히 실수를 알려주는 방식에서 환자 및 의료진이 의식하지 않은 상태에서 자동으로 각종 약물 투여나 수혈이 적합하지 않을 때는 거부하는 기능으로 발전할 것이다. 또한 주요 약물의 경우, 약물 복용 순응도 평가 및 모니터링이 가능해지고 이 모든 기록이 의무기록 시스템과 연동되어 각종 임상시험 연구자료 및 의료과외 원인 규명 자료로 활용될 것이다.

앞으로 RFID의 활용유형은 다양한 센서와 융합된 형태로 발전할 것으로 예측된다. 병원 자산 관리는 의료기기에 자동 진단기능 센서 등을 부착함으로써 기기의 상태와 이력을 관리하면서 동시에 위치를 파악한다. 환자 관리의 경우 혈당 및 혈압 측정센서 등이 결합된 의료기기를 이용하여 환자의 상태와 위치를 동시에 모니터링한다.

〈표2〉 헬스케어를 위한 RFID 연구 분야[15]

연도	사용 분야
~ 2004	투약 관리 혈액 관리 신생아 인식오류 방지 환자 인식오류 방지 의료진 위치 파악 자산 위치 파악
2005 ~ 2010	기존 연구 계속. 잘못된 주사약 연결 자동 거부 사고 기록 도난 방지 의료소송을 대비한 절차 기록 약물 복용 순응도 검사 위조약 방지
2011 이후	기존 연구 계속 방문객 위치 파악 및 대기관리 의약품, 소모품 및 자산 관리

혈액관리는 단순히 수혈적합성만 확인하는 방식에서 온도 센서가 부착되어 있어 불필요한 혈액폐기를 방지하고 수혈자의 이력관리 등이 포함되는 복합관리가 가능한 방식으로 발전할 것이다.

한편 다양한 센서기술 및 통신기술의 발달은 유해물질 정보시스템이라는 새로운 활용유형을 만들어 낼 것이다. 예를 들면 u-City의 경우 특정 식물의 꽃가루, 황사, 이산화 탄소 등을 측정할 수 있는 센서가 도시 전체에 설치되어 유해물질에 따라 시민에게 맞춤형 경보를 제공하는 서비스가 가능해진다.

2. 의료분야 RFID/USN 기술적용사례

대표적인 해외적용사례로는 매사추세츠병원의 수혈관리 시스템을 들 수 있다. 이 병원에서는 13.56 MHz 수동형 태그를 사용하였고 긴급한 상황에서 많은 양의 수혈이 필요한 경우, 환자가 취침 중이거나 의식이 없는 경우, 의료진이 환자에 대해 잘 알지 못하는 경우, 응급실과 같이 집중하기 힘든 경우에 특히 유용하였다.

다른 해외 병원의 적용사례는 〈표 3〉과 같다. 그 외 특이한 사례로는 일본의 쿠레하 종합병원의 병원쓰레기관리 시스템, 캘리포니아 대학병원의 시체관리 시스템 등이 있다.

국내에서는 원주기독병원이 신생아 관리 시스템을 처음으로 도입하였고, 그 외 병원의 예는 〈표 4〉와 같다. 신생아 관리 시스템의 흥미로운 점은 미국의 경우는 아기를 도난 당

〈표 3〉 해외 병원의 RFID 적용사례[22]

사용 병원	영역	대상	내 용
Massachusetts General Hospital Georgetown Univ. Hospital	수혈	환자	수혈 시 환자/ 혈액 일치성검사
Emergent-managed hospital ER French Emergency service	응급실	환자 차트	응급실관리, 응급환자정보공유
Washington Hospital Center St. mary's hospital 등	병원	의료 자산	이동자산의 위치 및 현황관리
Lucile Packard Children's Hospital Dallas Doctor Hospital	신생아실	신생아	신생아 유괴방지 및 정보관리
Show Chwan Memorial Hospital TMU Hospital Mississippi Baptist Health Systems	병원 수술실	환자 의료진	환자 및 의료진의 현재 위치파악, 관련 정보 교환

하는 사고를 방지하기 위해서 이런 시스템을 도입하였고, 한국의 경우는 기본적으로 아기가 바뀌는 사고를 예방하려고 이런 시스템을 도입하였다는 점이다.

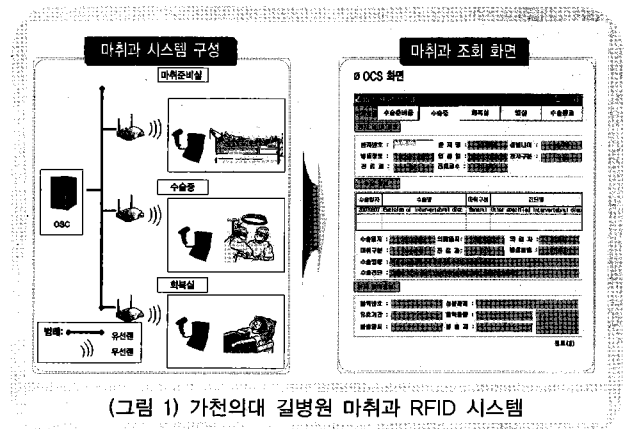
〈표 4〉 국내 병원의 RFID 적용 사례[22]

사용 병원	내 용
가천의대 길병원	병실/중환자실/수술실 환자관리, 의약품 추적관리
분당 서울대학교 병원	환자관리, 자재관리
세브란스병원	온도/습도 센서 Pilot, 병실/수술실 환자관리
원주 기독교 병원	신생아 관리
강남 성모 병원	건진센터
건양대 병원	수술환자관리
동아대 의료원	건진센터
서울아산병원	응급환자 출입관리시스템

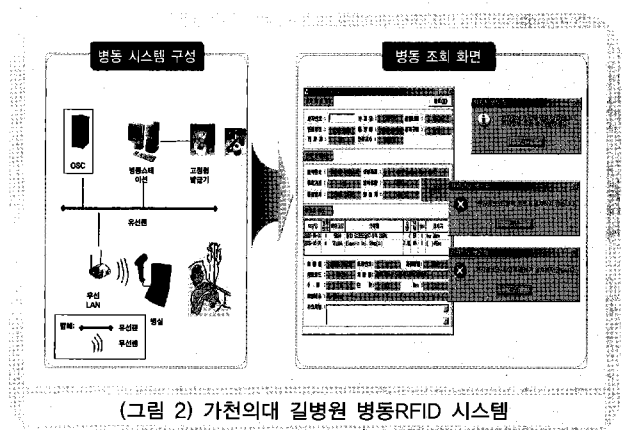
가천의대 길병원의 경우는 13.56 MHz 수동형 태그 및 스마트 카드를 이용하여 수술실, 응급실, 중환자실, 외과병동에서 수혈 및 투약사고 예방, 수술환자관리 및 응급실 당직의 관리 등을 시행하고 있다.

수술방의 경우 과거에는 수술준비실에서 수술방으로, 수술방에서 회복실, 회복실에서 병동으로 이동할 때 간호사가 직접 시간과 장소를 입력해야 그 내용이 전자 차트에 기록되고 수술환자 가족대기실 화면에도 전달되므로 입력오류로 인한 혼란이 있었다. 그러나 현재는 RFID 시스템이 자동으로 입력함으로써 업무효율 증대와 의무기록의 정확도가

높아졌다. 또한 응급실에서도 각과 당직의를 호출하고, 호출받은 당직의는 응급실에 도착하면 직원카드를 리더기에 인식하게 하여 응급실 도착시간이 OCS에 자동으로 기록되게 함으로써, 응급실 환자의 대기시간 단축과 의료진 관리가 용이해 졌다(그림 1, 2, 3). 아산병원은 응급실에서 능동형 태그를 사용하여 중증환자와 의사를 관리하는 시스템을 운용하고 있다.



(그림 1) 가천의대 길병원 마취과 RFID 시스템

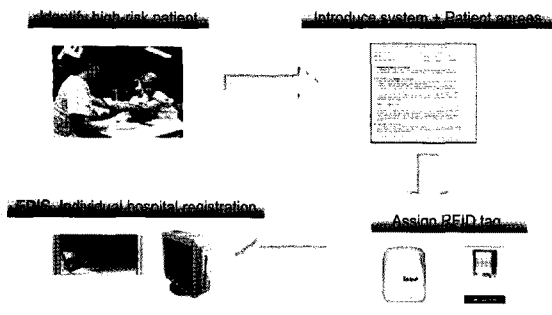


(그림 2) 가천의대 길병원 병동 RFID 시스템

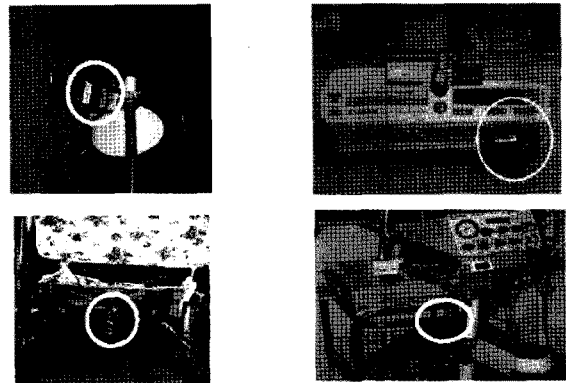
3. 의료분야 RFID/USN 시범사업 사례

1) RFID 기술을 활용한 특수약품 추적관리

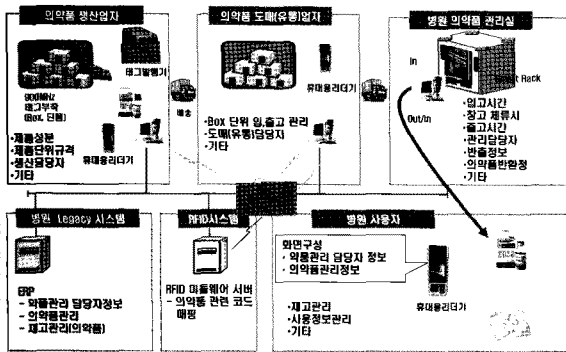
가천의대 길병원과 한국유통물류진흥원, LG CNS는 공동으로 RFID 기술을 이용하여 특수약품인 알부민의 추적관리를 통한 유통단계 모니터링 및 재고파악을 용이하게 함으로써, 특수약품관리업무의 생산성을 제고하고, 투명하고 정확한 의약품관리의 효용성을 검증하였다(그림 4).



(그림 3) 서울아산병원 응급실 RFID 시스템



(그림 5) USN노드를 부착한 의료장비

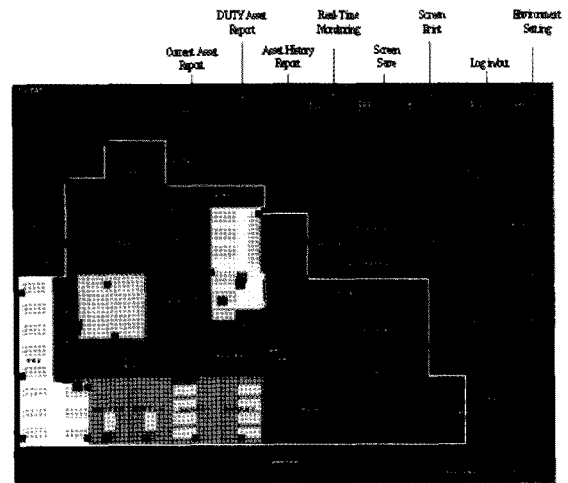


(그림 4) RFID를 이용한 특수약품관리 업무흐름도

2) USN을 이용한 이동성 자산관리시스템

이 시스템은 ETRI와 모토로라가 공동개발한 위치추적용 응용서버, 서버 미들웨어, 게이트웨이, USN 노드 장비를 길 병원의 응급의료센터에 설치하여 이동성 의료장비의 위치를 실시간으로 추적한다(그림 5, 6).

이동성 의료장비에는 이동형 수액걸이, 실린지 펌프(Syringe Pump), 휠체어, 인공호흡기 등의 21대 자산을 대상으로 하였다.

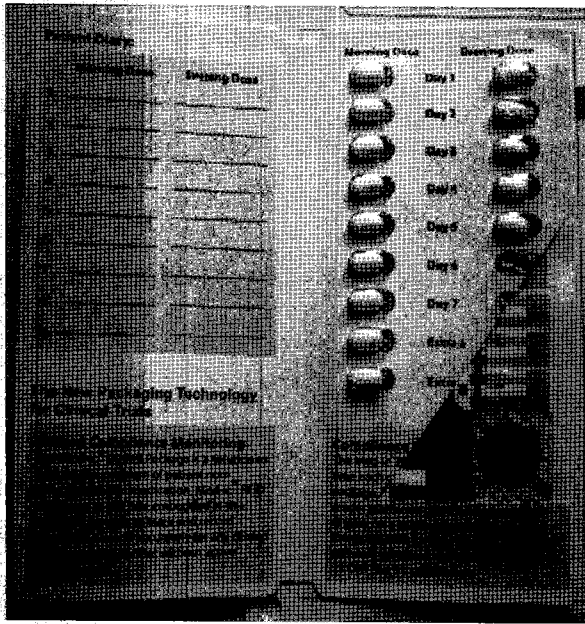


(그림 6) USN기반 이동성자산관리 사용자 GUI

3) RFID 기반 감염성폐기물 관리시스템

이 시스템은 RFID 태그를 부착한 감염성폐기물 용기가 리더기에 인식되면 폐기물 정보를 한국환경자원공사의 중앙전산시스템으로 실시간으로 전송한다(그림 7).

이 시스템을 적용함으로써 종이 인계서를 작성하거나 웹으로 담당자가 인계 내역을 입력하는 등의 업무가 사라지고, 각종 관리대장, 실적보고서의 작성 및 제출 업무가 모두 전산화되고, 이를 통해 배출자, 수집·운반자, 처리지는 감염성폐기물 배출·운반·처리 업무를 편리하고 쉽게 관리함으로써 업무 효율성을 극대화 할 수 있으며, 행정기관 또한 자료의 취합, 비교분석 및 통계작성 등의 업무를 실시간으로 추진할 수 있다.



(그림 11) RFID가 부착된 약포장지

기본적으로는 이 기술은 전자파 또는 자기장을 활용하는 것이므로 인체에 영향을 주거나 주변 의료장비와 간섭을 일으킬 수 있는 가능성이 있다. 전자파에 의한 인체 유해성은 저출력 기기의 특성상 특별한 문제가 없는 것으로 보이나 태그의 인체 삽입 등의 상황에서는 인체 유해성에 관한 연구가 선행될 필요가 있다.

의료기기 간섭문제는 최근 연구에 의하면 능동형 125kHz 및 수동형 868MHz RFID 를 41개의 의료기기를 대상으로 123회 EMI(electromagnetic interference) 시험을 시행하였는데 22개의 위험한 간섭현상이 발생하였다(수동형 868MHz RFID 17개, 능동형 125kHz RFID 5개)[16]. 또한 900 MHz와 유사한 주파수를 사용하는 휴대폰의 경우 의료기기간의 간섭에 의해 치명적인 오류가 발생한 예가 있다. 휴대폰은 사용시간이 짧지만, 자산관리를 위한 RFID의 경우 의료기기에 부착되게 장기적으로 사용되므로 위험성이 더 클 수 있다. 일반적으로 13.56 MHz, 433 MHz, 2.4 GHz RFID 가 의료용으로 사용되므로 다른 주파수대역을 사용할 때는 충분한 사전 조사가 필요하다.

그 외의 문제점으로는 보안문제와 특수상황에서의 인식률 저하문제이다. 보안에 문제가 발생하면 단순히 프라이버시가 노출되는 정도가 아니라 태그의 정보 도청이나 변조, 인

식방해 등의 문제를 일으켜 오히려 환자를 위험에 빠지게 할 수 있다. 초기에는 의료진이 마지막으로 확인하는 형식으로 RFID를 이용하겠지만, 이 시스템이 정착되면 눈으로 확인하는 것을 소홀히 하고 RFID시스템에 의존하게 될 가능성이 높아져 정보를 변조하였을 때 커다란 위험에 노출될 가능성이 높다.

일반적인 경우 인식률은 매우 높아 바코드를 대체하고 있지만, RFID의 경우 바코드와 달리 혈액 및 뼈 안에 장착을 하거나 인공장기 및 이식장기에 삽입해야 하는 상황이 발생할 수 있으므로, 이런 특수 상황에서 인식률 증대에 관한 연구가 있어야 한다.

RFID/USN 기술은 약간의 문제점이 있지만 의료분야로의 적용이 활성화 되면 의료사고 예방 및 업무 효율 증대에 커다란 역할을 할 수 있을 것으로 본다. 다양한 기술적인 문제점은 의료분야 적용이 활성화 되지 않음으로 인해 많은 투자가 이루어지지 않아 그 해결이 지연되는 것이므로, 문제점이 활성화를 저해하는 요인으로는 볼 수 없다.

의료분야 RFID/USN 활성화 방안은 첫째, 공공부문의 경우 업무규정화를 통한 강제 시행 및 초기 비용을 지원하는 것이다. 감염성폐기물 사업의 경우 시행 초기인 현재 정부와 의료계 간에 태그 비용 및 운영 등의 문제로 마찰이 있으나, 추후 시스템이 체계화 및 안정화 되고 태그 비용이 좀더 저렴하게 된다면 이러한 부분은 점차 해결될 것이다. 둘째, 병원의 경우 이런 시스템을 도입하면 의료사고 감소 효과로 인하여 전체 의료비가 감소한다는 관점으로 RFID/USN 시스템을 도입하는 의료기관에 대해 다양한 인센티브를 제공하는 것이다. 시스템 도입에 따라 의료기관 평가 시에 가산점을 부여하거나 세제혜택을 지원한다면 각 병원에서는 순차적으로 시스템을 설치하여 운영할 것이다. 마지막으로 의료분야에 적합한 특화된 솔루션 개발이 필요하다. 의료 산업이 아닌 다른 산업에서 사용되는 기기를 사용하여 의료 프로세스에 적용하였을 때 의료진이 느끼는 불편감 및 불안정성으로 인해 본질적인 목표를 달성하는 데 방해가 되기 때문이다.

현재 국내 여러 기관에서 이 시스템을 도입하고 있지만 비싼 태그 가격, 새로운 업무프로세스 추가에 따른 저항, 책정되지 않은 의료수가, 불편한 사용환경 등으로 해외사례와는 달리 활성화 되지 못하고 있는 실정이다.

III. 결 론

의료분야는 최근 커다란 변화의 물결 속에서 대형화 전문화 되어감에 따라 병원에서 사용되는 약물과 의료기기의 종류가 급격히 증가하고 단순한 실수나 착각에 의한 의료사고가 급증하고 있다. RFID/USN 기술은 실수나 착각에 의한 의료사고를 예방하는데 매우 좋은 솔루션이다. 또한 병원의 전자차트와 연동하였을 경우, 자동으로 정확한 의료정보가 전달되어 업무프로세스 개선에도 도움이 된다. 나아가 다양한 센서 기술과 융합되면 의료사고를 예방하는 보조적인 역할에서 병을 진단하고 관리하는 역할도 가능하며, 활용성 및 확장성도 매우 높다.

일반적으로 의료분야에서는 수동형 태그는 13.56 MHz 주파수를 이용하여 수혈 안정성 향상, 수술 오류 감소 및 수술실 내 환자 위치 확인, 투약 사고 방지, 환자 확인, 소모품 관리 등에 사용되고 있고 능동형 태그는 433 MHz, 2.4 GHz 주파수를 이용하여 의사, 환자, 이동성 장비의 실시간 위치 추적에 사용된다.

하지만 의료기기 간섭문제, 보안 및 표준화 문제, 특수환경에서 인식률 저하, 단기 의료비 증대 등의 문제로 아직 국내에서는 대부분 적용사례가 시범사례 형태로 진행되는 등 활성화 되지 못한 실정이다. RFID/USN 시스템이 활성화하기 위해서는 초기 단계에서는 의료산업화 관점 및 의료사고 예방을 위한 사회 인프라 구축이라는 관점에서 국가정책의 지원이 필수적이다. 또한 의료진이 편하게 사용할 수 있도록 의료분야의 프로세스와 상황에 특화된 솔루션 개발이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] B. Houlston, Integrating RFID technology into a drug administration system, Bulletin of Applied Computing and Information Technology, 3(1), May 2005.
- [2] Huzaifa A. Nahas and Jitender S. Deogun, Radio Frequency Identification Applications in Smart Hospitals, IEEE Computer-Based Medical System, 2007.
- [3] Joseph Dalton and Silvano Rossini, Using RFID technologies to reduce blood transfusion errors, White Paper by Intel Corporation, Autentica, Cisco Systems, and San Raffaele Hospital, 2005.
- [4] M. Jiang et al, A dynamic blood information management system based on RFID, IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp.546-549, Sept. 2005.
- [5] Jawahar Kalra, Medical errors:an introduction to concepts, Clinical Biochemistry, Vol.37, Issue 12, 2004.
- [6] Jawahar Kalra, Medical errors:impact on clinical laboratories and other critical areas, Clinical Biochemistry, Vol.37, Issue 12, 2004.
- [7] Linda T. Kohn, Janet M. Corrigan, and Molla S. Donaldson, Editors; Committee on Quality of Health Care in America, Institute of Medicine, To Err is Human: Building a Safer Health System, National Academies Press, 2000.
- [8] Forrester, Feb 2006.
- [9] RFID in Healthcare in 2005, IDTechEX, Jan 02, 2005.
- [10] heimar F. Marin, Improving Patient Safety with Technology, International Journal of Medical Informatics, Vol.73, Issue 7-8, 543-546, 2004.
- [11] Brad Sokol and Sapan Shah, RFID in Healthcare, RFID Journal, 2005.
- [12] Olof Wallin, Preanalytical errors in hospitals, Umea University Medical dissertation, 2008.
- [13] 의협신보, 우리나라 의료과오 예방을 위한 효과적 대처 방안, 2000.
- [14] WHO, Quality of Care:Patient safety, A55-13, 2002.
- [15] RFID in Healthcare 2006-2016, IDTechEX.
- [16] Remko van der Togt, Erik Jan van Lieshout, Reinout Hensbroek, E. Beinat, J.M. Binnekade, P.J.J.Bakker, Electromagnetic Interference From Radio Frequency Identification Including Potentially Hazardous Incidents in Critical Care Medical Equipment, JAMA, Vol.299, No.24, June 25, 2008.

- [17] D. Clarke and A.Park, Active-RFID system accuracy and its implications for clinical applications, Comp.-Based Medical Systems, pp. 21-26, 2006.
- [18] A. Aguilar, W. van der Putten, and F. Kirrane, Positive patient identification using RFID and wireless network, HISI, November 2006.
- [19] J. Bardram, Hospitals of the future - ubiquitous computing support for medical work in hospitals, ubiHealth 2003.
- [20] J. Bardram, Applications of context-aware computing in hospital work:examples and design principles, ACM SAC, pp.1574-1579, 2004.
- [21] W.H. Dzik, R. Wiklund, N. Sunder, A. Freiberg, and P. Muzzy, Radio-Frequency(RF) tags for improved patient identification and safety:development of a prototype system, Transfusion, 45, 2005.
- [22] 민대기, 김은지, 이은주, 설동렬, 환자안전을 위한 RFID 기술 적용 모델 개발에 관한 연구: Y병원 사례 연구, Enture Journal of Information Technology, 5권, 1호.
- [23] Malan D, Fulfor-Jones TRF, Welsh M, Moulton s, CodeBlue:An Ad Hoc Sensor Network Infrastructure for Emergency Medical Care, Workshop on Applications of Mobile embedded Systems, 2004.

약 력



박 동 균

1992년 충북대 의과대학 학사
 2000년 인하대 의과대학 석사
 2003년 인하대 의과대학 박사
 2000년 ~ 가천의대 길병원 부교수, 소화기내과 분과 전문의, 내시경 전문의
 2005년 ~ 유헬스케어센터장
 관심분야 : Medical Informatics, RFID/USN Application, System Medicine



정 은 영

1992년 광주보건대학 간호학과 학사
 2002년 가천의대 보건정보학과 석사
 2008년 ~ 아주대 정보의학과 박사과정
 1992년 가천의대 길병원 간호사
 2005년 ~ 2008년 유헬스케어센터 연구원
 2008년 ~ 유헬스케어센터 라이프케어팀장
 관심분야 : Medical Informatics, RFID/USN Application, U-Healthcare



정 국 상

1999년 전남대 전산학과 이학사
 2001년 전남대 전산학과 이학석사
 2007년 전남대 전산학과 이학박사
 2007년 ~ 2008년 한국전자통신연구원 박사후연구원
 2008년 ~ 가천의대 길병원 유헬스케어센터 선임연구원
 관심분야 : Context-Aware Computing, u-Healthcare Service, Personal Health Information

