

USN과 RFID를 이용한 웹 기반 항암제 관리 시스템

유선국*† · 김수정** · 박정진*** · 김동근* · 배하석**** · 장병철*****

Web based anticancer drug management system using ubiquitous sensor network and RFID

Sun K. Yoo*†, Soo-Jung Kim**, Jung-Jin Park***, Dong Keun Kim*,
Ha-Suk Bae****, and Byung-Chul Chang*****

Abstract

In order to monitor the anticancer drug in stable conditions, the Web based anticancer drug management system and alarm services were constructed and assessed in this study. Anticancer drug should be exact to the correct patient in the right environment. To overcome the restriction of existing equipment that only monitors fragmentarily, temperature and humidity were continuously monitored to maintain stable environments using sensor networks and RFID for the monitoring and management of anticancer drug. Construction drug identification and the effect of normal air outside the anticancer dispensary with obstacles were evaluated in working hour. Pre-installed control system in the dispensary could be alternated with auto sensing and alarming. We expected that the efficiency of anticancer drug management and the reliability of drug medication by handwork would be increase accordingly.

Key Words : web based anticancer management, RFID, USN

1. 서 론

암(Cancer)은 연간 발생자수가 약 99,000명인 정도로 가장 많이 발생하는 난치병 중 하나이다. 우리나라는 암으로 인한 사망자가 총 사망자 수의 25.5%로 사망원인의 1위를 차지할 만큼 영향이 크다^[1,2]. 이런 암의 치료는 크게 수술요법, 항암화학요법, 방사선치료 세 가지로 구분이 되며, 이 중 항암화학요법은 항암제

를 사용하여 암을 치료하는 것으로 전신에 퍼져있는 암세포에 작용하는 전신적인 치료방법이다^[3]. 병원에서 항암제를 제조하는 항암제 조제실의 환경은 일정한 온도와 습도 유지가 필요하다. 또한 정확한 환자에게 적절한 항암제를 투여하기 위해 항암제의 재고관리, 유통관리 등이 필요하나 체계적인 관리 시스템이 미비한 실정이다. 항암제 조제에 필요한 적정 습도는 45%~55%이고, 이 범위를 벗어나면 항암제의 효과가 떨어지며, 변질된 항암제의 투여가 발생할 수 있다. 또한 항암제는 각각 다른 환자정보를 가지게 되어, 정확한 이름과 나이, 성별, 등의 기본정보를 항암제 외부에 부착하게 되어 있으나 항암제 출고 시 사람에 의한 오류가 발생하면 치명적인 의료사고가 일어날 수 있다. 따라서 본 논문에서는 암을 치료하는 중요한 약물인 항암제를 제조하는 항암제 조제실의 온도와 습도를 관리하는 센서네트워크와 항암제 관리를 위한 RFID (radio frequency identification) 태그를 이용하여, 의료 인력의 사용 및 데이터 공유에 있어 보다 효율적이고 양질의 항암제 공급을 목적으로 하는 웹 기반 항암제 관리 시스템을 설계하여 평가하였다.

*연세대학교 의과대학 의공학교실(Dept. of Medical Engineering, College of Medicine, Yonsei University)

*이동형응급의료정보시스템개발센터(Center for Emergency Medical Informatics, Human Identification Research Institute)

**연세대학교 생체공학협동과정(Graduate Program in Biomedical Engineering, Yonsei University), 신호처리연구소(Center for Signal Processing Research)

***연세대학교 정보대학원 의료정보트랙(Graduate School of Information, Yonsei University), 개인식별연구소(Human Identification Research Institute)

****이화여자대학교 의과대학 재활의학교실(Dept. of Rehabilitation Medicine, College of Medicine, Ewha Womans University)

*****연세대학교 의과대학 흉부외과학교실(Dept. of Thoracic & Cardiovascular Surgery, College of Medicine, Yonsei University)

†Corresponding author: sunkyoo@yuhs.ac

(Received : March 26, 2008, Accepted : May 1, 2008)

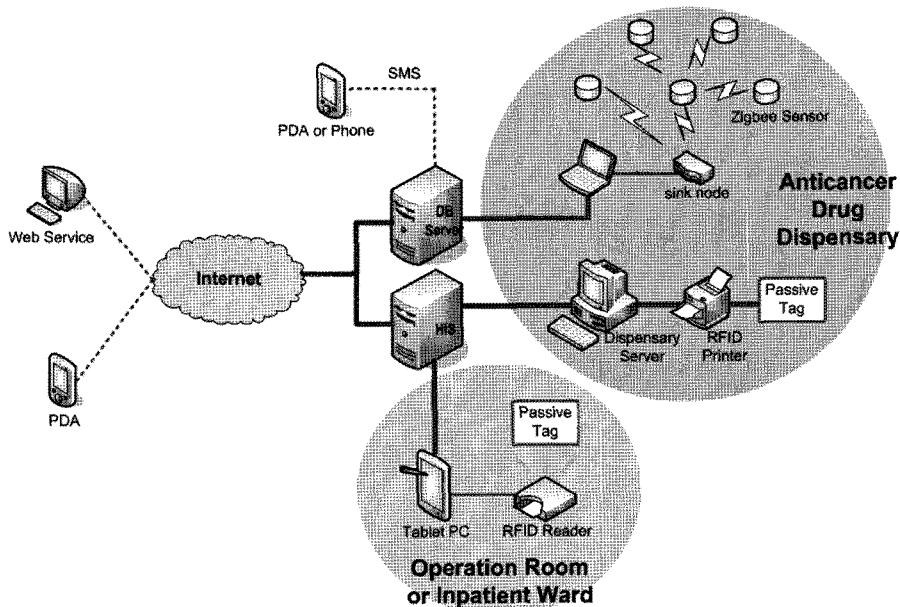


그림 1. 전체 시스템 구성도

Fig. 1. Configuration of combined anticancer drug monitoring and management system.

2. 재료 및 방법

2.1. 하드웨어

항암제 조제실 내부의 환경을 일정한 온도와 습도로 유지시켜 주기 위해 온도와 습도를 측정하는 센서는 Crossbow Technology의 MTS420CA를 사용하였다. MTS420CA는 온도, 습도 및 조도, 가속도 등을 측정하는 센서로, UC Berkeley가 개발한 MICAZ platform의 모듈과 함께 사용된다. 이 센서 모듈은 IEEE 802.15.4 표준을 바탕으로 하여 센싱한 온도 정보를 2.45 GHz ISM대역을 사용하여 싱크 노드(수신부)에 전송한다. 센서 수신부 싱크노드는 마찬가지로 MICAZ platform 모듈을 부착한 MIB510CA를 사용하여 PC (personal computer)와 RS-232C 인터페이스로 연결되었다. 각각의 송수신 센서 노드는 AA 배터리 두 개로 전원을 공급받으며 실내에서 20~30 m 가량의 통신거리를 보인다. 하지만 수면 구간이 전혀 없는 고전력 소비모드에서 수명이 10~15시간밖에 되지 않는 단점이 있다^[7]. 항암제에 붙여 재고 관리 및 환자 매칭에 쓰이는 RFID 태그와 환자가 손목에 착용하는 RFID 손목밴드는 HP사의 13.56 MHz 대역의 패시브 태그를 사용하였다. 항암제 조제실에서 센서네트워크의 수신부와 연결된 랩톱 PC는 IBM Thinkpad R40 모델을, 원격지의 태블릿 PC와 PDA는 각각 HP TC1100, HP iPAQ

RW6100 모델을 사용하였다. 데이터베이스 서버로 사용한 PC는 Pentium VI로 CPU 2.8 GHz, HDD 200 GB, RAM 1 GB의 사양을 가지며 MS-SQL Server2000을 사용하여 구현하였다.

2.2. 전체 시스템 구성

먼저 항암제 조제실에서 만들어진 항암제가 환자에게 전해지기까지의 전체적인 시스템 구성도(Fig. 1)를 보면, 항암제 조제실은 휴대형 PC와 연결된 수신부를 중심으로 5개의 센서로 센서네트워크를 구성하였다.

항암제 조제실 내부, 항암제 조제실을 연결하는 통로, 외부 사무실 등의 위치에 센서를 설치하고 성능 평가를 수행하였다. 다음으로 데이터의 수집과 환자에게 최종적으로 전달되는 과정은 다음과 같다. 항암제 조제실의 적절한 온도와 습도 유지를 위하여 각 센서는 측정된 온도와, 습도 정보를 데이터베이스 서버에 저장하고, 저장된 데이터는 무선랜을 통해 외부에서 사용하는 노트북이나 PDA로 접속하여 실시간 모니터링 서비스가 가능하도록 구성하였다. 항암제 조제실의 온도와 습도 변화가 적정 수준을 넘어서면 SMS (short message service)를 통해 알람 메시지를 관리자에게 전송한다. 항암제 조제실에서 외래의 항암제 요청을 수신하기 위한 서버에 RFID 태그를 출력하는 프린터를 장착하여 병원정보시스템에 접근을 가능하게 하였고, 최종적으

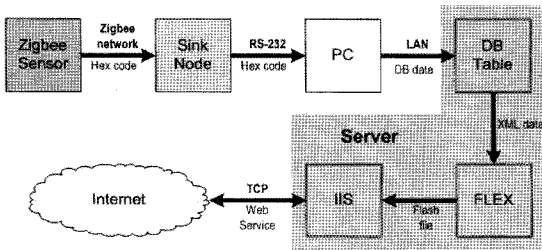


그림 2. 데이터 흐름도
Fig. 2. Flow chart of data gathering.

로 항암제가 도착하는 병실이나 수술실 등에서 태블릿 PC에 연결된 RFID 리더로 항암제와 환자의 매칭이 이루어지게 된다. 위와 같은 시스템 구조에서 센서네트워크의 보다 구체적인 데이터 흐름과 RFID를 이용한 웹 기반 항암제 관리 및 환자 매칭 과정은 Fig. 2와 같다.

항암제 조제실의 센서네트워크에 사용된 센서(MTS310)로부터 수집된 온도와 습도 데이터는 MICAz(Zigbee통신모듈)을 통해 데이터를 최종 수신부로 전송한다. 이 MICAz에 ID를 부여하고 통신방식을 결정하기 위해서 네트워크 내장형 시스템에 적합한 TinyOS가 사용되었으며, 이때에 사용된 프로그래밍 언어가 nesC이다. nesC 언어로 작성된 데이터는 최종 수신부에서 RS-232C로 연결된 랩톱 PC로 전체 센서 데이터를 전송한다. 데이터베이스 테이블에 저장된 온도와 습도 정보는 XML 데이터로 전환되어 플래시 변환 프로그램인 플렉스(FLEX)를 통해 외부 사용자가 웹서비스를 통해 데이터를 확인할 수 있도록 구현 하였다. 외래 및 기존 병원정보시스템의 요청에 따라 항암제를 제조하는 중 항암제 조제실 서버에 출고요청이 들어오면 해당 항암제의 RFID태그를 출력하여 붙이게 되는데, 공급한 항암제는 환자에게 부여되기 전 RFID 태그를 읽어 정확한 환자에게 부여되는지 여부를 다시 확인한다. 이때 센서네트워크와 RFID 인식에 사용되는 프로그램은 Microsoft Visual C++ 6.0과 Microsoft

Visual C#.NET을 이용하여 구현하였고, PDA용 프로그램은 .NET Compact Framework를 기반으로 하였다.

3. 결과 및 고찰

환자에게 공급되기 위해 출고하는 항암제는 Fig. 3과 같이 RFID 태그를 붙여서 환자가 있는 병실로 이동한다.

환자 인식을 통해 다시 한번 환자와 항암제의 매칭을 수행하고 부여하게 된다. 이 과정에서 잘못된 항암제를 가져오는 등의 사용자 오류를 방지할 수 있고 재고 관리 등 항암제 관리 시스템의 효율성을 증대시킬 수 있다. 온도와 습도 데이터는 환경에 따라 변하기는 하지만 수초 내에 갑자기 변하는 값이 아니므로 항암제 조제실의 온도와 습도 센서는 5분당 1메시지 주기로 측정하였다. 항암제 조제실 내부의 온도와 습도 센싱이 지속적으로 이루어지고 있음을 외부에서 웹서비스를 통해 모니터링할 수 있는데 Fig. 4가 그 예이다.

Fig. 4는 플렉스 프로그램을 통해 변환된 데이터를 그래프 형태로 보는 웹 화면으로, 항암제 조제실 내부의 습도가 45~55%로 유지 되는 것에 비해 실제 측정된 습도 값은 그에 못 미쳐 항암제 조제실 온도, 습도 관리가 잘 이루어지고 있지 않음을 알 수 있다. 온도와 습도 값이 기준치를 벗어나면 데이터베이스 서버가 관리자에게 SMS메시지를 보내어 경고한다. 우선 사용된 센서 자체의 각각의 온도 습도 오차를 알아보기 위하여 같은 위치에 5개의 센서 모듈을 모아 한 시간 동안 측정하였다. 기존 온도, 습도 관리에 사용된 디지털 온도와 습도계와의 차이가 크나 센서 내부 하드웨어 특성상 습도는 ±3%, 온도는 3°C의 오차범위를 고려하였을 때 대체적으로 비슷한 수치를 보이는 것으로 나타났다. 또한 항암제 조제실 내부 온, 습도의 일정한 유지를 위하여 작동하는 공조장치가 천장에 있어 센서가 높이 위치할수록 습도는 더 높게, 온도는 더 낮게

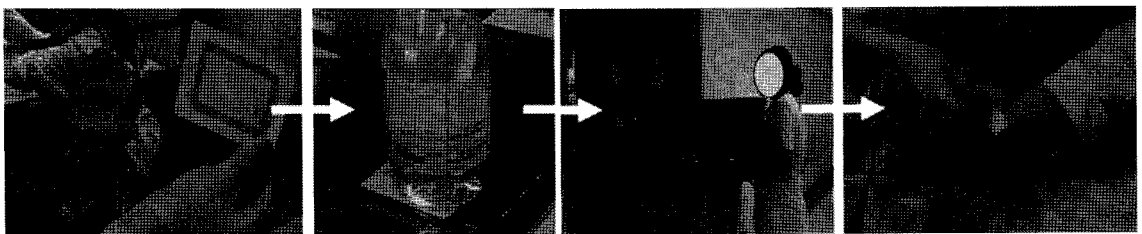


그림 3. RFID를 이용한 환자의 항암제 매칭 과정; (a) RFID 안테나 부착, (b) RFID부착된 항암제, (c) 항암제 이동, (d) 환자태그정보조회

Fig. 3. Anticancer drug matching with the patient using RFID; (a) attaching RFID antenna, (b) anticancer drug with RFID, (c) delivering anticancer drug, (d) matching patient's tag information.

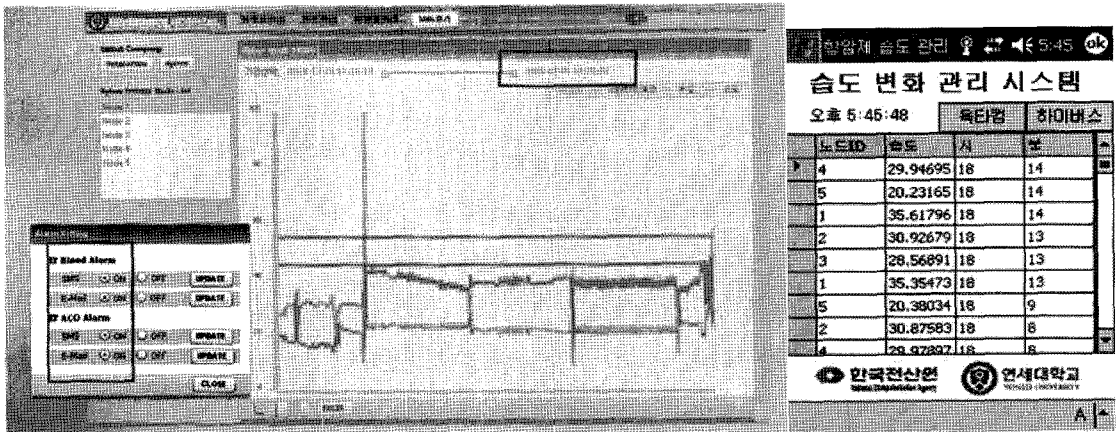


그림 4. 원격지 PC와 PDA에서의 온도와 습도 관리 프로그램
 Fig. 4. Temperature, Humidity management program at remote PC and PDA.

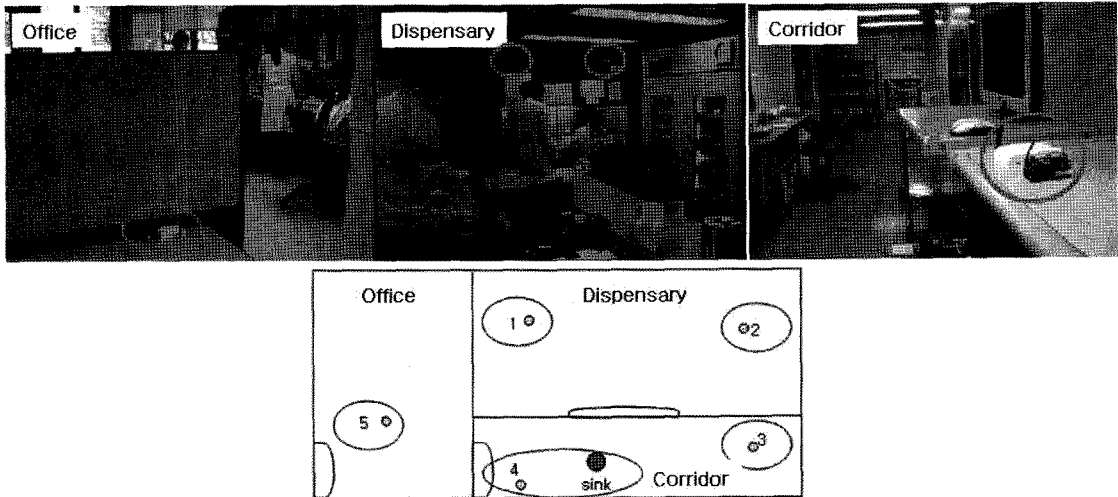


그림 5. 조제실에서 센서의 위치
 Fig. 5. Sensor location in the dispensary.

측정되었다. 예를 들어 0 m, 즉 바닥에 센서를 놓고 테스트한 결과 34.2 %의 습도, 22.5 °C의 온도를 나타내었고, 2 m 높이의 항암제 조제기(bench) 위에 놓고 테스트한 결과 40.2 %의 습도, 20.8 °C의 온도를 나타내었다. 항암제 조제실 내부의 환경은 근무시간 중 조제에 투입되는 인력의 움직임과 작은 공간 내에서의 공간 분리 벽 및 문으로 인해 센서 네트워크 구성에 장애가 많았다. 항암제 조제실 내, 외부 공간의 위치와 장애물 특성에 대한 통신 정도를 알아보기 위해 Fig. 5와 같이 5개의 센서를 위치 시켜서 실험을 하였다.

사무실과 복도 사이는 두께 5 cm가량의 콘크리트 벽과 방화문으로 구분되어있고, 복도와 항암제 조제실 사

이는 두께 3 cm가량의 임시벽으로 나뉘어져 있다. 사무실 및 복도 등 조제실 외부의 공기가 문을 여닫음으로 인해 조제실 내부에 유입됨을 고려하여 3개의 센서는 조제실 외부에 위치시켰다. 각 위치의 센서로부터 하루 동안 5분에 한 번씩 온, 습도 정보를 수신하여 위치별 온도와 습도 차이와 데이터 메시지의 수신율을 비교 하였다. 사람의 움직임이 잦아 전송의 방해 요인을 고려하여 근무 시간과 비근무 시간에 따른 차이도 알아보았다. Fig. 6과 Fig. 7은 조제실 내부, 복도, 외부 사무실 등에 위치한 센서마다 보이는 습도, 온도 차이를 나타낸 그래프이다.

습도가 45~55%로 유지되어야 하는 조제실 내부는

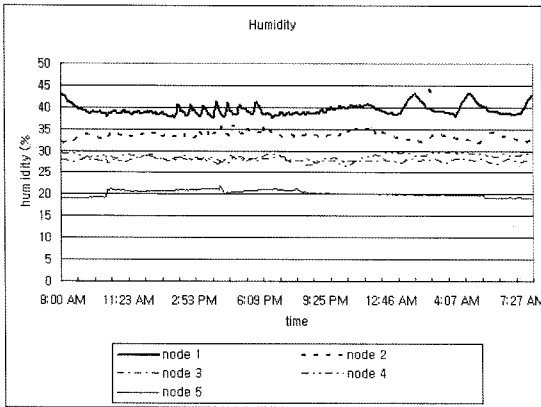


그림 6. 조제실에서 노드에 따른 하루 습도 변화
Fig. 6. Humidity for a day at each location in dispensary.

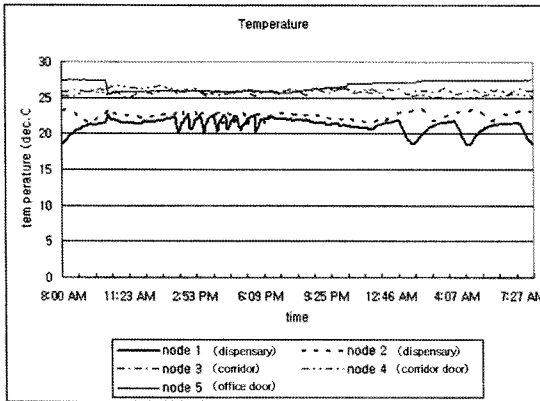


그림 7. 조제실에서 노드에 따른 하루 온도 변화
Fig. 7. Temperature for a day at each location in dispensary.

30~45 %에 그쳤고 복도 및 사무실은 온도, 습도를 유지시켜 주는 공제장치가 존재하지 않고 외부 공기가

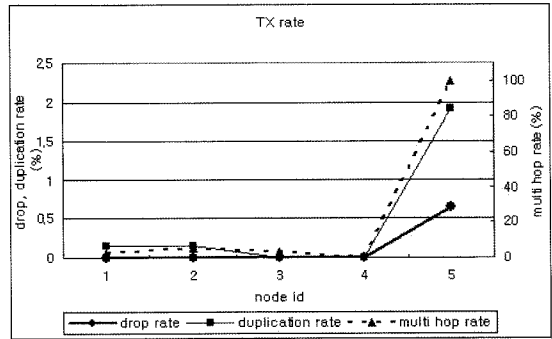


그림 8. 각 노드에 따른 전송량과 멀티 홉 전송률
Fig. 8. Transmission rate and multi hop occurrence rate for each node.

유입됨에 따라 현저히 낮은 습도를 기록했다. 각 노드마다 측정된 온도, 습도정보는 하나의 메시지로 패키징되어 수신부로 송신하는데 하루 동안 수집한 데이터 중 발생한 메시지 손실, 중복의 횟수를 기반으로 조제실 및 수신부가 위치한 복도에 있는 센서들은 0.5% 이내의 낮은 손실, 중복률을 나타내었고, 사무실에 위치한 5번 노드만이 0.6%, 2%로 조금 높은 손실, 중복률을 보였다. 센서노드는 수신부에게 데이터를 송신할 때 바로 연결되는데 이때 수신부와의 무선 통신 상태가 좋지 않아 통신장애가 발생하게 되면 다른 센서노드를 거쳐서 수신부와 연결하는 멀티 홉(multi-hop) 전송을 한다. 멀티 홉이 발생하는 경우는 1~4번 노드 중에서 유일하게 2번 노드에서 5%의 멀티 홉을 발생시켰다. 이는 2번 노드가 가장 사람의 이동이 많은 지역이나 통신방해물 근처에 배치되어 있었기 때문으로 판단된다. 5번 노드는 약 99.8%로 대부분의 데이터가 다른 노드를 거쳐서 가게 되며 이때 주로 거리상 가까운 4번 노드를 이용하게 됨을 알 수 있었다.

항암제 조제실 인력의 근무 시간은 오전 8시부터 오후

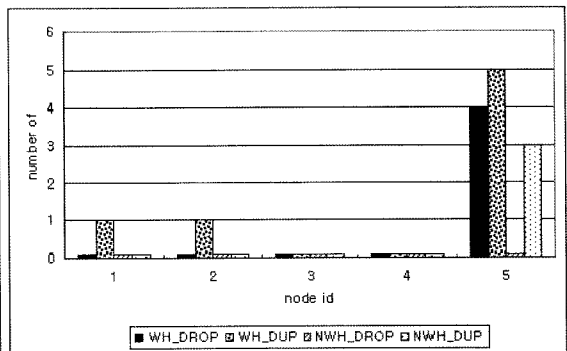
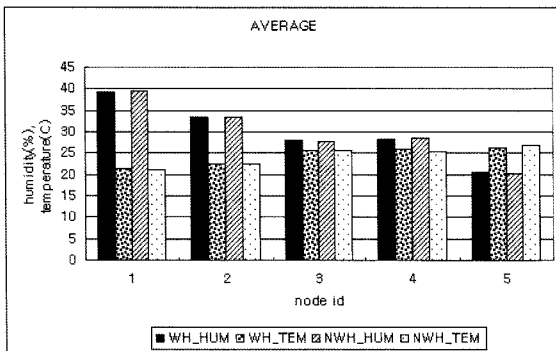


그림 9. (a) 평균 습도와 온도, (b) 일과 시간과 비일과 시간의 전송률
Fig. 9. (a) Average humidity and temperature, (b) transmission rate in working hour and non-working hour.

후 5시인데, 이때는 체온의 영향과 출입구의 잦은 여담음으로 인해 외부 공기가 유입 되어 온도, 습도의 변화가 많을 것으로 예상한 것과 달리 Fig. 9에서 보듯 근무/비근무 시간에 따른 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 반면에 사람의 움직임으로 인한 통신장애가 발생할 가능성이 커 메시지가 손실되거나 중복되는 현상은 근무시간에 더 많음을 확인할 수 있었다.

4. 결론 및 토의

양질의 항암제를 제조하여 효율적으로 관리하고 의료사고를 줄이기 위해 정확한 환자에게 공급함을 목적으로 하는 본 논문의 웹 기반 항암제 관리 시스템은 항암제 조제실의 온, 습도를 관리하는 센서네트워크와 환자 매칭 및 재고관리 등의 효율성을 위한 RFID 태그 기술을 도입하였다. 특히 항암제 조제실 내부는 항암제의 제조와 변질의 영향을 미치는 온도와 습도를 일정하게 유지하기 위해서 지속적인 모니터링을 요하기 때문에 하루 한 두번 디지털 온습도계를 눈으로 확인해 기록하는 기존의 단편적 온도, 습도 관리 시스템을 보완할 필요성이 있다. 습도가 45~55% 수준으로 유지되어야 하나 온도, 습도 유지관리를 위해 작동하는 공제장치로 인해 항암제 조제실 내부에서도 위치마다 온도와 습도가 다르고 외부 복도 및 사무실의 공기가 유입됨으로써 생기는 변화를 기존 시스템에서는 인식하기가 어려웠다. 그러나 온도와 습도의 수치 값이 벗어나면 시스템을 통해 SMS 메시지를 전송하여 경고하도록 하였다. 또한 조제 작업이 이루어지는 근무 시간과 비근무 시간에도 끊임없이 관리를 할 수 있게 하기 위해 센서네트워크를 활용하여 실시간, 지속적인 모니터링 시스템을 갖추었다. 데이터베이스 서버에 저장되는 실시간 데이터를 기반으로 항암제실 외부에서 지속적인 항암제실 관리로 인해 항암제 조제실의 온도와 습도가 급격히 변하는 상황에 대응할 수 있게 되었다. 안정된 환경에서 조제된 항암제를 정확한 환자에게 정확한 시기에 공급하기 위해 출고되는 항암제에 RFID 태그를 붙여 마지막 투여 전 환자 매칭을 보다 손쉽고 정확하게 하였고 제조된 상태로 보관 하던 항암제의 재고 관리 역시 수작업의 과정을 대폭 줄여줄 것으로 예상된다. 따라서 암환자에게 투여되는 항암제의 습도를 적정기준으로 유지하여 항암제의 안전성과 품질보장으로 효과적인 치료가 가능할 수 있다는 정성적 효과를 확인하였으며, 항암제의 정확한 온도와 습도를 실시간으로 관리해 주기 때문에 고가 항암제의 불필요한 폐기의 감소도 가능케 할 수 있다고 판단되었다. 위와 같

이 유비쿼터스 센서 네트워크와 RFID를 이용해 병원 내 웹 기반 항암제 관리 시스템을 구축하여 기존의 허술한 관리 체계 및 기록 장치를 대신하였다. 이로 인해 항암제실 관리의 효율성을 높이고 항암제 투여에 관한 신뢰성을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 그렇지만, 항암제의 조제 시에만 온도와 습도관리에 대한 실험연구가 진행되었는데, 이는 조제가 끝난 이후에는 항암제의 병을 밀봉하기 때문에 이송과정에서는 문제가 발생하지 않는다는 가정 하에 실험연구를 진행하였다. 그러나 투여 시 항암제의 개봉이 일어나게 되면, 조제할 때와 같은 조건이 되어야 하지만, 이에 대한 고려가 부족했던 한계점이 향후 연구되어야 할 부분이다. 또한 이 시스템을 장기간 운영하여 항암제의 변질 감소율과 환자에게 적정 항암제를 투여한 매칭율의 파악이 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2006년도 보건복지부지정 특정센터연구 지원 연구개발 사업 연구비에 의하여 연구되었음. (과제번호:A020608)

참고 문헌

- [1] Available at: <http://www.rfidjournal.com/> Accessed June 28, 2007.
- [2] The Republic of Korea, Ministry of Health and Welfare. *Annual report of Korean Cancer registration*. 2002;46-128.
- [3] The Republic of Korea, National Statistical Office. *Annual report of statistics of death causes*. 2002;78-133.
- [4] Available at: <http://www.cancer.go.kr/> Accessed January 22, 2006.
- [5] Heile B. Zigbee Alliance Tutorial: Zigbee Alliance;2005. pp. 125-134.
- [6] Marsden I. Zigbee Network Layer Overview. : Zigbee Alliance;2005. pp. 89-101.
- [7] Lee G. *Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*. : YoungJin. com; 2004. pp. 112-154.
- [8] Available at: <http://www.xbow.com/> Accessed December 18, 2005.
- [9] 이영동, 정환영, “유비쿼터스 헬스케어를 위한 센서 네트워크 기반의 심전도 및 체온 측정 시스템: 1.센서 네트워크 플랫폼 구축”, *센서학회지*, 제15권, 제5호, pp. 362-370, 2006.

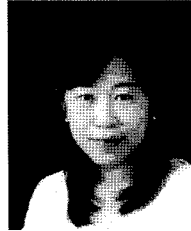
[10] 이대석, 정환영, “유비쿼터스 헬스케어에 위한 센서 네트워크 기반의 심전도 및 체온 측정 시스템: 2.생체신호 모니터링 소프트웨어 시스템”, *센서학회지*, 제15권, 제6호, pp. 417-424, 2006.

[11] 김수정, 유선국, 박정진, 서국진, 김현옥, 배하석, 장병철, “RFID와 USN을 이용한 혈액 온도관리 시스템의 설계”, *센서학회지*, 제15권, 제4호, pp. 291-296, 2006.



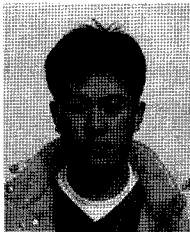
유 선 국(Yoo, Sun Kook)

- 1981년 연세대학교 전기공학과 학사
- 1985년 연세대학교 전기공학과 석사
- 1989년 연세대학교 전기공학과 박사
- 1998년~2000년 The University of Iowa, Department of Radiology, Visiting Associate
- 2002년~현재 연세대학교 의학공학교실 부교수
- 2002년~현재 이동형 응급의료 정보 시스템 개발 센터(보건복지부 지정) 소장
- 2003년~현재 대한PACS학회 편집이사
- 2005년~현재 연세의료원 의료정보부실장
- International Journal of Biomedical Imaging, Associate Editor.
- International Journal of Control, Automation, and Systems, Editor.



김 수 정(Kim, Soo Jung)

- 2004년 이화여자대학교 정보통신학과 학사
- 2006년 연세대학교 생체공학협동과정 석사



박 정 진(Park, Jung Jin)

- 2005년 연세대학교 의공학부 학사
- 2006년 연세대학교 정보대학원 석사



김 동 근(Kim, Dong Keun)

- 2000년 상명대학교 정보통신 학사
- 2003년 연세대학교 의료정보 석사
- 2008년 연세대학교 생체공학 박사
- 2008년~현재 연세대학교 의과대학 의학공학교실 강사

배 하 석(Bae, Ha Suk)

- 1992년 연세대학교 의과대학 학사
- 2002년 연세대학교 의과대학 석사
- 2005년 고려대학교 의과대학 박사
- 연세대학교 의과대학 재활의학교실 조교수
- 이화여자대학교 의과대학 재활의학교실 조교수

장 병 철(Chang, Byung Chul)

- 1977년 연세대학교 의과대학 학사
- 1981년 연세대학교 의과대학 석사
- 1991년 연세대학교 의과대학 박사
- 1988년~1989년 와싱턴의과대학, 미국 세인트루이스 연구원
- 1999년~현재 연세대학교 의과대학 흉부외과학교실 교수
- 2004년~현재 연세의료원 의료정보실장