

방사성 의약품 자동합성 장치용 RFID 시스템의 개발

정회원 김 명 식*, 김 광 수**

Development of RFID for Automatic Radiopharmaceuticals Preparation System

Myungsik Kim*, Kwangsoo Kim** *Regular Members*

요 약

본 논문은 양전자 단층 촬영 (Positron Emission Tomography - PET)용 방사성 의약품 자동합성 장치의 효율적 관리 및 시스템 효율 양상을 위한 RFID 시스템에 대하여 소개한다. 방사성 의약품 자동 합성 장치는 작업자의 방사능 피폭을 막기 위해 납으로 차폐된 Hot-cell 등의 독립된 공간에서 자동으로 방사성 의약품을 합성하는 장치로서 튜브와 밸브 등 방사능에 오염되는 부분은 1회용 카세트로 제작하여 합성 장치에 부착, 합성을 하게 된다. 이 때 네트워크 또는 데이터베이스의 오류에 의한 방사능 사고를 막기 위해 합성 장치를 제어하는 컴퓨터와는 독립적으로 카세트의 재사용을 방지하고, 카세트 내의 합성 정보를 관리할 수 있는 인식 시스템이 필요하다. RFID는 상대적으로 많은 정보의 저장 및 재작성이 가능하기 때문에 이러한 목적에 적합하지만 현재의 RFID 시스템으로는 금속으로 된 합성 장치에 부착하여 복수의 카세트를 동시에 인식하기에는 어려움이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 직렬 연결 (Daisy Chain)이 가능한 RFID 시스템 및 금속면에서 성능 저하를 최소화할 수 있는 안테나 시스템을 개발하였다. 개선한 시스템을 금속면에 적용하여 테스트한 결과 성공적으로 복수의 카세트 정보를 취득하고, Tag 정보의 재작성이 가능한 것을 확인할 수 있었다.

Key Words : RFID, Daisy chain, 안테나 케이스, 방사성 의약품 합성 장치, PET

ABSTRACT

In this paper, an RFID system for the automatic preparation system of positron emission tomography (PET) radiopharmaceuticals is developed. Since the preparation system uses radioactive isotope, the preparation system is generally placed in lead-shielded hot-cell. Disposable cassettes including tubes and valves are used in the preparation system, since they are easily contaminated by radioactivity during preparation of radiopharmaceuticals. Currently, a system for preventing re-use of the cassette and managing the information about the preparation process and result independently from the PC which control the preparation system is highly required for preventing danger from the radiation accident. Since RFID can store and re-write relatively large amount of information, it is suitable for the purpose. However, it is hard to read multiple cassettes' information using antennas installed on the metallic surfaces with current RFID systems. For the problem, we improve RFID system in two directions. First, the interface of the RFID reader is changed then it is possible that multiple readers can be daisy-chained. Also, antenna is tuned while inserting in a metallic coated antenna case, then the effect from the metallic surface of the preparation system is minimized. The test result using the developed system shows that the developed RFID system can read multiple tags using the antennas which are attached on the metallic surface.

※ 이 논문은 2011년도 교육과학기술부의 재원으로 첨단의료기기사업본부-신기술융합형 성장동력사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (2011K000706)

* 서강대학교 미래기술연구원(reoreo93@gmail.com), ** 서강대학교 전자공학과(kimks@sogang.ac.kr), (° : 교신저자)
논문번호 : KICS2011-10-480, 접수일자 : 2011년 10월 18일, 최종논문접수일자 : 2012년 5월 4일

I. 서 론

방사성 의약품 합성 장치는 양전자 단층 촬영(PET)에 사용되는 방사성 의약품을 사용자의 개입 없이 자동으로 합성하는 장치로서 사용자의 피폭을 막기 위한 세심한 관리가 필요하다. 현재 개발 중인 장비는 합성시 사용하는 밸브 및 튜브를 카세트 타입으로 제작하여 합성 후 폐기하는 것을 통해 장비의 오염 및 잔류 방사능에 의한 사용자의 영향을 최소화하고 있다^{1,2}. 하지만 모든 제어 정보 및 합성 결과는 장비를 설치하는 Hot-Cell 외부에서 제어하는 컴퓨터를 이용하여 관리하기 때문에 네트워크 또는 내부 데이터베이스의 오류 발생시 정상적인 장비 운용이 어려울 뿐만 아니라 결과물인 의약품에 대한 정보 부족으로 합성시의 비싼 비용에도 불구하고 폐기해야 하는 문제 및 카세트 재사용의 위험이 있다. 이러한 문제를 위해 독립적으로 카세트 및 합성 정보를 관리를 위한 시스템이 필요하다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 RFID를 이용한 카세트 정보 관리 및 제어 시스템을 제안한다. RFID는 RF 전파를 이용하여 복수의 Tag 정보를 비접촉식으로 취득할 수 있는 인식 수단으로 기존의 Auto-ID 시스템에 비해 상대적으로 많은 정보의 전달 및 재작성이 가능한 장점이 있다³. 카세트에 부착한 Tag에 입력된 제어 정보를 리더를 통해 인식하여 합성을 수행하고, 모든 과정 및 결과 정보를 다시 Tag에 입력하는 것을 통해 독립적으로 장비 제어 및 결과 관리가 가능하다. 하지만 금속으로 된 합성 장치에 RFID 시스템을 적용하는 경우 금속면의 영향으로 인식 성능이 저하되는 문제^{4,5}가 있고 복수의 카세트를 동시에 운용하는 현재의 합성 장치 특성상 여러 개의 리더의 제어가 필요하지만 논리 연산 장치(Programmable Logic Controller - PLC)를 주제어 장치로 쓰는 합성 장치에 리더를 위한 인터페이스 증설하여 데이터 통신 선로를 구축하는 데 어려움이 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 두 가지 방향으로 RFID 시스템을 개선하였다. 먼저 복수의 리더 제어를 위한 직렬 연결이 가능한 RFID 리더를 개발하였다. 개발한 리더는 HF 대역을 사용하는 RFID 시스템을 기반으로 RS485 통신 인터페이스를 적용하여 하나의 인터페이스에 직렬로 리더들을 연결, 복수 리더 제어가 가능하도록 하였다. 두 번째로는 리더 안테나를 개선하였다. 금속으로 코팅된 안테나 케이스를 적용한 상태에서 13.56 MHz 대역에서 충분한

에너지를 전달할 수 있게 안테나를 튜닝함으로써 합성 장치의 금속면의 영향으로 인한 인식 성능 저하를 최소화하였다. 개발한 리더 및 안테나를 금속면에 적용하여 테스트한 결과는 복수의 카세트에 부착된 Tag 정보를 효과적으로 읽고 쓰는 것이 가능하다는 것을 보여준다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2 장에서는 본 연구의 배경이 된 양전자 단층 촬영을 위한 자동 합성 장치에 대한 소개 및 요구 사항에 대해 설명한다. 3 장은 RFID를 이용한 정보 관리 시스템 및 자동 합성 장치에 적용할 경우의 문제점을 소개하고, 4 장에서는 개발한 RFID 및 안테나를 소개한다. 5 장에서는 Tag 인식 성능 테스트 결과를 보여준다. 마지막으로 6 장에서는 결론을 맺는다.

II. 배경 - 방사성 의약품 자동 합성 시스템

양전자 단층 촬영은 양전자를 방출하는 방사성 의약품을 이용하여 인체의 생화학적 변화를 관측하는 핵의학 검사방법 중의 하나로 이상 세포가 특정 이상의 크기가 되어야 판별이 가능한 기존의 컴퓨터 단층 촬영(Computed Tomography, CT)이나 자기 공명 영상(Magnetic Resonance Imaging, MRI)과는 달리 특정 세포 조직으로 유도되는 유도체에 합성한 추적자인(Tracer) 방사성 물질을 관측하는 것을 통해 소량의 이상세포도 감지가 가능하고, 알츠하이머와 같이 조기 진단의 어려움이 있었던 병종의 진단에 활용이 가능하여 각광받고 있다^{6,7}.

방사성 의약품 사용시 피폭을 최소화하기 위해 약 120분의 반감기를 갖는 F-18과 같은 반감기가 짧은 동위원소를 사용하기 때문에 다른 의약품과는 달리 장기 보관이 불가능하여 합성에서 사용까지 빠른 시간에 이루어져야 한다. 또한 의약품 합성시 방사성 물질에 의한 오염의 위험이 있기 때문에 방사선을 차폐하는 Hot-Cell 등의 독립된 공간에서 사용자의 직접적인 개입 없이 자동으로 합성, 정제, 제제, 분류를 할 수 있는 자동 합성 장치가 필요하다. 이를 위해 현재 고수율로 빠른 합성을 할 수 있는 자동 합성 장치에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다^{1,2}.

그림 1은 현재 개발 중인 자동 합성 장치를 보여준다. 합성 순서에 따라 각종 용액의 주입, 가열, 건조, 혼합 과정을 거쳐 방사성 의약품을 합성한다. 이 때 용액이 흐르는 튜브와 흐름을 제어하는 밸브 등 오염되는 부분은 1회용 카세트 타입으로 제작하



그림 1. 개발 중인 자동 합성 장치 및 안테나 설치 위치
Fig. 1. Image of the developing automatic preparation system and disposable cassettes installation positions

여 사용 후 폐기한다. 오른쪽 그림의 빨간 점은 카세트를 설치하는 위치로 6 개의 1회용 카세트를 설치하여 의약품을 합성한다. 유저는 Hot-Cell 외부의 제어용 PC를 이용하여 합성 장치의 제어 및 합성 결과의 확인이 가능하다. 하지만 합성 장치와 제어용 PC와의 인터페이스 또는 PC 내부 데이터베이스의 오류가 발생하는 경우 정상적인 합성을 수행할 수 없고, 합성 결과물에 대한 신뢰도가 떨어지며, 카세트가 재사용되는 등의 문제가 발생할 위험이 있다. 또한 모든 정보 확인을 위해서는 제어용 PC에 연결해야 하지만 병원 등과 같은 제한된 환경에서 장비 운용을 위해 네트워크 구축을 해야 하는 부담이 있다. 그러므로 제어용 PC 또는 네트워크망으로부터 독립적으로 카세트 및 합성 정보를 관리할 수 있는 시스템이 필요하다.

III. RFID를 이용한 정보 관리 시스템 및 문제점

3.1. RFID를 이용한 정보 관리 시스템 개요

본 논문은 비접촉식 Auto-ID 시스템인 RFID를 이용한 카세트 관리 및 제어 시스템을 제안한다. RFID는 RF 전파를 이용하여 비접촉식으로 복수의 Tag 정보를 전달할 수 있는 인식 수단으로 인쇄 패턴 내의 고정된 ID를 사용하는 바코드와는 달리 저장 정보의 재작성이 가능하기 때문에 정보 전달 및 결과 저장이 가능하다³⁾. 그림 2는 제안한 시스템을 적용한 자동 합성 장치의 데이터 흐름을 보여준다. 카세트에 부착한 RFID Tag에 합성을 위한 제어 정보를 입력하고, 자동 합성 장치는 카세트 장착시

RFID 리더를 이용하여 인식한 정보에 따라 합성을 수행한다. 각 합성 단계 및 최종 결과를 다시 리더로 전달 Tag에 기록한다. 모든 제어 정보 및 결과 기록은 카세트에 부착된 Tag를 통해 이루어지기 때문에 중앙 제어 장치 연동 없이 독립적으로 정보 관리가 가능하고, 리더를 이용하여 간단하게 카세트 사용 정보를 알 수 있어 재사용의 위험을 방지할 수 있다.

제안한 시스템은 13.56 MHz의 HF 대역의 RFID 시스템을 기반으로 개발하였다. 표 1은 다양한 RFID 시스템의 차이점을 보여준다. 자동 합성 장치에 사용하기 위해서는 물리적으로 떨어져 있는 복수의 카세트에 부착된 Tag를 신뢰성 있게 동시에 인식하는 것이 필요하다. 또한 1회용 카세트에 부착하여 사용 후 폐기하는 시스템의 특성상 비용 문제를 고려할 필요가 있기 때문에 Passive Type의 RFID가 적당하다.

UHF 대역의 RFID 시스템은 최대 5 미터 정도의 원거리에서 복수의 Tag를 동시에 인식하는 것이 가능하기 때문에 자동 합성 장치 전면에 리더 안테나를 설치하여 카세트를 인식하는 것이 가능하다. 하지만 실제 자동 합성 장치가 운용되는 Hot-Cell 내부에 안테나 설치를 위한 공간을 확보해야 하고, 신뢰도 향상을 위해서는 장비 설치시의 튜닝이 필요하며, 장비 운용시 전면에 설치한 안테나가 방해가 되는 문제가 있다. 이러한 이유로 본 연구에서는 HF 대역의 RFID 시스템을 이용하여 복수의 리더를 이용, 근거리에서 각각의 카세트를 인식하는 방향으로 RFID 시스템을 개발하였다.

3.2. RFID 시스템 적용시 문제점

개발한 시스템은 카세트 부착 위치 후면에 RFID 리더 안테나를 설치하여 카세트 부착시 Tag를 인식

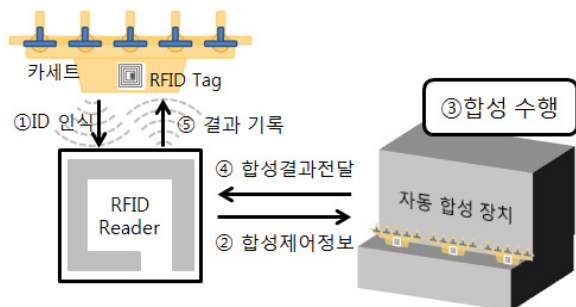


그림 2. 개발 중인 자동 합성 장치 및 안테나 설치 위치 개발한 RFID를 적용한 자동 합성 장치의 데이터 흐름
Fig. 2. Data-flow in the automatic preparation system employing developed RFID system

표 1. 다양한 RFID의 비교

Table 1. Comparison between various RFID systems

구분	RFID		
	Active	Passive	
		HF	UHF
인식방법	무선통신 이용, 비접촉식		
인식거리	0 - 수백 m	0 - 60 cm	0 - 5 m
장점	긴 인식거리 큰 데이터 용량	싼 가격	상대적으로 먼 인식 거리
단점	배터리 채용 비싼 가격	짧은 인식 거리 작은 데이터 용량	HF 방식보다 비싼 가격

한다. 하지만 금속으로 된 합성 장치에 리더 안테나를 적용하는 경우 금속면에 의한 영향으로 인식 성능이 저하되는 문제가 있다. 또한 각각의 카세트가 부착되는 합성 단계에 따른 위치 주변 조건이 다르기 때문에 주변물에 의한 영향 또한 달라 외부 영향에 강인하게 전파를 송수신 할 수 있는 안테나가 필요하다.

그리고 6 개의 카세트를 인식하기 위해서는 같은 수의 리더의 운용이 필요하다. 하지만 현재 자동 합성 장치는 제어의 신뢰성 확보를 위해 논리 연산 장치 (PLC)를 이용하여 제어하고 있어 비용 및 Hot-Cell 공간을 고려하여 크기를 최소화해야 하는 자동 합성 장치 내부 공간 확보 문제로 복수의 리더를 제어하기 위한 인터페이스 증설을 통한 데이터 통신 선로 구축에 어려움이 있다.

IV. 카세트 정보 관리를 위한 RFID 시스템

4.1. 금속면 부착 가능 리더 안테나 시스템 개발

제안한 시스템은 RFID를 이용한 것으로 자동 합성 장치의 금속면의 일부에 사각형의 공동을 만든 후 안테나를 삽입하고 그 위에 Tag가 부착된 카세트를 부착하여 Tag 정보를 취득, 카세트의 합성 및 결과 정보를 관리한다. 이 때 안테나가 부착되는 곳은 금속면으로 일반적으로 RFID 리더 안테나와 Tag 간의 통신시 금속면에서의 전파의 반사 등 환경 영향에 의해 RFID 인식 성능이 저하되는 문제가 있기 때문에 인식 신뢰도 확보를 위한 안테나 시스템의 개발이 필요하다.

또한 Tag와 리더 안테나의 설치 가능 공간도 고려해야 한다. 그림 3은 Tag 및 안테나가 설치되는 카세트와 자동 합성 장치를 보여준다. 그림에서 보

이는 것과 같이 카세트 하부의 Tag 부착 부분과 안테나를 설치하는 카세트 부착부의 폭은 각각 1.7 cm, 2.5 cm로 그 이하 크기의 Tag와 안테나가 필요하다. 그림 3의 상부의 흰색 라벨은 카세트에 적용 가능한 1.4 × 3.0 cm 크기의 소형 상용 RFID Tag이다. 일반적으로 전파의 송수신에서 안테나 감도는 안테나의 크기에 영향을 받아 면적이 작을수록 작아진다. 그러므로 금속면에서도 영향을 최소화 하면서 작은 크기의 Tag를 인식하기 위해 최대한 높은 감도로 가지는 방향으로 리더 안테나를 개선하였다.

그림 4는 개선한 안테나 및 안테나 특성을 보여준다. 금속으로 코팅된 안테나 케이스를 제작한 후 안테나 케이스에 안테나를 삽입한 상태에서 튜닝하였다. 그림 3에서 보이는 것과 같이 안테나 부착이 가능한 금속면 폭이 2.5 cm 이기 때문에 그 이하의 크기로 안테나 케이스 및 안테나를 제작하였다. 안테나는 루프 형태로 케이스 두께를 고려, 1.9 × 4.3 cm로 제작하였고 뒷면에 저항과 콘덴서 소자를 이용하여 주파수 세부 튜닝을 하였다. 케이스는 2.1 × 4.5 cm 사이즈로 PC 재질로 제작 후 옆면과 뒷면은 금속으로 코팅하였다. 케이스는 부착면의 깊이를 고려하여 1 cm 와 1.5 cm 두 가지로 제작하였고, 각각의 안테나 케이스에 삽입시 13.56 MHz에서 최소 - 3 dB 이하 (50 % 이상의 에너지 방사)의 S11 (반사율) 값이 나오도록 튜닝하였다. 각 안테나 케이스에 적용시의 안테나의 특성은 그림 4의

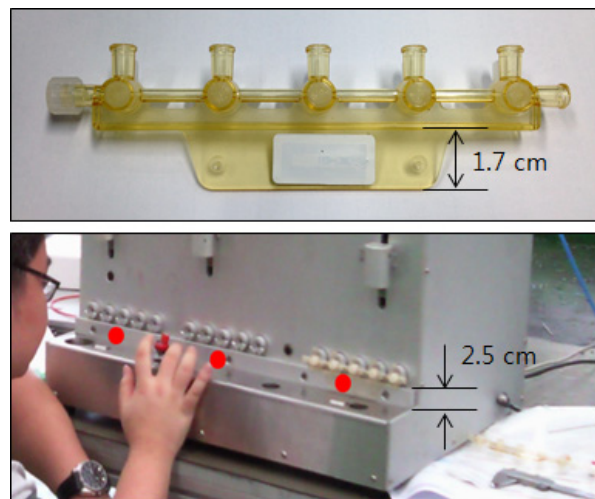


그림 3. RFID 시스템 설치 장소 크기 (위) 카세트의 Tag 부착부, (아래) 자동 합성 장치의 리더 안테나 부착부
Fig. 3. Available space for installing the RFID system (upper) Tag attachment space in the cassette, (lower) Reader antenna installation space in the automatic preparation system

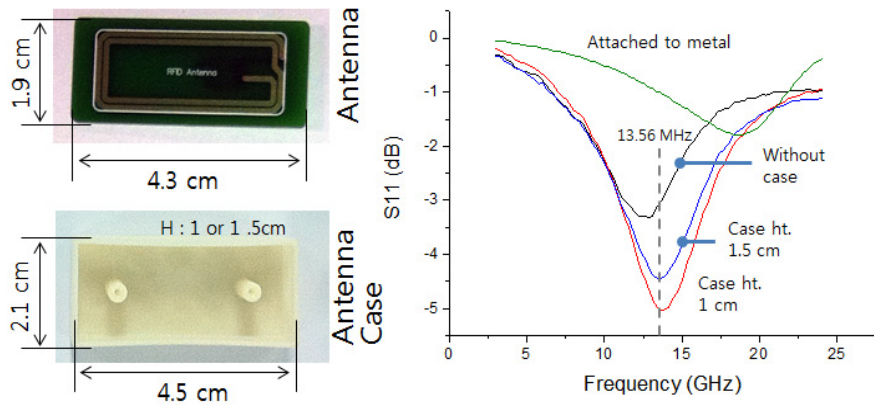


그림 4. RFID 안테나 및 안테나 케이스 적용시 특성
 Fig. 4. RFID antenna and its reflection coefficient with antenna case

오른쪽에 나타나있다. 금속면이 다가올수록 주파수가 높은 영역으로 이동하는 것을 확인할 수 있다. 안테나 케이스의 높이가 낮아져 금속면이 가까울수록 뒷면에서의 반사 효과가 커지기 때문에 반사율 특성은 향상되는 것을 볼 수 있다. 맨 위에 있는 녹색 선은 금속면에 안테나를 바로 적용한 경우를 확인하기 위해 안테나 후면에 금속 테이프를 붙인 경우의 특성으로 공진 영역이 20 MHz 대역에 가깝게 이동하여 13.56 MHz 대역에서의 특성은 크게 나빠지는 것을 볼 수 있다. 두 가지 케이스에 대해 -4 dB 이하로 튜닝 조건을 만족하였다.

4.2. 직렬 연결이 가능한 RFID 리더의 개발

자동 합성 장치에 적용하기 위해서는 복수의 카세트의 인식을 위한 같은 수의 리더를 제어 할 수 있는 RFID 시스템이 필요하다. 충분한 인터페이스 확보가 가능한 경우에는 각각의 리더를 독립적으로 제어, 운용하는 방식이 가장 간단하다^[8]. 하지만 이러한 방식은 필요한 리더의 수만큼의 인터페이스를 요구하기 때문에 리더가 증가하는 경우 인터페이스 확보에 어려움이 있다 특히 자동 합성 장치를 제어하는 논리 연산 장치 (PLC)의 경우 인터페이스 증설 비용이 비싸고, 공간 확보를 필요로 하기 때문에 Hot-Cell 설치를 위해 크기를 최소화해야 하는 자동 합성 장치의 경우에 적용하기에는 적합하지 않다.

두 번째 방법으로 Wi-Fi, Zigbee, 또는 USN (Ubiquitous Sensor Network)와 같은 무선 통신을 이용, 리더간의 무선 네트워크를 구축하여 정보를 전달하는 시스템도 개발 중에 있다^{9,10}. 무선을 사용하여 따로 데이터 선로를 구축하지 않아도 원거리에서 정보를 전달하는 것이 가능하고, 네트워크에

추가하는 것만으로 리더 증설에 대응할 수 있어 간편하다. 하지만 금속으로 둘러싸인 자동 합성 장치 내부의 좁은 공간에서 무선 통신을 쓰는 것은 효율성이 떨어지고 합성 장치 내부의 다른 장치에 영향을 줄 가능성이 있다.

본 논문에서는 HF 대역 RFID 리더에 주로 사용되는 기존의 RS232 인터페이스를 RS485 인터페이스로 변경, 직렬 연결이 가능한 RFID 리더를 개발하였다. 표 2는 RS232 와 RS485 인터페이스의 차이를 보여준다. RS485 인터페이스의 경우 긴 통신 거리의 장점도 있지만 Daisy Chain으로 복수의 리더를 직렬로 연결 가능하다는 장점이 있다. 리더 수만큼의 인터페이스의 증설을 요구하는 RS232 인터페이스와는 달리 RS485 인터페이스를 채용하고, 각각 ID로 구분된 복수의 리더를 직렬로 연결하면 각 ID로 명령을 보내는 것을 통해 복수의 리더의 연결 및 제어가 가능하다.

그림 5는 개발한 리더 및 중앙 제어 모듈을 보여준다. 그림 5 좌측은 개발한 리더를, 우측은 리더 제어를 위한 중앙 제어 모듈을 보여준다.

표 2. 다양한 RFID의 비교. RS232와 RS485 인터페이스 비교
 Table 2. Comparison between RS232 and RS485 interface

구분	RS232	RS485
동작모드	Single-Ended	Differential
Receiver수	1 Receiver / 1 Driver	32 Receivers (Max 256) / 1 Driver
최대 거리	15 m	1.2 km
최고 속도	20 Kb/s	10 Mb/s
지원 전송 방식	Full Duplex	Half Duplex

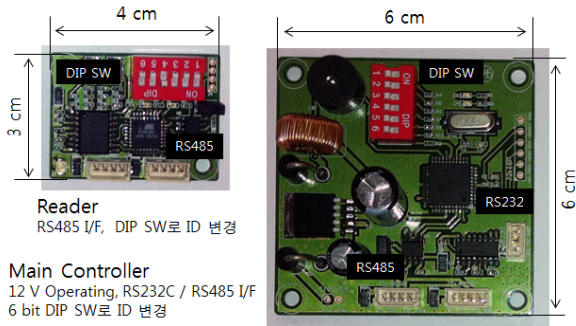


그림 5. 개발한 중앙 제어 모듈(좌)과 RFID 리더(우)
 Fig. 5. Snapshot of developed main controller(left) and RFID reader(right)

중앙 제어 모듈은 리더 적용시의 편의성을 고려하여 개발하였다. RS485와 RS232 인터페이스를 동시에 갖춰 가장 일반적인 인터페이스인 RS232를 통해 Application Target - 본 연구에서는 자동 합성 장치 - 로부터 제어 정보를 받아 RS485 인터페이스를 통해 각 리더를 제어할 수 있도록 하였다. 중앙 제어 모듈을 통해 리더를 제어함으로써 자동 합성 장치의 제어 프로세스 및 프로토콜의 변경시 모든 리더의 펌웨어 변경 없이 간단하게 중앙 제어 모듈만 변경하여 대응이 가능하도록 하여 편의성을 확보하였다.

리더 설치시 ID의 구분은 리더에 설치된 DIP 스위치를 통해 이루어진다. 그림에 나타난 바와 같이 중앙 제어 모듈과 리더에 6bit의 DIP 스위치를 장착하여 각 bit의 On/Off 에 따라 최대 64 가지의 ID로 구분할 수 있도록 하였다. 실제 중앙 제어 모듈에도 ID를 부여하였기 때문에 중앙 제어 모듈의 ID를 제외하고 63 개의 리더의 연결 및 구분이 가능하다. 각각의 리더로의 전원 공급은 중앙 제어 모듈로 공급된 12 V로부터 Daisy Chain을 통해 이루어

어지게 하여 따로 전원부의 배선을 하지 않아도 작동할 수 있도록 하였다.

그림 6은 개선한 리더를 통한 장비와의 연결도를 보여준다. 기존의 방식의 경우 PLC의 RS232C 인터페이스 선로 증설의 한계로 장비 제어용 PC에 RFID를 연결한 후 취득한 데이터를 자동 합성 장치의 PLC로 전달하는 식으로 데이터 관리를 하였다. PLC에서 카세트 정보가 필요한 경우 장비 제어용 PC를 거치기 때문에 제어 알고리즘이 복잡해지고 PC와의 통신에 문제가 생기는 경우 모든 작업이 중지되는 문제가 있다.

개선한 장비의 경우 중앙 제어 모듈을 통해 Daisy chain으로 복수의 리더를 연결, 제어하는 것이 가능하다. 1개의 RS232C 인터페이스로도 모든 리더 제어가 가능해짐으로써 자동 합성 장치에 직접 중앙 제어 모듈을 연결하여 장비 제어용 PC와의 통신에 문제가 발생하는 경우에도 독립적으로 취득한 RFID Tag 정보에 따라 의약품의 합성 및 합성 결과의 유지 관리가 가능해졌다.

표 3은 복수 리더 운용을 위한 방식간의 비교를 보여준다. 제안한 방식은 다른 방식에 비해 리더 증설이 간편하고, 유선 방식으로 높은 신뢰성이 있는 장점이 있다. 리더 연결시 유선 데이터 선로 구축이 필요하지만 개발한 시스템은 자동 합성 장치 내부에서 운용하기 때문에 큰 문제가 되지는 않는다.

V. 실험 결과

개발한 시스템의 인식 신뢰성 확인을 위해 금속면에 리더 안테나 적용 후 인식 테스트를 진행하였다. 먼저 제작한 리더의 통신 상태를 확인하기 위한 실험을 진행하였다. 7 개의 리더 ID를 Dip 스위치

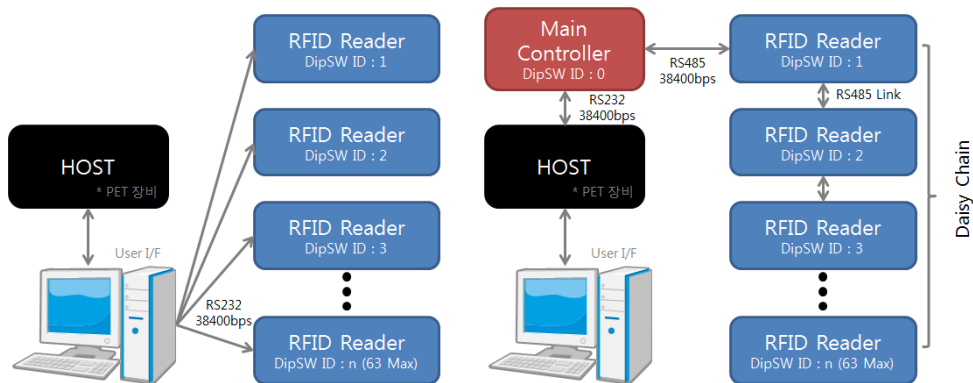


그림 6. 자동 합성 장치와 RFID 간의 데이터 선로 연결 비교
 Fig. 6. Comparison between data linkage between preparation system and RFID

표 3. 복수 리더 제어 방법들간의 비교
Table 3. Comparison between multiple reader control methods

구분	1:1 통신 ^[8]	무선 통신 네트워크 ^[9,10]	제안한 방법
방식	각각의 리더에 연결하여 독립적으로 제어	리더에 무선 통신 모듈 부착하여 리더간의 네트워크 구성	직렬연결 이용하여 복수 리더 단일 인터페이스로 제어
장점	높은 신뢰성 기존 리더 변경 없이 적용 가능	원거리에서 리더 제어 가능 구성시 데이터 선로 구축 불필요	유선 방식으로 높은 신뢰도 리더 추가시 데이터 선로 증설 불필요
단점	리더수 만큼의 인터페이스 필요	무선 통신 채용으로 낮은 신뢰성	리더간 데이터 선로 구축 필요

를 이용하여 00부터 07까지 설정한 후 직렬 연결하여 리더 연결 및 Tag 인식 가능 여부를 테스트한 결과 성공적으로 각 리더가 제어 가능함을 알 수 있었다. 또한 스위치 조작을 통해 리더 ID가 바뀌는 것을 확인할 수 있었다.

인식 가능 거리 테스트 결과는 그림 7에 나타나 있다. 카세트에 부착된 Tag를 수직 베이스에 부착 후 하단에 Tag에 수평으로 놓인 다양한 조건의 안테나에 대해 거리를 바꿔가면서 ID 인식 여부를 확인하였다. 케이스가 없는 경우 약 18 mm까지 인식이 가능하지만 금속면에 안테나를 부착한 경우 6 mm 정도로 급격히 인식 거리가 짧아진다. 케이스를 적용하는 경우 안테나의 감도가 상승하여 높이 1.5 cm 의 케이스를 적용하는 경우 약 25 mm로 높아지고, 1 cm 케이스의 경우 29 mm의 최대의 인식 거리를 보이는 것을 알 수 있다.

장치에 사용 가능한 RFID 시스템을 개발하였다. 현재 개발된 자동 합성 장치에 사용되는 복수의 카세트의 효율적인 인식을 위해 직렬연결이 가능하도록 RFID 리더의 외부 인터페이스를 개선하였고, 중앙 제어 모듈을 통해 제어가 가능하도록 하여 자동 합성 장치의 제어 프로세스의 변경에도 리더의 펌웨어 변경 없이도 쉽게 대응 가능하도록 하였다. 또한 금속면에서의 성능 저하를 막기 위해 금속으로 코팅된 안테나 케이스의 개발 및 안테나 케이스에 적용한 상태로 안테나를 튜닝하여 합성 장치의 금속면에서도 일정한 인식 성능이 유지될 수 있도록 하였다. 본 논문을 통해 개발한 RFID 시스템은 금속으로 둘러싸인 공간 등 환경의 제약이 있고, 인터페이스나 제어 프로그램의 변경이 어려운 기존의 시스템에 적용, 복수의 대상을 인식하는데 유용한 수단을 제공한다.

VI. 결 론

References

본 논문에서는 PET용 방사성 의약품 자동 합성

[1] C. Lee, E. Heo, D. Kim, L. Tijng, and D. Kim, " An Efficient Process Control System for Radioactive Pharmaceutical Composition Equipment," *Int. Conf. on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*, pp.197-205, 2011.

[2] C. Lee, E. Heo, J. Kin, and D. Kim, " The Automatical Process Map Generation Using Network Representation In Radiopharmaceutical Synthesis," *IE Interfaces*, 24(2), pp.156-163, 2011.

[3] K. Finkenzeller, "RFID Handbook : Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification," *John Wiley & Sons Ltd.*, 2003.

[4] M. Kim, B. Song, D. Ju, E. Choi, and B. Cho,

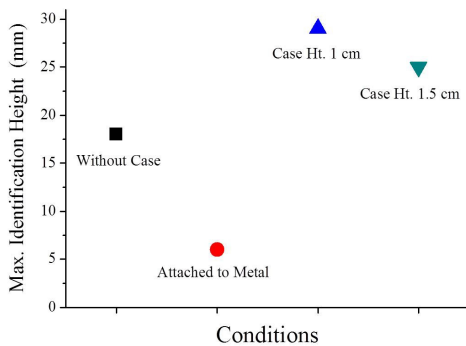


그림 7. 개발한 RFID 시스템의 최대 인식 거리 실험 결과
Fig. 7. Experiment results about maximum tag identification height of the developed RFID system

“Development of Metallic Coil Identification System based on RFID,” in *Radio Frequency Identification Fundamentals and Applications Design Methods and Solutions*, INTECH, pp.197-214, 2010.

- [5] C. Cho, H. Choo, and I. Park, “Design of Planar RFID Tag Antenna for Metallic Objects,” *Electronics Letters*, 5(3), pp.175-177, 2008.
- [6] G. Brix, U Lechel, G Glating, SI Ziegler, W Münzing, SP Müller and T Beyer, “Radiation Exposure of Patients Undergoing Whole-Body Dual-Modality 18F-FDG PET/CT Examinations,” *The Journal of Nuclear Medicine*, 46, pp. 608-613, 2005.
- [7] K. Gina. “Promise Seen for Detection of Alzheimer’s,” *The New York Times*, June 23, 2010.
- [8] L. C. R. Zai and X, Zang, “Method and System of Using a RFID Reader Network to Provide a Large Operating Area,” U.S. Patent, 0088284 A1, 2005.
- [9] K. Kim, K. Ban, S. Heo, and E. Kim, “Design and Implementation of System for Sensing Data Collection in RFID/USN,” *The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, 5(2), pp.221-226, 2010.
- [10] L. Ho, M. Moh, Z. Walker, T. Hamade, and C. F. Su, “A Prototype on RFID and Sensor Networks for Elder Healthcare: Progress Report,” *Proceedings of the 2005 ACM SIGCOMM workshop on Experimental approaches to wireless network design and analysis*, pp. 70-75, 2005.

김 명 식 (Myungsik Kim)

정회원



2001년 2월 서강대학교 물리학과 졸업
 2003년 2월 서강대학교 물리학과 석사
 2007년 6월 JAIST 정보과학과 정보시스템학 박사
 2008년~2009년 UGII 선임연

구원

2010년~현재 서강대학교 미래기술연구원 연구교수
 <관심분야> RFID/USN, 이동 로봇 제어

김 광 수 (Kwangsoo Kim)

정회원



1981년 2월 서강대학교 전자공학과 졸업
 1983년 2월 서강대학교 전자공학과 석사
 1992년 2월 서강대학교 전자공학과 박사
 1993년~1997년 한국전자통신

연구원 책임연구원

1998년~2005년 정보통신연구진흥원 책임연구원
 2005년~2008년 대구경북과학기술원 책임연구원
 2008년~현재 서강대학교 전자공학과 부교수
 <관심분야> 지능형 센서 및 센서 네트워크