

RFID를 이용한 방사성물질 통합관리시스템 개발

최성수, 이경호, 한병섭, 문철웅*, 김병태*, 임관석*

(주)엑트, 대전시 대덕구 신일동 1688-5 벤처타운 장영실관 407호

*선광원자력안전(주), 대전시 대덕구 신일동 1696-4

khlee@actbest.com

방사선에 대한 방호·안전관리 기술은 국가적 차원에서 갖추어야 할 필수적인 기술이며, 방사선 이용은 국내·외적으로 거의 모든 분야의 생산 공정에 이미 깊이 침투되어 있다. 현재 산업계에서 방사성물질 사용이 증가하고 있으며 원자력발전소에서의 방사성폐기물의 누적 발생도 증가하여 이에 따른 관리 비용이 커지고 있고, 관련 기술 추이로 볼 때, 조만간 무선식별 기술의 원자력분야에서의 적용은 불가피한 것으로 보인다.

무선식별 기술 및 시스템의 국산화 개발에 있어, 특히 방사성물질의 위치 추적 및 이력관리 시스템의 국산화는 국가 전반의 방사선안전관리분야 효율증대, 방사성동위원소 이용분야의 발전 및 저변확대, 원자력/방사선의 이용에 대한 국민적 이해증진, 개발 기술의 상용화 및 국제경쟁력 강화를 통하여 동남아권을 비롯한 세계전역으로의 수출증대 등에 크게 기여할 수 있다.

본 연구로 유비쿼터스 컴퓨팅 구현의 핵심 수단으로 부상하고 있는 RFID(라디오주파수식별)를 이용해 방사성물질을 안전하고 효율적으로 통합관리할 수 있는 시스템을 개발하였다.

본 연구에서는 방사성폐기물 드럼에 RFID 카드를 부착하여 방사성폐기물 운반 시 안전하고 항상 감시를 수행하기 위한 목적으로 전자파 흡수체의 금속면 부착용 RFID를 개발하였다. 원자력발전소에서 발생하는 방사성폐기물 드럼, 그와 유사한 방사성물질은 상시감시, 운반감시, 관리구역 내의 감시와 같은 다양한 감시 활동을 수행하여야 하므로 이러한 감시활동에 적합한 RFID를 이용한 방사성물질의 효율적 통합관리 시스템 구현방안을 제시하였다.

RFID는 금속면에 부착 시 전자파의 산란, 굴절 등으로 인해 그 성능이 매우 저하된다. 이를 보완하기 위해서는 RFID 인식시 전자파에 의한 영향을 최소화하여야 하는데, 전자파 영향 억제를 위한 흡수체를 개발하여 인식거리 성능 저하를 방지하여야 한다.

시스템은 첫째, RFID 카드를 금속면에 부착하기 위해서 900MHz 대역에서의 전자파 산란을 최소화하는 전자파흡수체를 개발하였다. 개발된 전자파흡수체는 주요 성분이 페라이트며, 고무 성분을 첨가하여 가공이 용이하고, $-30^{\circ}\text{C} \sim 90^{\circ}\text{C}$ 에서도 사용이 가능하며, 900MHz대역에서의 반사손실(Reflection loss)이 -20dB 이하를 충족시킬 수 있도록 개발하였다. 또한 방사성폐기물 드럼에 부착의 편의성을 위하여 금속면 부착용 RFID 플라스틱 패키지를 개발하였다. 플라스틱 패키지 재료는 인식 거리가 테프론 및 PVC에 비해 짧지만 강도가 우수하여 기계적 가공이 용이하며, 내열성 및 내약품성이 좋은 아크릴을 사용하였고, 전자파흡수체 및 RFID 카드의 취부가 용이하고 RFID 인식거리 향상에 최적조건인 5mm의 이격거리를 유지할 수 있게 내부구조를 설계하였다. 뿐만아니라 RFID의 금속면 부착의 편의성을 고려하여 방사성폐기물 드럼에 용이하게 용접할 수 있게 플라스틱 패키지 하부에 스테인리스 브라켓을 장착하였다.

통상 RFID 카드의 작동온도는 $0^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 이며, 연간 일교차가 심한 우리나라의 조건을 감안하고, 방사성물질 사용 조건의 고온 다습한 환경을 고려하여 RFID 카드의 성능에 영향을 주는 고온을 차폐할 수 있는 물질로 보호할 필요가 있다. 따라서 석고, 파이버 등의 재료를 사용하여 내열성을 가진 충전재를 개발하였고, 내열 충전재 내부에 RFID를 삽입한 후, 200°C 이상에서 30분 동안 가열하면서 RFID의 인식 여부를 시험하여 정상적으로 작동됨을 확인하였다. 개발된 내열 충전재는 다습한 가혹 조건을 고려하여 내수성도 가지도록 설계(그림 1 참조)하였다.

상기 실험을 바탕으로 금속면 부착용 RFID에 플라스틱 패키지를 적용하여 인식거리 시험(표 1 참조)을 수행하였다. 금속면 부착 RFID 카드는 원래 방사성물질에 부착되므로 인식거리 및 내방사선으로 인한 성능 저하가 일정기간 동안 발생하지 않아야 한다. 내방사선 대한 내구성을 확인하기 위해서 한국원자력연구소에서 내방사선 시험을 수행한 결과 100mSv/h 기준시, 150년 이상의 내구수명이 있는 것으로 확인하였다.

둘째, 휴대용 RFID Reader의 성능 개선을 위해 RFID Reading 결과를 PC에 전송하는 프로그램을 개발하였다. 이는 휴대용 Reader로부터 읽은 정보를 쉽게 중앙관리 DB에 전송하여 그 결과를 확인할 수 있도록 개발하여 사용자 편의성을 크게 향상하였다.

셋째, 방사성물질의 현장 확인, 반출 확인, 운송 확인, 인수 확인 및 상사 검사에 수행되는 일련의 절차를 만족하는 방사성물질 통합관리시스템을 개발하였다. 현장 적용을 위해 각 단계별에서 공통적으로 필요로 하는 모듈을 개발하여 모든 단계별 적용이 가능하도록 구현하였다.

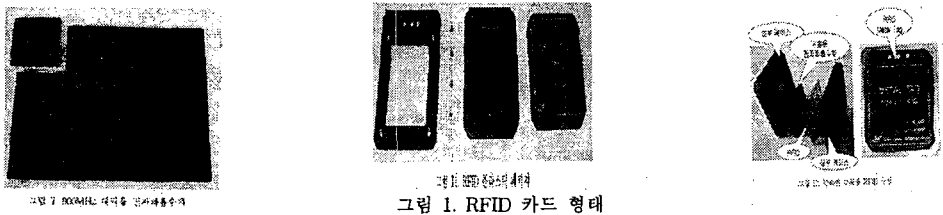


그림 1. RFID 카드 형태

순번	RFID 식별번호	삽입재료(*)		금속면 적용시의 인식거리(mm)		비고
		삽입재료 A (두께-mm)	삽입재료 B (두께-mm)	플라스틱 패키지 미적용, 알루미늄 판넬 적용	플라스틱 패키지 및 패키지 적용	
1	***1BC8	FS(3)	NA	0	-	
2	***1BC8	FS(5)	NA	350	-	
3	***1BC8	FS(9)	NA	500	-	
4	***1BC8	FS(11)	NA	850	-	
5	***1BC8	MC(5)	NA	800	900	
6	***1BC8	TF(5)	NA	900	1000	
7	***1BC8	NA	MA(5)	0	0	
8	***1BC8	MC(5)	MA(5)	1200	1250	
9	***1BC8	TF(5)	MA(5)	1400	1500	
10	***1BC8	FS(5)	MA(5)	2000	2100	

주) (*) 삽입재료
 삽입재료 A - TF(테프론), MC(MC나일론), FS(빈공간)
 삽입재료 B - MA(개발된 전자파흡수체), NA(미적용)

표 1. 개발된 RFID 카드 인식거리 시험결과

또한 방사성물질이 차량으로 운송되는 경우도 이를 감시 및 관리가 가능한 시스템으로 구현하였다. 방사성물질이 운송되는 경우에는 이동위치 및 방사성물질 정보를 무선 통신 수단을 이용하여 실시간으로 확인 할 수 있는 시스템을 구축(그림 2. 참조)하였다.

즉, GPS와 CDMA를 이용하여 RFID 위치 정보를 전송하고 그 결과를 Server, Client 화면 지도 위에 표시하도록 구현하였다. 본 시스템은 데이터 흐름 및 위치 표시를 위해서 Server/Client/지도 표시와 같은 3개의 프로그램이 연동된다..

방사성물질에 대한 관리 및 감시를 기존 바코드, 수작업에 의존하던 것을 유비쿼터스 기술을 이용하여 통합관리를 수행할 수 있도록 패키지화(그림 3. 참조)하였다. 금속면 부착용 RFID 카드를 이용하면 방사성동위원소 및 방사성폐기물 등에 대해 실시간 위치 확인 및 이력 관리를 효율적으로 할 수 있고 시간적, 경제적인 효과도 극대화할 수 있을 것으로 예상된다. 특히 방사선 구역에 RFID 카드를 이용하면 방사선량, 작업시간, 작업자, 구역 출입제한 등 모든 이력관리를 쉽게 할 수 있으므로 필수적으로 사용이 확대될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 GPS, CDMA를 이용하여 실시간으로 방사성물질의 위치확인을 할 수 있고 이송중 분실 우려가 있는 방사성물질에 대한 관리가 효율적으로 이루어진다. 특히 중,저준위 방사성폐기물 저장 부지로 이송되는 방사성물질의 운송, 감시와 관련하여는 원격지에서 실시간 감시를 수행할 수 있어 안전성 확보 및 대국민적 신뢰도를 확고히 하는 차원에서 적극적으로 사용될 것으로 기대된다.

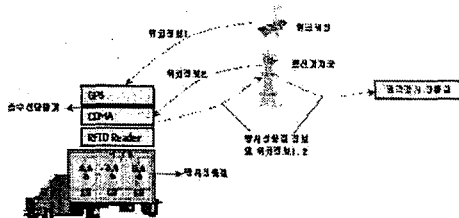


그림 25. 방사성물질의 운송 과정 구성도

그림 2. 운송 과정 구성도

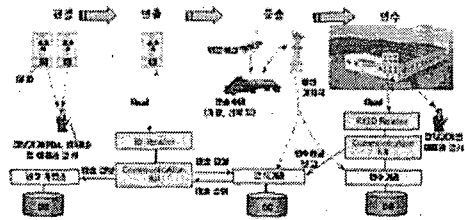


그림 24. 방사성물질 통합 관리 시스템 구성도

그림 3. 통합관리 시스템 구성도