

건설자재 정보관리를 위한 RFID 주파수 대역 및 Tag에 관한 실험적 연구

한충한*, 주기범*, 양성훈*

*한국건설기술연구원 건설정보연구실

e-mail : *{chhan, kbju, ispecter}@kict.re.kr

Experimental study on RFID frequency band and tag for construction material information management

ChoongHan-Han*, KiBum-Ju*, SungHoon-Yang*

*Construction Information Research Dept., Korea Institute of Construction Technology

e-mail : *{chhan, kbju, ispecter}@kict.re.kr

요 약

최근 건설 산업이 고도화, 지능화됨에 따라 건설자재정보의 효율적인 관리방안으로 RFID 기술을 이용하려는 연구 및 적용 사례가 증가 하고 있다. RFID(Radio Frequency Identification)란 라디오 주파수를 이용한 무선인식 기법을 뜻하는 것으로 건설자재에 RFID Transponder¹⁾(이하 태그)를 부착하여 생산, 유통, 설비 등 전 과정의 정보 추적 및 관리가 가능하다. 그러나 RFID 시스템 특성상 전자기장이 형성되는 철골자재나 수분이 포함된 콘크리트, 도료(안료) 등의 자재에서는 RFID 적용이 쉽지 않다. 또한, 현재 사용 중인 RFID 장비마저도 표준화 되어 있지 않고 사용 주파수 대역 또한 각각 다르기 때문에 건설자재에 적용하기위한 RFID 시스템의 표준화 및 규격화가 절실하다.

본 논문에서는 건설자재에 RFID를 적용하기 위한 표준화 방향을 제시하는 기초 연구로써 목재, 철재 빔, 도료(안료), 콘크리트, 배관자재(철/동/PE)에 Passive Type의 일반(Pager) 태그, 금속 태그, 액체형 태그를 부착·매립하여 125KHz, 13.56MHz, 900MHz의 주파수 대역과 자재 물성별 인식거리 및 인식을 시험을 진행하여 건설자재에 RFID를 적용하기위한 표준 주파수 대역 및 재질에 따른 적정 태그를 제시하고자 한다.

키워드 : RFID, 건설자재, tag, 주파수 대역

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설 산업의 고층화와 원가절감, 공기단축, 생산성 향상 등 건설기술이 고도화됨에 따라 규격화되고 부품화된 건설 자재 및 이를 효과적으로 관리하기 위한 정보의 요구가 증가하는 추세에 있다.

이러한 요구를 해결하기위해 최근 RFID 기술의 도입에 대한 연구가 활발하게 진행 중이며 일부 건설현장에서는 인력관리 및 자재 물류관리 등에서 이미 적용 실행하고 있다.

그러나 RFID 시스템 특성상 금속 및 철, 수분이 포함

된 자재에서는 바코드를 사용하는 등 RFID 시스템의 활용성이 극히 미비할 뿐만 아니라 현재 사용 중인 태그의 종류 및 주파수 대역, 태그의 부착 위치 등 기술적 한계와 표준화의 부족으로 RFID 적용에 있어 어려움이 대두되고 있다.

따라서 본 연구의 목적은 건설자재에 RFID를 부착·매립 후 시험을 통하여 주파수 대역별, 자재 재질별 적용 태그의 인식거리 및 인식을 분석하고 이를 토대로 건설자재에 RFID를 적용하기위한 적정 주파수 대역과 재질에 따른 적정 태그를 제시하고자 하는데 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서 선정된 건설자재로는 콘크리트, 배관자재(철/동/PE), 철강재(H-Beam), 목재, 도료(안료)로써 RFID의 무선 주파수를 저해하는데 의의가 있다. 그리고 사용 주파수 대역으로는 전파관리 주체인 정보통신부로부터 별도의 허가를 득하지 않고 사용 가능한 125KHz,

1) 트랜스폰더는 수신된 신호에 대해 자동으로 응답하는 신호 수신기를 말한다.

※ 본 연구는 한국건설교통기술평가원의 연구비 지원에 의하여 한국건설기술연구원과 (주)플래닉스 공동 연구의 일부임. (과제코드: 06기반구축 02)

13.56MHz, 433MHz, 900MHz, 2.45GHz, 5.8GHz 중 수동형(Passive Type)에서 많이 사용되는 125KHz, 13.56MHz, 900MHz 대역을 선정 하였다.

본 연구는 아래의 방법에 따라 수행되었다.

첫째, RFID의 적용 사례를 문헌조사를 통해 파악하고, 둘째, 시험에 사용될 건설자재 및 주파수대역, RFID 시스템을 선정하였다. 셋째, 선정된 RFID 시스템을 건설자재에 부착 또는 매립하기 전·후로 나누어 인식거리 및 인식률 시험을 실시하여 건설자재에 RFID를 적용하기 위한 표준 주파수대역 및 태그를 제시하였다. 넷째, 결론을 도출하고 향후 연구방향을 제시하였다.

2. 관련연구

현재 RFID 기술은 운수, 유통, 의료, 학교, 시설물 관리 등 각종 관리 및 검수 도구로서 여러 산업에 활용되고 있을 뿐만 아니라 건설 산업분야에서도 RFID를 적용하기 위한 많은 연구가 진행중이며 건설현장에서의 적용사례도 늘어가는 추세에 있다.

건설 분야의 해외 적용 사례로서 미국의 Flour Construction 사는 금속자재인 스폴에 각 915MHz와 433.92MHz의 액티브 태그를 부착하여 인식률 실험을 실시하였다. 그 결과 915MHz의 태그는 금속에 둘러싸인 주변 환경에서 초당 2000개까지 인식이 가능하였고 통신 거리 또한 100m 가까이 나타났다. 한편, 433.92MHz의 액티브 태그가 부착된 자재를 실은 트럭의 경우 출입구에 설치된 리더기 앞에 잠시 멈추게 함으로써 100%의 인식률을 확보 하였다.[1]

일본의 경우 RFID를 활용한 차세대 제로 에미션(Zero-Emission) 시스템을 구축 · 운영하고 있다. 제로 에미션 시스템은 RFID 태그가 부착된 건설 폐기물의 중량 및 이동 경로등의 데이터를 분석하여 제공해주는 역할로 현장 관계자는 제공받은 데이터를 이용하여 폐기물의 추적과 함께 건설 폐기물의 발생량을 줄일 수 있었다. 또한, 폐기물의 재활용성 향상과 폐기물 배출의 사회적 책임을 보다 구체적으로 해결할 수 있었다.[2]

이외에도 미국의 카네기 멜론 대학(Carnegie Mellon University)에서 RFID를 이용한 자재관리시스템을 제시하여 자재의 관리 작업 시간을 절반으로 단축시킬 수 있었으며 벡텔(Bechtel)사의 Red Hills 건설공사를 대상으로 실시한 미건설산업연구원(CII)의 현장 시험에서는 파이프 서포트 및 행거 자재의 위치 파악, 추적 관리에 30%(159분/100행거) 이상의 작업시간의 단축효과가 있는 것으로 나타났다.[3]

국내의 건설현장에서는 토사 반출시 차량 단위로 RFID 카드를 지급해 반출 확인과 함께 반출 토사량을 자동으로 집계하고 있으며 레미콘 관리에서도 송장에 RFID 카드를 부착한 후 현장을 드나들 때마다 이를 스캔해, 입고 · 회차 등의 정보를 자동 관리하고 있다.[4]

마감자재인 커튼월과 철골자재에도 각각의 마그네틱 태그와 스티커(라벨) 태그를 부착하여 출하 · 운송 · 하역 · 설치까지의 전 과정에서 실시간 관리가 이루어지고 있

다.[5][6]

또한, RFID를 통한 노무 관리와 레미콘 차량에 RFID를 부착하여 콘크리트 타설 프로세스를 관리하고 있으며 이외에도 콘크리트 타설, 철근공사 등에 RFID를 적용하기 위한 기초 연구 및 시험들이 활발하게 진행되고 있다.[7][8]

3. 건설자재 RFID 적용 시험

본 시험에서는 건설현장에서 사용되는 일반자재 중 철강재(H-Beam), 목재, 도료(안료), 콘크리트, 배관자재(철/동/PE)을 선정하여 주파수 대역(125KHz, 13.56MHz, 900MHz)과 자재 재질 별로 Packaging 태그의 인식률 및 인식거리를 측정 하였다. 이때, 자재의 재질에 따른 인식정도와 인식거리의 이해를 돕고자 건설자재에 태그를 부착하기 전 · 후로 나누어 실시하였으며 시험에 사용된 RFID 시스템 장비로는 다음[표 1]과 같다.

[표 1] RFID 시스템 장비 사양



품 명	모 델	규 격
RFID Reader	SAMsys MP9320	900MHz, EPC C0,C1,G2
	ThinMagic Mercury4	900MHz, EPC C0,C1,G2
	LS산전 XCODE IU9026	900MHz, EPC C0,C1,G2
	Feig ID ISC.M01-A	13.56MHz, ISO 15693
	LS산전 XCODE IH1306	13.56MHz, ISO 15693
	ATMEL 04	125KHz
	LGRF_C	125KHz
RFID Antenna	SAMsys Circular	900MHz, Circular type
	ThinMagic Circular	900MHz, Circular type
	Feig ID ISC.ANT340	13.56MHz, Middle Range
	LS산전	13.56MHz, Long Range
	LGRF	125KHz, EM
	ATMEL A2	125KHz, Middle Lange
RFID Tag (Passive)	900MHz Metal	900MHz, 금속용
	900MHz 액체용	900MHz, 액체용
	900MHz 일반용	900MHz, 일반용
	13.56MHz Metal	13.56MHz, 금속용
	13.56MHz 액체용	13.56MHz, 액체용
	13.56MHz 일반용	13.56MHz, 일반용
	125KHz Metal	125KHz, 금속용
	125KHz 액체용	125KHz, 액체용
125KHz 일반용	125KHz, 일반용	
Gate	터널형 Gate	스테인레스, 조립식
브라켓	안테나 고정 브라켓	안테나 고정용

[표 1]에서 나열된 장비는 국내 기술표준을 따르는 장비들로 리더의 경우 각기 다른 RFID 시스템 호환성을 고려하여 EPC-Class 1 프로토콜에 해당하는 리더를 사용하였다. 안테나는 인식각도가 60° 이하인 Linear Type으로 Circular Type에 비해 인식거리가 약 두 배 이상 긴 안테나와 900MHz, 13.56MHz, 125KHz의 금속, 액체, 일반(Paper) 태그를 이용하였다. 태그의 부착 위치는 각각의

시험 대상체별 내·외부 및 표면 중앙에 부착하였으며 콘크리트의 경우 타설 중 5cm 깊이에 매설 하였다.

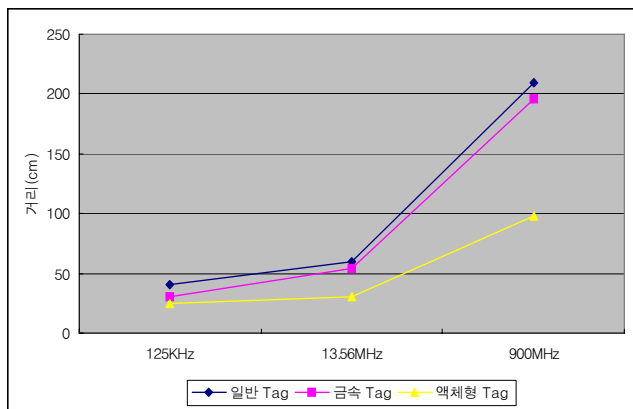
시험에 사용된 주요 장비는 [표 2]와 같다.

[표 2] 주요 시험장비

Tag 및 Tag가 부착된 건설자재			
주요 Tag			
	125KHz Tag	13.56MHz Tag	900MHz Tag
			
주요 자재	콘크리트매설	배관재 내부 부착	배관자재 및 목재부착

콘크리트 및 금속자재의 경우 주요 성분 및 압축 강도, 사용 환경 등의 주요 변수를 고려해야 할 것이나 본 시험은 건설자재에 부착·매립된 태그의 인식률 및 인식거리 정도를 측정하는 기초 시험으로써 기본적인 매립정도, 부착위치만을 고려하여 실시하였으며 2차년도 시험에서는 건설자재의 주요 물성뿐 아니라 건설현장의 요건을 고려한 심층적인 시험을 실시할 것이다.

(그림 1)은 일반 태그, 금속 태그, 액체형 태그를 시험 대상체에 부착하기 전 10회에 걸친 시험결과 주파수 대역별로 125KHz는 50cm 이하, 13.56MHz는 50cm 내·외, 900MHz는 태그별 약 100cm, 200cm, 210cm로 가장 높은 인식거리를 나타냈으며 태그 별 성능분석으로는 일반 태그가 가장 좋은 성능을 보였다. 인식률의 경우 모든 주파수 대역에서 100% 이므로 중략 한다.



(그림 1) Tag 부착 전 주파수 대역별 시험

결론적으로 태그를 부착하기 전 시험에서는 900MHz 주파수 대역의 일반 태그가 다른 주파수 대역 및 태그보다 월등한 성능을 나타냈음을 알 수 있다.

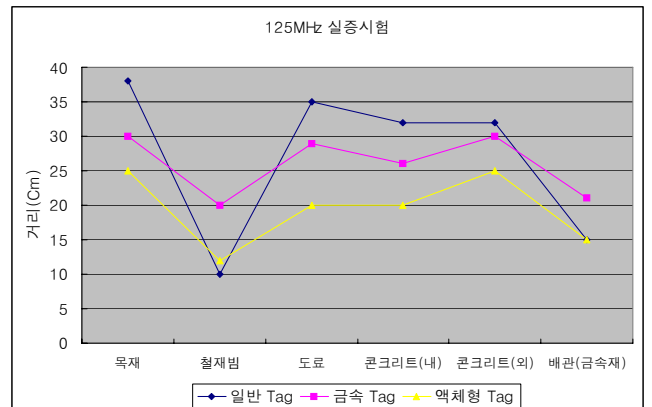
[표 3] Tag 부착 후 주파수 대역 및 자재별 시험

		인식거리(cm)			인식률(%)		
		일반	금속	액체형	일반	금속	액체형
125 KHz	목재	38	30	25	100	100	100
	철재빔	10	20	12	100	100	100
	도료	35	29	20	100	100	100
	콘크리트(내)	32	26	20	20	100	90
	콘크리트(외)	32	30	25	100	100	100
	배관(금속재)	15	21	15	100	100	100
13.56 MHz	목재	52	53	31	100	100	100
	철재빔	0	36	10	0	100	100
	도료	20	43	23	100	100	100
	콘크리트(내)	32	38	23	20	100	100
	콘크리트(외)	56	43	13	100	100	100
	배관(금속재)	0	41	12	0	100	100
900 MHz	목재	192	203	95	100	100	100
	철재빔	0	197	20	0	100	100
	도료	30	178	81	100	100	100
	콘크리트(내)	13	23	8	20	100	100
	콘크리트(외)	89	201	46	100	100	100
	배관(금속재)	0	204	23	0	100	100

이후 [표 3]과 같이 태그를 부착하여 실시한 인식거리 및 인식률 시험결과 125KHz 주파수 대역에서는 시험에 사용된 3가지 유형의 모든 태그에 대해 인식거리가 매우 짧았으며 콘크리트 내부에 매립된 태그를 제외하고 100%의 인식률을 나타내었다. 그리고 13.56MHz 주파수 대역에서는 125KHz에 비해 인식거리가 약 ±15 ~ 20cm 차이가 났으며 철재빔과 배관(금속재)자재에서는 0%의 인식률을 나타냈는데 이는 무선 주파수를 저해하는 금속 및 철 등의 이유로 분석할 수 있다.

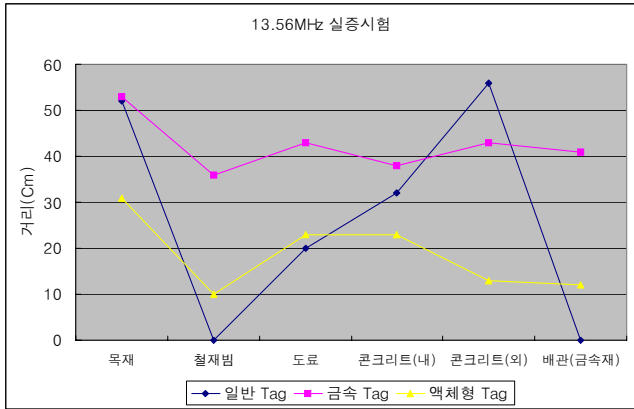
마지막으로 900MHz의 경우 인식률에서는 13.56MHz와 유사했으나 인식거리 측면에서 125KHz 및 13.56MHz와 달리 금속 태그 중 콘크리트 내부에 매립된 태그를 제외하고 170cm 이상의 거리 측정이 가능 했다.

(그림 2, 3, 4)는 [표 3]의 결과를 주파수 대역별로 나누어 그래프로 표시한 것이다.



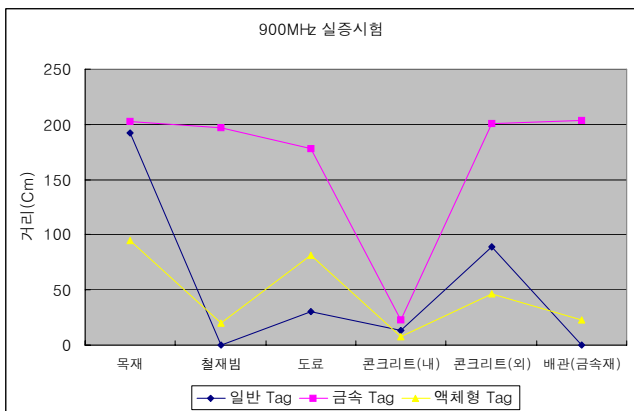
(그림 2) 125MHz 인식거리 및 인식률 시험

(그림 2)의 125MHz에서는 금속자재의 태그를 제외한 일반 태그가 금속 태그와 액체형 태그보다 인식거리 및 인식률 및 인식 거리가 높았음을 알 수 있다.



(그림 3) 13.56MHz 인식거리 및 인식률 시험

그러나 (그림 3)과 같이 13.56MHz의 경우 금속형 태그가 일반 태그와 액체형 태그에 비해 보다 높은 수치를 나타냈으며 900MHz에서는 모든 태그와 비교하여 매우 높은 인식거리 및 인식률을 기록하였으나 콘크리트 내부에 매립된 금속 태그의 경우 인식거리가 매우 낮음을 알 수 있다.



(그림 4) 900MHz 인식거리 및 인식률 시험

4. 결론

본 논문에서는 건설자재에 RFID를 적용하기 위한 표준화 방향을 제시하는 기초 연구로써 목재, 철재 빔, 도료(안료), 콘크리트, 배관자재(철/동/PE)에 Passive Type의 일반(Pager) 태그, 금속 태그, 액체형 태그를 부착·매립하여 125KHz, 13.56MHz, 900MHz의 주파수 대역과 자재 물성별 인식거리 및 인식률 시험을 실시하였다.

시험결과 주파수 대역별 및 자재 재질별 시험에서 900MHz와 금속 태그가 인식거리 및 인식률이 매우 높았으나 콘크리트에 매립된 태그의 경우 인식률 및 인식거리를 높일 수 있는 방안을 강구해야함을 알 수 있다. 이는

태그의 Packaging 방법 및 추가 안테나를 매립함으로써 인식거리를 높일 수 있을 것으로 사려된다.

결론적으로 건설자재에 RFID를 적용하기 위한 표준 주파수 대역 및 태그로는 900MHz와 금속형 태그가 매우 적절한 것으로 판단된다.

향후 연구에서는 본 논문에서 제시된 기초 시험 데이터를 토대로 콘크리트 내부에 매립된 금속형 태그의 인식률 향상 방안과 RFID 무선 주파수를 방해하는 요소가 산재한 건설현장을 중심으로 시험을 실시할 계획이다.

참고문헌

- [1] 삼성경제연구소, “해의 건설업체 RFID 적용 사례”, 건설 산업분야 기술정보 동향, 2006. 07. 06
- [2] 한국과학기술정보연구원(KISTI), “H, IC 태그 활용한 건설현장 폐기물 삭감 시스템 시험 운용”, 과학기술 정보 분석 동향, 2007. 07. 31
- [3] CIL, “Radio Frequency Identification Tagging”, RFID Tagging Research Team-Research Summary 151-1, March 2003
- [4] 최철호, “건설 분야에서의 RFID 시스템 활용사례 및 발전방향”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2004
- [5] 장문석 외 3인, “RFID를 이용한 커튼월 프로세스 관리방안”, 대한건축학회 학술발표논문집, 제24권 제1호, 2004. 04. 24
- [6] 진상윤, “U-Construction의 사례 및 이슈”, IT Service in Construction 심포지움 발표 자료집, (사)한국건설관리학회, 2006. 09
- [7] 강태경의 5인, “철근공사에서의 RFID 기술 적용성 기초 연구”, 대한건축학회논문집 제22권 10호(통권 216호), 2006. 10
- [8] 홍승문의 1인, “RFID 기반의 콘크리트 타설 모니터링 시스템의 구현”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2006. 11.