

RFID를 이용한 야외 고속 입출고 관리 시스템의 구현

*오 창 영, **조 병 록, **이 계 준, **전 은 만
*SONTEC, **순천대학교 전자공학, **SONTEC, **순천대학교 전자공학

Management system using RFID, the implementation of the outdoor high-speed going in and out

*Chang-Young Oh, **Byung-Lok Cho, **Gye-Jun Lee, **Eun-Man Jeon

*SONTEC CO., LTD., **Dept of Electronic, Suncheon National University

**SONTEC CO., LTD., **Dept of Electronic, Suncheon National University

E-mail : cyoh@sontec.co.kr, blcho@sunchon.ac.kr, goist33@paran.com, suduck41@naver.com

요 약

UHF RFID 시스템에서는 출력제한의 엄격히 규제됨에 따라 리더의 출력신호에 의존하는 패시브 태그의 후방산란(Backscattering)되는 신호는 매우 낮은 전력을 가진 미약한 신호가 되어 왜곡과 잡음의 영향을 크게 받는다. 이러한 문제는 신호검출을 어렵게 만들고 이를 개선하기 위하여 리더의 시스템은 복잡해 지고 있다. 또한 현장에서 신호 검출을 위하여 근접거리에 리더를 설치하거나 협소한 공간에 다수의 리더를 설치하여 신호 검출을 하고 있다. 이러한 설치 방법은 사고의 위험이나 리더 간의 간섭에 따른 신호 검출을 더욱 어렵게 하고 있다. 본 논문에서는 태그의 패키징과 리더 안테나의 개선을 통한 태그의 인식거리 개선을 통해 신호검출의 신뢰성을 확보하는 방안에 대해서 제안하고자 한다.

1. 서론

RFID는 “radio frequency identification”의 약자로 주파수를 이용하여 무선으로 목표물을 자동인식하는 기술을 뜻한다.

RFID의 종류는 그 사용 주파수 대역으로 규정하는데 125Khz 대역부터 2.4Ghz 대역까지 그 용도가 다양하다. 그러나 그 중에서 본 연구과제에서 사용을 하는 부분은 900Mhz 대역의 물류관리에 이용이 되는 Tag이다.

900Mhz 대역은 물류와 유통 관리를 하기위해서 그 시작이 되었으나, 지금 현재의 상황은 극복해야 할 과제가 산재해 있는 분야로 초기 기대효과에 크게 미치지 못할만큼 과급효과가 미미하다.

더군다나 RFID 원천기술은 현재 선진국에서 선점

을 하고 있는 상태이며, 중국은 내수 시장의 거대함으로 급속하게 추격을 하는 상태이다.

이러한 상황에서 국내 RFID 시장은 위축이 되고 RFID 시장의 확산 및 도입이 지연되는 현상이 발생하고 있다.

본 연구는 현장 실험을 통하여 특수한 환경에서 인식이 가능한 Tag의 설계를 바탕으로 특수한 환경에서의 RFID 인식을 개선 방안을 모색하고자 한다.

이러한 인식을 개선을 통한 현장 적용성을 확대시키고 현장 사용자들의 인식을 개선함으로써 RFID 시장의 확산에 기여하고자 한다.

2. RFID Tag의 설계

우선 실험을 시작하기 전에 특수한 환경에서 적용이 가능한 태그의 제작을 위해 태그의 설계 및 패키징 소재를 선정하고자 한다.

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

2.1. PEC(Perfect Electric Conductor-금속)에서의 RFID 인식불능에 대한 특성과의 연구

전자기파를 전파하는 안테나가 있을 경우 안테나에서 전파되는 전자기파를 등가전류로 바꿀 수 있다. 도체 근처에 등가 전류가 발생하며, 아래 <그림 1>와 도체에 의한 반사성분이 발생하게 된다. 이러한 반사성분을 image current로 설명하게 되는데, 즉 거울과 같이 도체가 전류를 반사하게 된다. 이를 해결하기 위해서는 도체면의 경계조건이 거리는 안테나와 도체사이 거리의 2배가 되어야 하고 방향은 반대가 되어야한다.

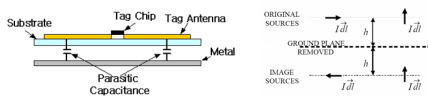


그림 1. 금속면에서의 RFID전파변화

또 다른 해결방안으로 전파가 도체에 반사될 때, $\lambda/2$ 의 위상변화를 가지면, 도체에 의한 위상변화와 안테나와 도체사이의 거리에 따른 위상변화의 합에 의해서 안테나의 복사효율이 변하게 되며, 안테나 금속면에 붙어있을 경우, 안테나의 등가전류와 Image current가 서로 반대방향으로 금속면이 존재하는 곳에 같이 위치하는 결과가 된다. 이렇게 되면 각각의 전자파는 $\lambda/2$ 의 위상변화로 서로 상쇄되므로 전파되지 않게 된다. 금속의 RFID 전파 방해 Factor는 고정된 형태를 띄지 않으며, 금속의 구조, 설치환경, 주위 온도, 습도 등등 다양한 환경적 요인으로 인하여 변하게 된다. 이에 본 연구개발을 통해 다양한 전파방해 Factor들을 복합적으로 고려한 전파특성을 파악하고 이를 안테나 설계에 반영한다.

2.2. PEC에서 안테나의 효율적인 동작을 위한 안테나 설계기술 연구

현재 수동형 RFID 태그칩은 거의 impinj사와 Alien사의 태그칩이 상용으로 공급되고 있다. 태그칩은 가격과 크기를 줄이기 위해 매칭회로를 두지 않고 있으며, 안테나 설계 시 이를 고려한 설계가 필요하다.

특히 안테나가 금속면 근처에서 효율적으로 동작하기 위해서는 도체의 영향을 줄여야한다. 이를 해결하기 위한 하나의 방법으로 안테나를 도체에서 $\lambda/4$ 만큼 거리가격을 두어 위치시키는 방법이다. 이

렇게 되면 안테나에서 전파되는 성분과 도체에서 반사되는 성분의 위상차가 λ 가 되어 서로 보강간섭이 일어나므로 안테나는 자유공간에서 보다 이론적으로 3dB정도의 이득(gain)이 증가하는 효과를 볼 수 있다. 그러나 이방법의 경우, 900MHz를 동작주파수로 하는 시스템에서 $\lambda/4$ 의 거리는 공기를 매질로 할 때, 약 83mm정도의 거리가 커진다는 것이다. 이러한 거리를 도체로부터 확보하기에는 어려움이 따르므로 도체에 가까이 위치하면서 도체영향을 최소화하기 위한 방안연구가 필요하다.

RFID 태그와 PEC사이의 PMC(Perfect Magnetic Conductor-전자파 흡수체)를 두었을 경우, 안테나의 임피던스 변화에 의해 방사효율이 떨어지는 문제가 발생하게 된다. 이러한 PMC는 도체의 영향을 줄이는 효과를 줄 수 있으나, PMC매질자체가 가지는 유전율 (Permittivity)과 투자율(Permeability)이 공기보다 매우 크기 때문에 안테나의 주변 매질이 달라지는 효과를 가져오고, 이는 안테나 임피던스가 달라져 자체 복사효율이 떨어지는 결과를 가져온다. 즉, 매질의 전자기적 특성이 결정되면 그 매질 속에서의 파장은 $\lambda=1/(f\sqrt{\mu\epsilon})$ 으로 주어지는데, μ, ϵ 이 변할 경우 λ 의 변화가 발생하고 안테나의 임피던스 매칭(Impedance matching)이 틀어져서 방사효율이 떨어지게 된다. 기존 금속용 특수태그용 안테나로는 마이크로 스트립패치 안테나 L타입 및 PIFA, 인버티드 F타입의 안테나 등이 있으며, 안테나의 설계구조는 <그림 2>과 같다.

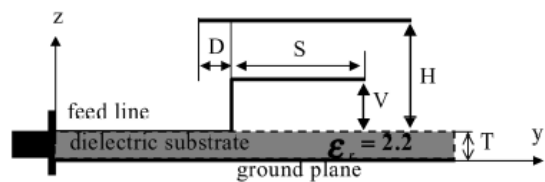


그림 2. 마이크로 스트립패치 L타입

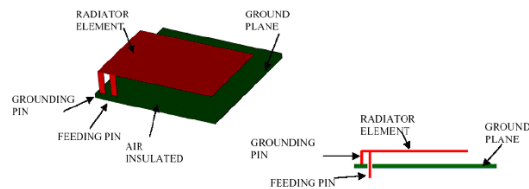


그림 3. 마이크로 스트립패치 PIFA타입

본 연구에서 PEC에서 안테나의 효율적인 동작을 위한 안테나 설계기술은 다음과 같은 방안으로 수

행한다.

- 금속면 부착용 RFID 전자파 특성 파악 및 문제점 분석사용한 상용 RFID 태그칩의 전자파 특성을 파악하고, 이를 금속면에 부착할 경우의 방사 효율절감, 위상 변화등의 특성을 시뮬레이션 함.
- 금속태그용 안테나 설계 및 임피던스 정합기술 개발
- Spectrum Analyzer를 이용한 태그안테나 성능 테스트

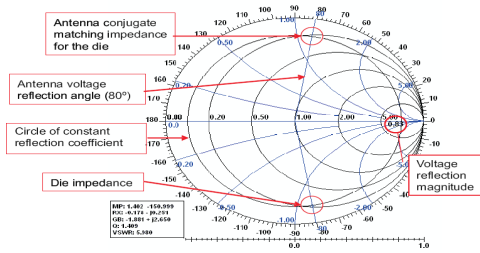


그림 4 Smith Chart상에서의 Impedance 정합

3. 모의 실험

실제 응용환경 구축에 앞서 사용 장비의 성능을 U-it연구소에 있는 EPC 글로벌 인증장비로 장비별 성능 테스트를 하여 <표 1>과 같은 결과를 얻었다.

측정 안테나	반사손실(S11)	이득	편파	축비
EMW	O	O	O	O
MTU(RHCP)	O	Δ	O	O
ALIEN(LP)	O	O	X	X
ALIEN(RHCP)	X	X	O	X
NETHOM(LHCP)	O	Δ	O	X
NETHOM(RHCP)	O	Δ	O	O
Poynting(RHCP)	O	X	O	X

표 1. 안테나 성능 측정 결과

RFID 장치	구분	종류	Tag 종류			비고
			A	B	C	
리더기	안테나	에일리언	7	1.9	0.4	
리더기	안테나	에일리언	7	2.3	0.5	
리더기	안테나	에일리언	3.1	1	0.2	
리더기	안테나	에일리언	7.5	1.8	0.4	
리더기	안테나	에일리언	7.5	2.4	0.6	
리더기	안테나	에일리언	2.5	1.3	0.3	
리더기	안테나	에일리언	7.5	2.1	0.5	
리더기	안테나	에일리언	8	2.5	0.5	

표 3. 인식거리 테스트 결과

실제 응용환경 구축에 앞서 구조물 설치, 구조물 안테나 설치위치, 거리별 태그의 위치, 속도별 태그인식 여부 등의 결과 데이터를 분석하여 RFID 고속 입출고 시스템 운영 모의 실험을 실시하였다. 실시 대상은 코란도 차량이며 속도와 인식거리를 다양하게 하여 인식률을 테스트하였다. 그 결과 <표 3>와 같은 결과를 얻었다.

방	속도	구분	거리	장비	안테나	인식여부		비고
						A	B	
입고	20	4	4	인터맥	UGII	O	X	
				쌍매직	EMW	O	X	
		3	4	인터맥	UGII	O	X	
				쌍매직	EMW	O	X	
		2	4	인터맥	UGII	O	X	
				쌍매직	EMW	O	X	
1	4	인터맥	UGII	O	O			
		쌍매직	EMW	O	O			
출고	20	4	4	인터맥	UGII	O	X	
				쌍매직	EMW	O	X	
		3	4	인터맥	UGII	O	X	
				쌍매직	EMW	O	X	
		2	4	인터맥	UGII	O	O	
				쌍매직	EMW	O	O	
1	4	인터맥	UGII	O	O			
		쌍매직	EMW	O	O			
입고	30	4	4	인터맥	UGII	O	X	
				쌍매직	EMW	O	X	
		3	4	인터맥	UGII	O	X	
				쌍매직	EMW	O	X	
		2	4	인터맥	UGII	O	O	
				쌍매직	EMW	O	O	
1	4	인터맥	UGII	O	O			
		쌍매직	EMW	O	O			
출고	30	4	4	인터맥	UGII	O	X	
				쌍매직	EMW	O	X	
		3	4	인터맥	UGII	O	X	
				쌍매직	EMW	O	X	
		2	4	인터맥	UGII	O	O	
				쌍매직	EMW	O	O	
1	4	인터맥	UGII	O	O			
		쌍매직	EMW	O	O			
입고	40	4	4	인터맥	UGII	O	X	
				쌍매직	EMW	O	X	
		3	4	인터맥	UGII	O	X	
				쌍매직	EMW	O	X	
		4	4	인터맥	UGII	O	X	
				쌍매직	EMW	O	X	
3	4	인터맥	UGII	O	X			
		쌍매직	EMW	O	X			

표 4. 현장 인식률 테스트

현장 테스트 결과를 바탕으로 현장에 적합한 최적의 장비를 선정하여 현장 테스트를 실시하였다. 현장 테스트는 다양한 방법으로 실시하여 현장에 복수 리더기를 설치하여 인식률을 개선할 수 있는 방향으로 그 결과를 도출하고자 한다.

4. 실증실험

'RFID 고속 입출고 시스템 구축'의 시스템 구성과 모의실험을 기반으로 약 1개월간 시범운영을 하였다. 실험은 1. 응용환경 보존실험, 2. 인식률

실험으로 진행하였으며 응용환경 보정 실험에서는 모의실험 결과를 실제 적용하여 응용환경에 적합한 장비의 설치로 최적의 인식환경을 구성하기 위하여 실시하였다.

4.1. 현장 설치

모의 테스트 결과 선정된 장비를 <그림 5>와 같은 시스템으로 현장<그림 6>에 설치하여 모의 차량이 아닌 실제 현장에서 운행하는 차량에 Tag를 부착<그림 7>하여 실험하였다.

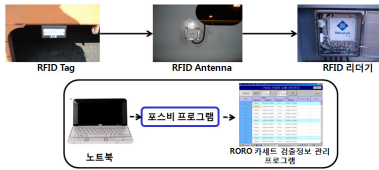


그림 5. 현장 설치 구성도

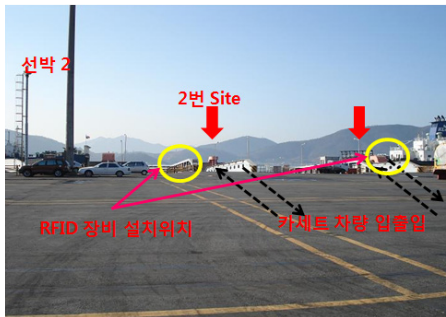


그림 6. 현장 입출고 방향 사진



그림 7. 현장 Tag 부착 사진

4.2. 1차 인식률 실험

1차 테스트는 <그림 8> 과 같이 리더기를 서로 마주보게 하여 설치 하여 실험을 하였다.

테스트 결과 인식률은 <표 4> 와 같이 나왔으며 인식률은 70% 정도였다.

인식결과 분석을 통해 Power미터로 측정해 본결과 현장 상황에서 Power의 공백 및 Power의 세기가

상이하게 나타났다. 따라서, 리더기 간의 간섭 및 Power 공백 현상 때문인 것으로 판단하고 설치 구조를 <그림 9>와 같이 변경하여 테스트를 실시하였다.

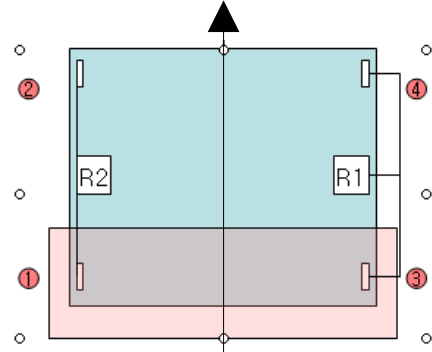


그림 9. 현장 리더기 설치 방안

순번	속도 km/h	거리 (m)	인식상태 (건조)		인식상태 (습기)	
			입측	출측	입측	출측
1	20	1.5	O	O	O	O
		2	O	O	O	O
		2.5	O	X	X	X
		3	X	O	O	O
2	25	1.5	O	O	O	O
		2	O	O	X	X
		2.5	X	O	O	O
		3	X	X	X	O
3	30	1.5	O	O	O	O
		2	O	X	O	X
		2.5	O	O	O	O
		3	X	X	X	O
4	35	1.5	O	O	O	X
		2	O	O	O	O
		2.5	O	O	O	X
		3	X	O	O	X
5	40	1.5	O	X	X	O
		2	O	O	X	O
		2.5	X	X	O	O
		3	O	O	O	X
인식률			70%	70%	70%	65%

표 5. 1차 테스트 결과

4.3. 2차 인식률 실험

<표 5>의 인식결과 분석을 통해 Power미터로 측정결과 현장에서 Power의 공백 및 세기의 상이함이 사라지고 항상 일정한 power가 측정되었다. 차량 Tag의 인식 누락은 Tag의 방수처리 미흡

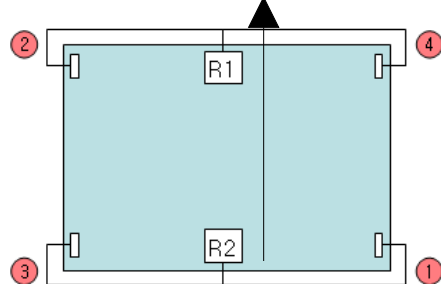


그림 11. 현장 리더기 설치 방안

<그림 10>으로 인하여 발생하였다. Tag의 방수 패키징<그림 11>을 하여 다시 실험 실시하였다. 방수 패키징은 Tag의 인식률에 영향이 적은 실리콘으로 실시하였다.

구분	카세트		차량	
	인식	통과횟수	인식	통과 횟수
횟수	76	76	102	117
인식률		100%		87.10%

표 6. 2차 테스트 결과



그림 12. Tag 방수처리 미흡



그림 13. Tag 패키징

4.4. 3차 인식률 실험

3차 실험은 Tag 인식거리가 충분하다는 실험 결과를 바탕으로 Tag와 리더기를 같은 높이에 설치하고 평행방향을 보게 하여 테스트를 실시하였다.

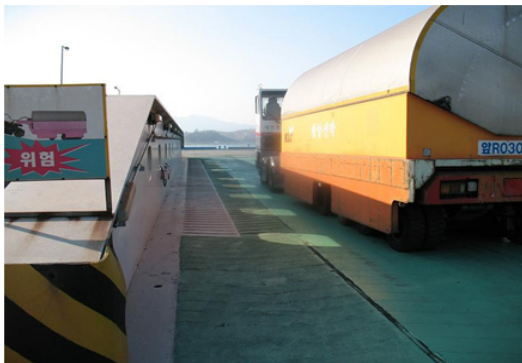


그림 14. 현장 설치 장비와 Tag 설치 사진

구분	카세트		차량	
	인식	통과횟수	인식	통과 횟수
횟수	76	76	119	119
인식률		100%		100%

표 7. 현장 테스트 결과

3차의 실험 끝에 현장에서 테스트 결과가 목표치에 도달하였다. <표 6>의 결과에서 알 수 있듯이 인식률 100%를 달성하였다.

5. 결론

본 연구에서는 RFID 인식률에서 가장 문제가 되는 금속에 부착하여 인식이 가능한 Tag 개발 및 인식률 개선 방안에 대해서 연구를 하였다.

그 결과 금속에 부착하여 인식이 가능한 Tag의 개발과 태그의 현장 인식률 개선을 위한 시스템의 설치 방안에 대해서도 연구하였다.

기존의 방식은 RFID Tag의 인식을 위해서 복수의 리더를 설치하여 인식률을 개선하고자 하였다. 그러나 현장 적용을 통하여 연구한 결과 복수의 리더를 설치하는 것은 리더 안테나 간의 간섭으로 인하여 인식률을 낮게 만드는 것으로 결과가 나왔다. 따라서, 리더의 인식률을 개선하기 위해서는 보다 이득이 좋은 리더 안테나를 사용하여 Tag의 인식거리를 확보하고 Tag의 확보된 인식거리를 바탕으로 되도록 Tag와 리더 안테나 간의 방향이 수평이 되도록 설치하는 것이 유리하다는 것을 알 수 있었다.

[참고문헌]

- [1] Klaus Finkenzeller, 「RFID Handbook」, Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd., England 2003.
- [2] Auto-ID Center, 「860~900 Class I Radio Frequency Identification Tag Radio Frequency & Logical Communication Interface Specification Proposed Recommendation Version 1.0.0」, Technical Report MIT-AUTOID-TR-077, 2002.
- [3] Stephen A. Weis, 「Security and Privacy in Radio Frequency Identification Devices」, Masters thesis, MIT.
- [4] Constantine A. Balanis, 「Antenna Theory」, 미래컴
- [5] RFDH.com