

13.56MHz RFID 트랜스폰더의 공진 주파수에 따른 인식거리의 변화

°윤기석*, 양운근*, 유흥준**

* 인천대학교 공과대학 전자공학과

** (주) 제이티

E-mail : wgyang@incheon.ac.kr

Change of Recognition Range According to Resonance Frequency of the 13.56MHz RFID Transponder

°Ki Suk Yoon*, Woon Geun Yang*, Hong Jun Yoo**

* Dept. of Electronics Eng., University of Incheon, 402-749, Korea

** JT Corporation

Abstract

In this paper, we investigated the change of recognition distance according to the resonance frequency of the transponder for the ISO 14443 Type A 13.56MHz RFID(Radio Frequency IDentification) system. We made thirteen transponders of the same size. The dimension of the transponder is 84.65mm×53.00mm×0.45mm. We measured the resonance frequency by means of an inductive coupling. The measured resonance frequencies were between 12.9MHz and 17.3MHz. We measured the maximum distances where the transponder's USN(Unique Serial Number) was recognized and the subcarrier was observed. The measurement results show that we can obtain good performance when the Type A transponder has the resonance frequency around 14.2MHz for the given case.

I. 서 론

RFID(Radio Frequency IDentification) 기술은 물품 등 관리할 사물에 아주 작은 전자태크를 부착하고 전파를 이용하여 사물의 정보 및 주변 환경정보를 자동으로 추출하여 관리하는 것이다. 지금까지 사람 중심 정보화에서 사물을 중심으로 정보화의 지평을 확대시킬 수 있는 신정보화의 출현을 의미하며 향후 IT(Information Technology) 시장을 선도할 유망기술이다[1].

최근 이러한 RFID 시스템의 수요가 급격히 증가하

고 있는데, 이 현상의 가장 대표적인 사례는 비접촉 스마트 카드를 이용한 대중교통 티켓을 들 수 있다. 현재 우리나라에서 교통요금 지불 시스템으로 사용되고 있는 13.56MHz RFID 시스템은 ISO(International Standardization Organization) / IEC(International Electrotechnical Commission) 14443 기준을 만족하는 근접 결합 방식을 채택하고 있다. 교통요금 지불 시스템 외에도 출입통제, 요금징수, 전자화폐 및 건강카드 분야로 사용이 점차 확산되고 있다. 하지만, 트랜스폰더의 안정적인 인식 거리에 대한 문제는 아직까지 해결해야 할 과제로 남아있는데, 이는 RFID 시스템에 대한 신뢰도를 크게 좌우하는 만큼 많은 투자와 연구가 필요하다[2].

본 논문에서는 리더와 근접결합한 스마트 카드 사이의 데이터 전달 방식의 하나인 Type A 방식 트랜스폰더 13장을 각기 다른 공진 주파수를 갖도록 제작하고, 자체 제작된 ISO 14443 Type A 리더기를 사용하여 각 시료별 최대 인식 거리를 측정하고 분석한다.

2장에서는 주반송파와 부반송파 그리고 부하변조에 대하여 기술하고, 3장에서는 제작된 리더기를 이용하여 시료별 최대 인식 거리와 부반송파 관찰거리를 측정하며, 4장에서 결론을 맺는다.

II. 반송파와 부하변조

2. 1 주반송파와 부반송파

RFID 시스템에서 사용되는 변조 방식은 디지털 변조 방식으로서 ASK(Amplitude Shift Keying), FSK(Frequency Shift Keying), PSK(Phase Shift

Keying)등이 있는데, ISO 14443 기준을 만족하는 근접 결합 방식은 ASK 방식을 사용하고 있다.

그림 1은 13.56MHz RFID 시스템에서 리더와 트랜스폰더 간에 통신이 이루어질 때 발생하는 주반송파와 부반송파(subcarrier)를 나타내고 있다. 주반송파를 중심으로 낮은 주파수쪽에 발생하는 스펙트럼을 하측파대(lower sideband), 높은 주파수쪽에 발생하는 스펙트럼을 상측파대(upper sideband)라고 한다. Type A의 경우 리더로부터 트랜스폰더로 데이터를 전송하는 데 있어서는 변형된 밀러코딩과 결합된 100% ASK 전송방식을 사용하고, 트랜스폰더로부터 리더에의 데이터 전송에는 부반송파를 갖는 부하 변조방식을 사용하고 있다. 부하 변조의 변조는 맨체스터 코딩을 사용한 데이터 열을 사용하여 부반송파를 개폐부호화 함으로써 구현된다.

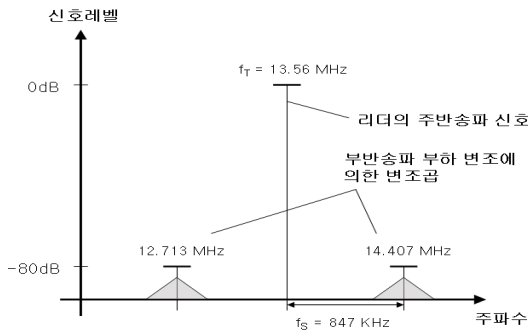


그림 1. 주파수 스펙트럼상의 주반송파와 부반송파.

부반송파 주파수는 주반송파 신호 주파수의 이진 나눗셈으로 얻어지며(13.56MHz/16) 847kHz이다[3].

2. 2 부하 변조

리더의 주파수에 공진하는 트랜스폰더가 리더 안테나의 교류 자계 안에 놓이면 그 트랜스폰더는 리더의 자계를 통해 에너지를 얻는다. 트랜스폰더 안테나에서의 부하 저항을 켜고 끄므로써 임피던스 변화를 가져오며, 따라서 리더 안테나에서의 전압 변화가 생긴다.

그림 2는 부하 변조를 하는 트랜스폰더에 대한 등가회로를 나타내고 있다. 스위치 S는 데이터의 전송에 따라 개폐된다. L_1 과 L_2 는 리더 안테나와 트랜스폰더의 인덕턴스를 나타내며, R_1 은 트랜스폰더 코일에서의 전력소모를 나타낸다. 또한 트랜스폰더 커패시터 C_1 은 스마트 카드를 잡았을 때 금속, 온도, 습도, '손에 의한 커패시턴스'와 같은 환경 영향에 따른 변화를 나타내며, 부하저항 R_L 은 트랜스폰더에서 마이크로칩에 의한 전력 소모를 나타낸다.

그림 2(a)는 저항성 부하 변조를 갖는 트랜스폰더를 등가적으로 표현한 것으로 병렬 저항 R_{mod} 는 데이터에 따라 개폐된다. R_{mod} 의 병렬연결은 전체 저항을 낮춤으로써 Q값을 감소시킨다. 그림 2(b)는 용량성 부하 변조를 하는 트랜스폰더의 등가회로서 변조 저항 R_{mod} 이

아닌 커패시터 C_{mod} 가 데이터에 따라 개폐된다.

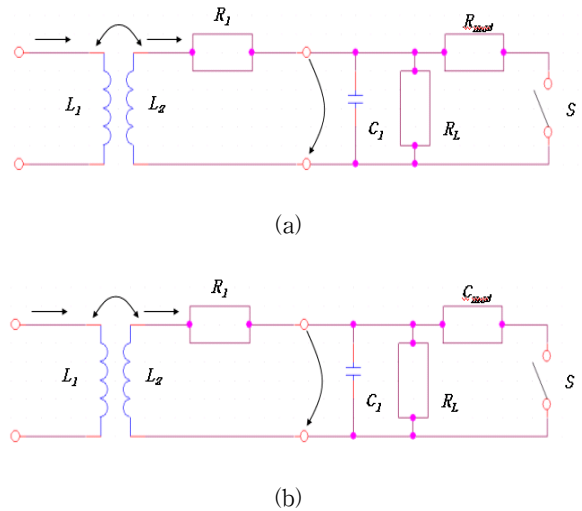


그림 2. 부하 변조를 하는 트랜스폰더에 대한 등가회로.

- (a) 저항성 부하 변조,
- (b) 용량성 부하 변조.

III. 실험 및 측정

그림 3은 제작된 13.56MHz RFID 리더기를 보이고 있다. 실험에 사용된 리더기는 ISO 14443 Type A 지원이 가능하도록 제작되었으며 본 실험에는 리더기를 이용하여 Type A 트랜스폰더의 공진 주파수에 따른 인식거리의 변화를 측정한다.

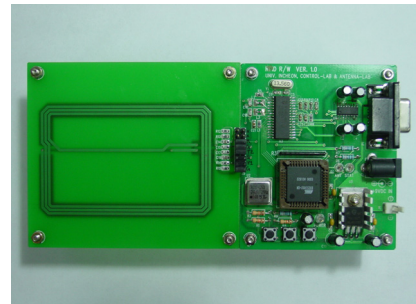


그림 3. 제작된 Type A 리더기.

그림 4는 가로 84.65mm, 세로 53.00mm의 크기로 제작된 시료의 한 예를 보여준다. 스마트 카드의 표준 크기는 ISO 7810에 규정되어 있으며 85.72mm×54.03mm×0.76mm로 되어 있다. 시료의 안테나는 지름이 0.1mm인 도선을 사용하여 코일 중심 간의 거리가 0.2mm로 제작되었다. 사용된 마이크로칩은 Philips사의 MF1ICS50이 사용되었으며, 칩과 코일을 추가한 후 패키징된 시료의 두께는 약 0.45mm이다. 본 논문에서는 이와 같은 규격의 시료 13장을 코일의 권수와 코일 중심 간 거리를 변화시켜 최소 12.9MHz

에서 최대 17.3MHz의 공진주파수를 갖도록 제작하였다.



그림 4. 제작된 시료.

표 1은 시료의 안테나로 사용된 코일의 권수와 코일 중심 간의 간격(pitch)에 따라 각기 다르게 측정된 시료의 공진 주파수를 나타내고 있다.

표 1. 시료별 공진 주파수의 측정 결과.

코일 권수	피치(mm)	공진주파수(MHz)
6	0.20	12.9
	0.30	13.7
	0.35	13.9
	0.40	14.2
	0.45	14.4
	0.50	14.7
5	0.20	15.4
	0.25	15.8
	0.30	16.2
	0.35	16.4
	0.40	16.8
	0.45	17.0
	0.50	17.3

최종 하우징된 시료는 직접적인 공진 주파수 측정이 어렵기 때문에 유도성 결합 방식으로 시료의 공진주파수를 측정하였다. 측정 절차는 먼저, HP4195A 네트워크 분석기에 임피던스 측정기를 연결한다. 다음으로 임피던스 측정기 양단에 예상되는 공진주파수 보다 높은 주파수에서 사용되는 결합 코일을 연결하고, 최종적으로 측정할 시료를 결합 코일 위에 놓고 특성을 측정한다[4].

그림 5는 비접촉 스마트 카드의 부반송파가 관찰되는 최대 거리를 측정하는 모습을 나타내고 있다. 비접촉 스마트 카드의 최대 인식 거리는 스파이 안테나를 제거한 뒤, 측정하였다. 본문에서는 ISO 14443 Type A를 지원하는 자체 제작된 리더기를 사용하여 각 시료(PICC, Proximity IC Card)의 최대 인식 거리를 측정하였다. 최대 인식 거리를 측정하는 절차는, 먼저 height gauge에 인식 거리 측정을 원하는 시료를 고정시킨 다음, 리더기 안테나의 중심으로부터 위쪽 방향으로

거리를 높이면서 시료가 인식되는 가장 높은 지점의 높이를 측정한다. 또한, 리더와 시료 간의 지속적인 통신이 이루어지고 있는지를 살피기 위해 스펙트럼 분석기를 이용하여 부반송파를 관찰하였다. 스펙트럼 분석기와 연결된 스파이 안테나를 리더기 안테나와 시료 사이에 고정시키고 높이를 조정하면서 일정 시간동안 max hold기능을 사용하여 측정하였다.



그림 5. 시료의 부반송파 측정.

그림 6은 제작된 리더기의 안테나와 시료 사이에서 통신이 이루어질 때 스펙트럼 분석기를 통해 관찰된 주반송파와 부반송파의 한 예를 보이고 있다. 반송파를 중심으로 하측파대는 12.76MHz에서 발생하고 있으며, 상측파대는 14.46MHz에서 발생되고 있는 것을 확인할 수 있다. 이 값은 중심주파수인 13.56MHz에서 약 847kHz 떨어져있는 주파수이다. 이와 같이 부반송파의 측정이 뚜렷하고 강하게 측정될수록 시료의 인식거리는 증가하는 특성을 보인다.

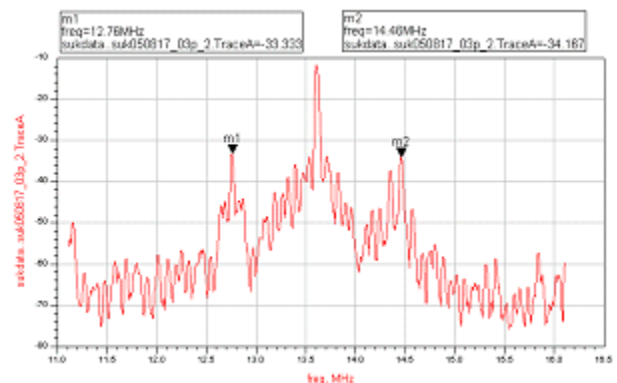


그림 6. 측정된 주반송파와 부반송파의 한 예.

그림 7은 공진주파수에 따른 트랜스폰더의 최대 인식거리를 나타내고 있는 그래프로 X축은 구해진 태그별 공진주파수를 나타내며, Y축은 리더기 안테나의 중심으로부터 위쪽 방향으로 떨어져있는 거리를 나타낸

다. 그림 7은 트랜스폰더의 USN(Unique Serial Number)이 리더기에서 인식되는 최대 지점(A)과 부반송파의 발생이 관찰되는 최대 지점(B)인 두 종류의 데이터 값을 나타내고 있다. 시료의 USN이 측정되는

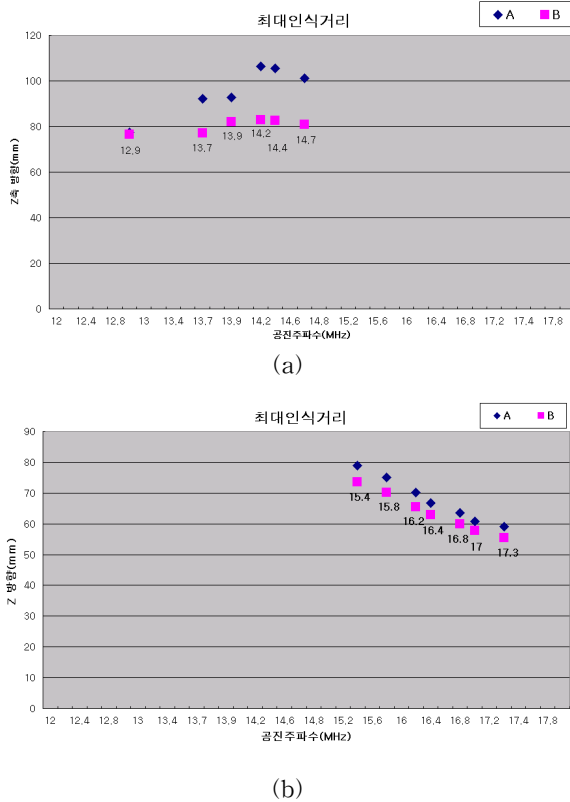


그림 7. 측정된 최대 인식 거리.
 (a) 안테나 코일 권수가 6회인 경우,
 (b) 안테나 코일 권수가 5회인 경우.

최대 지점과 부반송파의 발생이 확인되는 최대 지점은 약 14.2MHz에 공진하는 시료에서 가장 크게 측정되었다. 또한, 측정된 부반송파간의 레벨을 비교하였을 때, 약 14.2MHz에서 부반송파의 레벨이 가장 높게 관찰되었다. 한편 트랜스폰더의 코일 권수에 따라 트랜스폰더에 유도되는 전압의 크기가 달라지는데 그림 7 (a)의 경우 코일의 권수가 6회로서 그림 7 (b)의 5회 보다 권수가 많아서 공진 주파수는 낮았지만 유도되는 전압이 높게 되고 따라서 동작거리면에서 월등히 우수함을 보이고 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 13.56MHz RFID Type A 트랜스폰더의 공진 주파수 변화에 따른 인식거리의 변화에 대하여 관찰하였다. 측정에 사용된 시료는 총 13장이며 마이크로칩은 Philips 사의 MF1ICS50을 사용하였다. 실험에서는 안테나 코일의 권수와 코일 중심 간의 간격

을 다르게 함으로써 트랜스폰더의 공진 주파수가 각각 다르게 되도록 하였다.

ISO 14443 Type A를 지원하는 자체 제작된 리더기를 사용하여 공진주파수가 다른 각각의 시료의 USN이 인식되는 최대 거리를 측정하였으며, 스펙트럼 분석기를 이용하여 부반송파가 관찰되는 최대 거리를 측정하였다.

유도성 결합 방식으로 측정된 시료의 공진 주파수는 12.9MHz에서 17.3MHz까지로 측정되었다. 측정 결과, 제작된 시료 중 약 14.2MHz에서 공진하는 시료가 USN 인식거리와 부반송파의 관찰 거리면에서 가장 길게 측정되었다. 판독 자계강도곡선을 보면 트랜스폰더의 공진주파수가 리더의 전송주파수를 벗어날 경우 트랜스폰더에 주소를 부여하기 위해서 높은 자계강도 값이 요구됨을 볼 수 있다. 이것이 실제 동작에서 인식 영역의 감소시키는 결과를 초래하는 것이다. 본 실험에서의 결과는 트랜스폰더의 공진 주파수가 전송주파수인 13.56MHz에서 벗어난 14.2MHz 부근에서 최대인식거리를 나타내고 있는데 이에 영향이 미쳤을 요인으로는 리더기의 공진주파수, 부반송파 주파수 등을 생각해 볼 수 있다. 또한 코일의 권수가 많은 경우 유도되는 전압이 높아지게 되고 인식거리면에서 유리함을 보였다.

앞으로 13.56MHz RFID 시스템을 부반송파를 고려하여 구현한다면 안정적인 인식거리 확보에 도움이 될 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] 서홍석, "RFID 서비스 기반 USN 구축 정책 추진 방향", *한국통신학회지*, 제21권, 제6호, p.13, 2004년 6월.
 [2] 박용주, "RFID 시스템에서 리더용 병렬 급전 다중루프안테나의 설계 및 카드의 신뢰성 분석", *인천대학교 석사학위 논문*, 2004년.
 [3] Klaus Finkenzeller, *RFID Handbook, 2nd ed.*, John Wiley & Sons, 2003.
 [4] 김혁진, 윤기석, 양운근, 유홍준, "13.56MHz RFID 트랜스폰더용 안테나 설계 및 구현", *마이크로파 및 전파전파 학술대회 논문집*, 제28권, 제1호, pp.391-394, 2005년 5월.

 This work was supported by the Ministry of Commerce Industry and Energy(MOCIE), the Korea Institute of Industrial Technology Evaluation and Planning(ITEP) through the Multimedia Research Center at University of Incheon.