

RF 카드 인식거리 향상을 위한 상호유도 중계 안테나 설계

The Design of Boosting Relay Antenna for Increasing the Recognition Range of RF Card

이상훈 · 이근호** · 최상진
(광운대, 석사과정)

이제영* · 이종철
(*광운대, 박사과정)

이병제 · 김종현 · 김남영**
(**광운대, 교수)

목 차

I. 서론	III. 상호유도 중계 안테나 설계
1. 연구 목적	IV. 결론
II. 이론적 배경	참고 문헌
1. 상호유도 중계 안테나의 원리	

I. 서론

1. 연구 목적

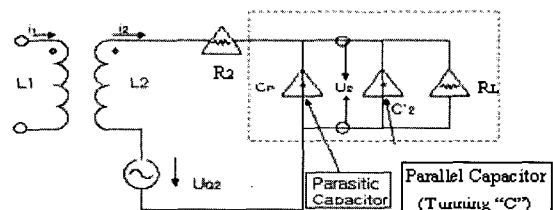
본 논문에서는 향후 Intelligent Transport Systems의 여러 방법 중 ISO/IEC 14443 RF 카드⁽¹⁾를 이용하여 정보를 주고받는 RFID 시스템에서 인식거리를 향상시키기 위한 여러 방법 중 상호유도 중계 안테나를 이용한 인식거리 향상 방법에 대해 연구하였다. 현재의 교통카드로 쓰이는 RF card 시스템의 경우 인식거리를 향상시키기 위해서 transponder에 안테나, 증폭기 및 부가적 회로를 추가한다. RFID 시스템에는 루프안테나가 사용되기 때문에 매질의 영향으로 정상적인 출력이 나오지 않아 인식거리가 감소된다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 상호유도 중계 안테나를 추가하게 되면, 물리적으로 분리되고 유도되는 전류양도 증가되며 기존 시스템에 영향을 주지 않고 인식거리를 증가시킬 수 있게 된다. transponder의 내부 capacitor 특성으로 조절 가능한 공진 특성이 한계에 도달하나 상호유도 중계 안테나가 transponder에 삽입됨으로써 capacitor의 조절범위를 넓혀주어 더 향상된 공진특성을 보여준다.

본 논문에서는 기존 RF카드와 물리적으로 독립된 수동형 상호유도 중계 안테나를 근접시켜 인식거리를 증가시키고 통신 음영 구역 문제를 해결할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 상호유도 중계 안테나의 원리

ISO/IEC 14443 RF 카드에서 transponder의 응답 영역을 알고 있다면 reader에 관련된 에너지 범위를 측정할 수 있다. transponder의 에너지 범위는 transponder가 정상동작할 수 있는 reader와의 거리를 의미한다. 이 에너지 범위는 시스템의 최대 동작범위와 일치하고 transponder에서 전송된 데이터가 reader에 의해 검출되는 것과 같다. RF 카드 시스템의 동작원리를 알아보기 위해서 그림 1에 transponder의 등가회로를 나타내었다. 그림에서 L_2 는 transponder의 코일, C_2 는 전압 전달효율 향상을 위한 transponder의 병렬 capacitor ($C_p + C'_2$), R_2 는 transponder 코일의 저항성분, R_L 는 부하저항, U_2 는 transponder에 상호유도된 전압, i_2 는 transponder에 상호유도된 전류이며 U_{2min} 은 transponder가 동작하기 위한 최소전압이다.



〈그림 1〉 RF CARD transponder의 등가회로

Reader 안테나의 자계 강도영역에서 에너지 범위와 transponder의 자계강도사이에 관계는 $X = \text{측정 거리}$, $R = \text{안테나 반경}$, $N = \text{감은 횟수}$ 일때, 다음식과 같다. ^[2]

$$X = \sqrt[3]{\left(\frac{I \cdot N_1 \cdot R^2}{2 \cdot H_{\min}}\right)^2 - R^2} \quad (1)$$

식(1)에서 알 수 있듯이 transponder의 에너지 범위는 데이터 캐리어의 파워소모에 따른다. 즉 transponder의 전류소모가 증가할수록 transponder의 감도는 증가하고 에너지 범위는 감소한다. transponder의 최대 에너지범위는 그림 1에서 $i_2 \rightarrow 0$, $R_L \rightarrow \infty$ 일 때이다. 또한 $X=0$ 일 때 최대전류는 i_2 이고, 데이터 캐리어에 공급된 전압이 $U_{2\min}$ 이하라면 transponder는 정상동작할 수 없다. 즉, transponder의 인식거리가 최대로 되기 위해서는 일정한 i_2 와 일정한

$U_{2\min}$ 이상의 전압이 흘러야만 되고, 일반적으로 거리가 가까울수록 transponder의 인식이 잘될 것 같으나 공급된 전압이 $U_{2\min}$ 이하라면 가까운 거리에선 인식이 안되고 먼 거리에선 인식이 될 수 있다는 것이다. 이 현상은 reader와 transponder의 상호인식 동작범위 안에서 특정부분에서 음영구역이 생길 수 있음을 의미한다. transponder의 Q값과 동작전압이 정상동작범위에 미치는 영향을 다음 식으로부터 유도할 수 있다.

그림 1에서 U_2 전압수식은 ^[2]

$$U_2 = \frac{\omega k \sqrt{L_1 L_2} \cdot i_1}{\sqrt{\left(\frac{\omega L_2}{R_L} + \omega R_2 C_2\right)^2 + \left(1 - \omega^2 L_2 C_2 + \frac{R_2}{R_L}\right)^2}} \quad (2)$$

이고 transponder의 Q factor는 ^[2]

$$Q = \frac{1}{R_2 \cdot \sqrt{\frac{C_2}{L_2} + \frac{1}{R_L}}} \cdot \sqrt{\frac{L_2}{C_2}} = \frac{1}{\frac{R_2}{\omega L_2} + \frac{\omega L_2}{R_L}} \quad (3)$$

이다. 식(3)에서 $R_2 \Rightarrow \infty$, $R_L \Rightarrow 0$ 이면 Q factor는 0값에 가까워지고 transponder의 루프안테나의 저항값이 $R_2 \Rightarrow 0$ 이고 부하 저항값이 $R_L \gg 0$ 이면 Q factor의 값은 매우 커진다. 그리고 전압 U_2 에서 $R_2 \Rightarrow \infty$ 과 $R_L \Rightarrow 0$ 이면 전압은 0값에 가까워지고 $R_2 \Rightarrow 0$ 이고 $R_L \gg 0$ 이면 전압은 매우 높은 값을 나타낸다. 위의 Q factor 수식에서 R_L 값이 근접시에 작아지므로 트랜스폰더의 Q는 작아지고 reader로부터 멀어질수록 Q값은 커지게 된다. 그리고

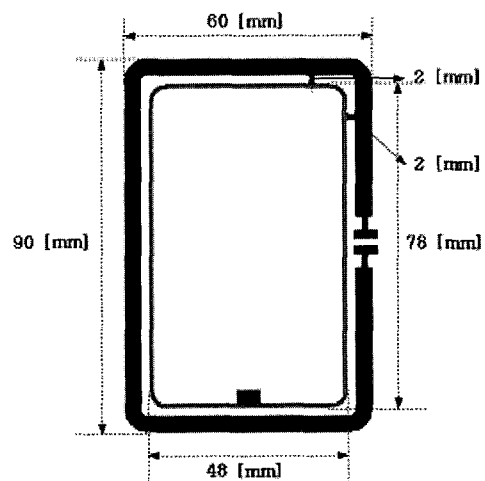
일반적인 transponder의 Q는 $30 < Q < 60$ 로 주어지며 ^[4] transponder 모듈의 동작전압이 3~5 V이므로 $Q=30$ 일때는 최소 동작전압이 되며 $Q=60$ 일때는 transponder에서 데이터통신이 이루어지는 최대 Q값이 된다.

만약 Q값이 허용치를 벗어난다면 회로의 정상적인 동작이 어려우며 이것을 해결하기 위한 방법으로서 상호유도 중계 안테나를 transponder에 근접시키는 방법이 있다. 이 상호유도 중계 안테나는 $R_2 \Rightarrow 0$,

$R_L \gg 0$ 인 특성을 갖고 있으므로 근접시에 transponder가 최소 동작 전압이하로 되는 것을 방지하며 Q값이 매우 높기 때문에 transponder와 결합시 transponder의 Q값이 R_L 이 변함에 따라 일정한 값을 갖도록 하는 역할을 한다.

III. 상호유도 중계 안테나 설계

본 논문의 상호유도 중계 안테나는 안테나의 단면적을 고려하여 설계하였으며, 해석의 용이성을 위하여 실제 상용 RF 카드와 동일한 면적으로 설계하였다. 상용 RF 카드의 Q값보다는 크게 설계하기 위해서 Capacitor를 삽입할 위치와 소자의 Q값을 고려했으며 유도되는 전류를 효율적으로 받기 위해서 도선의 폭을 상용카드의 도선 폭보다 넓게 하였다. 상호유도 중계 안테나를 제작하기 위한 패턴은 여러 가지 사항을 고려하여 그림 2와 같이 제작하였으며 최적화를 위하여 추가적인 conductor를 삽입하였다.

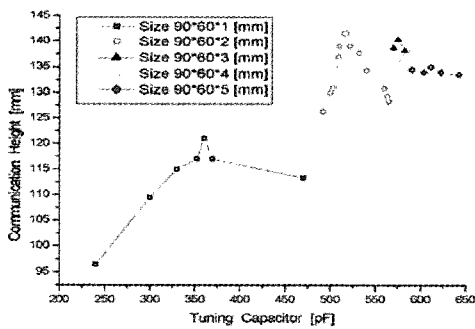


〈그림 2.〉 상호유도 중계 안테나 단면도

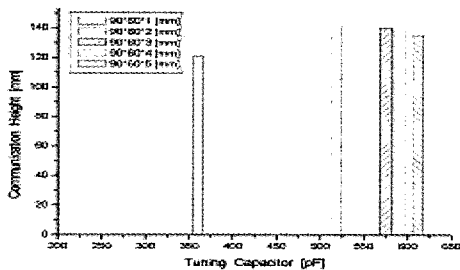
상호유도 중계 안테나의 측정 및 최적화 방법은 크게 오실로스코프를 이용한 방법과 VNA를 이용한 방

법⁽⁴⁾이 있다. 두 가지 측정 방법중 오실로스코프로 측정할 경우에는 MCM, 전압소스, RF카드, 상호유도 중계 안테나등의 설치가 필요하다. 반면에 VNA로 측정할 경우에는 RF카드와 상호유도 중계 안테나의 결합만으로 측정이 가능하므로 본 논문에서는 VNA를 이용하여 측정 및 최적화를 하였다. 통신거리측정에 사용된 Input Source로는 현행 교통 Card Reader System에 사용되는 MCM(Multi Chip Module)이 사용되었으며 출력파워는 28.5 dBm (0.7 W) 이었으며 MCM 출력전압은 48 - 49 [Vp-p] 이었고 Reader의 루프 안테나 지름은 75 mm 이었다. Tuning capacitor의 변화와 상호유도 중계 안테나의 사이즈에 따른 RF Card의 Communication Height를 측정해본 결과 <그림 3, 4> 와 같은 측정결과를 얻을 수 있었다.

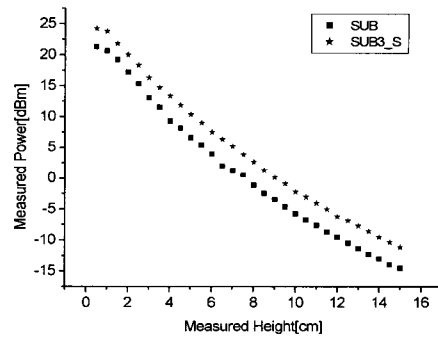
이 실험에서 상호유도 중계 안테나의 사이즈에 따라 Tuning Capacitor값이 서로 다르다는 것과 이에 따라 인식거리도 다르다는 것을 알 수 있었다. 또한 <그림 5> 는 현재 상용중인 지하철 후불카드의 상호유도 중계 안테나 삽입전(SUB)과 삽입후(SUB3_S)의 수신파워 측정결과를 나타낸다. 이것으로부터 상호유도 중계 안테나 삽입후의 수신파워가 4 dB정도 높게 수신된 것을 알 수 있었으며, 따라서 transponder에 유도되는 전류 증가로 인해 인식거리가 향상되는 결론을 얻을 수 있었다.



<그림 3> 안테나 크기에 따른 RF Card의 최대 통신거리

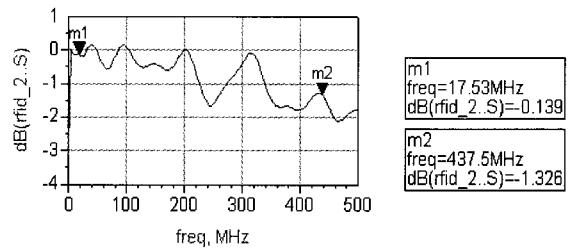


<그림 4> 안테나 크기에 따른 RF Card의 최대 통신거리

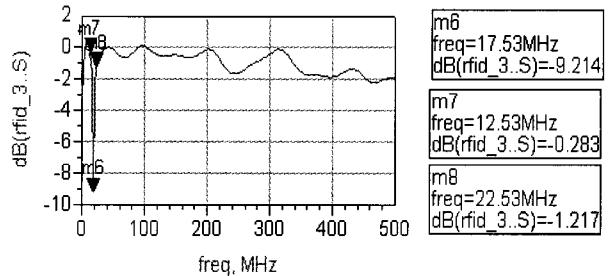


<그림 5> 측정높이에 따른 측정전력

다음은 Vector Analyzer로 측정된 결과를 나타낸다.



<그림 6> 최적화하기전의 중계안테나 측정 결과



<그림 7> 최적화하기전 중계안테나 + RF 카드 측정 결과

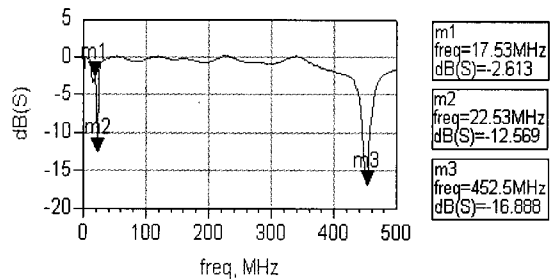


그림 8. 최적화된 중계안테나(c값 543pF) + RF 카드 측정 결과

위의 VNA측정 결과를 살펴보면 상호유도 중계 안테나의 최적화된 S11값은 대략적으로 450 MHz정도에서 공진특성이 나타나고 최적화된 상호유도 중계 안

테나와 일반 RF 카드를 결합하게되면 대략적으로 17~22.5 MHz 대역에서 결합에 의한 공진특성이 나타나게 된다. 이 공진 주파수 부분은 transponder Subcarrier의 주파수와 일치하며 최적화점을 이 주파수에 맞출 경우 인식거리가 증가하고 음영구역이 해결되는 것을 확인할 수 있었다.

IV. 결론

본 논문은 Intelligent Transport Systems의 여러 방법 중 현재 상용된 RF 카드의 인식거리증가를 위한 방법을 제시하였다. 현재 상용화된 RF 카드에 상호유도 중계 안테나를 부착한 결과 거리에 따른 수신전력은 4 dB정도 증가하였으며 RF카드의 인식거리는 2배정도 향상되고 앞에서 언급한 음영구역을 제거해주는 결과를 얻을 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 전파연구소 연구비 지원과 정보통신부의 대학정보통신 연구센터(ITRC) 육성 지원사업의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 이근호, 조호식, 김현구, 이상훈, "무선카드 시스템 표준화 연구", 한국전자파학회 연구보고서, 2001
2. K. Finkenzeller, "RFID Handbook", WILEY, 1999
3. W. Ott. Henry, "Noise Reduction Techniques in Electronic System", John Wiley & Sons, 1988
4. Mifare Micro Module MFCM200 Specification, Philips Semiconductors, 1997