

RFID 음영구역 해결을 위한 베이스 밴드 FSK 기반 900MHz RFID 응답기 설계

박상현⁰, 한수, 신승호
인천대학교 컴퓨터 공학과

{tank1862, pucktank, shin0354}@incheon.ac.kr

Design of 900MHz RFID responder For RFID Deadzone solution A base Base-Band FSK modulation circuit

SangHyun Park⁰, Soo Han, SeungHo Shin

Dept. of Computer Science & Engineering, University of Incheon

요 약

RFID 시스템은 주파수 마다 다른 인식 거리를 가지며, 장거리 시스템의 900MHz의 경우 1m에서 최대 10m까지 인식 범위를 가진다. 주파수는 거리에 의하여 해당 파장이 감소하는 현상이 발생하며, PSK 질문기에서 발생하는 전파는 1/4파장 변화에 의하여 출력 신호 극성이 반전되며 허용 인식범위 내 응답기에서도 적합한 통신이 안되는 영역이 발생하였다.

본 연구에서는 900MHz RFID 장비를 기본으로 안테나와 태그의 위치를 변경하며 테스트를 진행하여 어떤 지점에서 음영구역이 발생하는지 테스트를 진행하고, 문제점이 발생하는 원인에 대하여 논하며 이런 문제점을 해결하기 위하여 일본에서 2.4GHz RFID 응답기에서 사용하는 베이스 밴드 FSK 변조회로를 기반한 900MHz RFID 응답기 설계방안을 제안한다.

1. 서론

RFID가 처음 주목을 받은 이후 개발공정의 변화에서 구매환경의 변화를 가져왔으며, 보다 편리한 환경 즉 유비쿼터스 환경 구축을 위한 핵심기술로 RFID가 주목을 받고 있다.

RFID 시스템은 특정 주파수의 전파를 송신하는 안테나와 이 전파를 수신하는 트랜스폰더(태그)로 구성되어 있다. 안테나는 주파수에 따라 저주파, 고주파, ... 등으로 구별이 되며 각 주파수 마다 인식 등 여러가지 차이점으로 다양한 부분에 사용되고 있다. 트랜스폰더는 전력의 자체 공급여부에 따라서 자체적인 전력이 사용되는 패시브 방식과 내부 배터리를 탑재하여 사용되는 액티브 방식으로 구분하여 사용한다.

일반적으로 패시브 방식의 RFID 칩 내부구조에는 전원 재생회로(렉테나)가 존재한다. 렉테나의 설계에는 고주파측과 직류측 쌍방의 임피던스 정합이 필요하고, 또 고주파측의 임피던스가 전력 레벨로 변화하는 등 복잡한 요소가 있으므로 최적의 설계가 어렵고, 렉테나가 받는 전력도 작아서 수신점의 전력 밀도가 안테나의 유효면적으로 계산한 고주파 전력으로부터 직류 전원으로서의 RF-DC 변환 효율이 50%를 넘기 어렵다[1]. 렉테나에서 받은 전력의 경우 일정한 거리 내에서는 동일한 수신전력을 받아야 한다. 하지만 900MHz RFID 인식시험 진행하면 허용 거리 내에서도 인식이 안되는 음영구역(DeadZone : 전파범위 내에서 인식이 안되는 범위)이 발생한다.

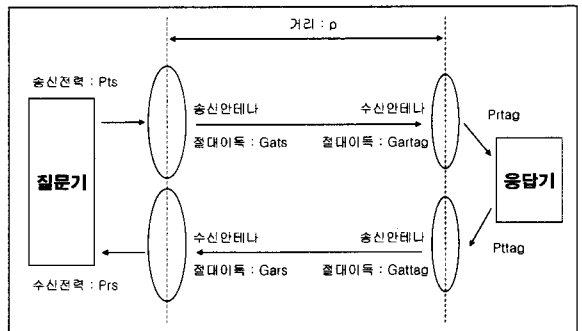
이러한 허용범위 내에서의 음영구역의 발생은 질문기

에서 보낸 전파를 응답기에 받을 때 PSK 복조 신호 극성이 반전되는 원인으로 이를 해결하기 위한 방안으로 일본에서 2.4GHz에 사용한 방안을 이용한 설계 모델을 제안한다.

본 연구에서는 2장에서 RFID와 안테나 측정절차에 대하여 간단하게 설명하고 3장에서 측정절차에 따른 900MHz 인식 실험을 진행하고 결과를 보여주며 4장에서 이를 해결하기 위한 방안을 제시하고 5장에서 결론과 향후 진행에 대하여 논한다.

2. RFID 시스템

2.1 RFID 시스템의 회선



[Fig 1] 회선 설계

RFID 시스템은 [Fig 1]과 같은 회선 설계 시스템을 가진다. 송신안테나에서 보내는 전파를 전력으로 이용하는 패시브 방식은 송신 안테나에서 보낸 전파를 수신

안테나에서 받아 내부 락테나(Rectenna = Rectifier + Antenna)를 이용하여 전력으로 만들어 동작을 하게 된다. 식 (1)에 의하여 응답기에서 받은 전력량을 구할 수 있으며, 식 (2)에 의하여 송신원으로부터 ρ 인 거리에 있는 수신점까지의 전달 손실 L 을 구할 수 있다. (단, 외부 간섭요소에 대해서는 무시한다.)

$$P_{\text{tag}} = P_{\text{is}} \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi\rho}\right)^2 \cdot G_{\text{ats}} \cdot G_{\text{artag}} \quad (1)$$

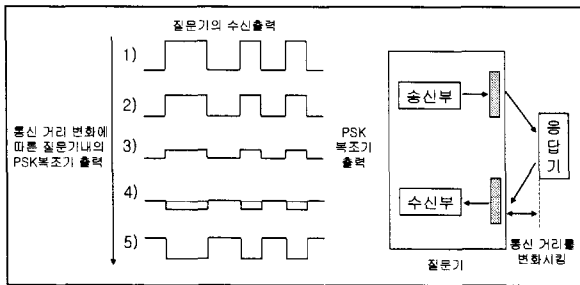
$$L[\text{dB}] = 20 \log\left(\frac{\lambda}{4\pi\rho}\right) + 10 \log(G_{\text{at}}) + 10 \log(G_{\text{ar}}) \quad (2)$$

식(1)은 G_{ats} 는 질문기의 송신 안테나의 절대이득(실수)이고 G_{artag} 는 응답기의 수신 안테나 절대이득으로 응답기에서 이 수신 전력 P_{tag} 는 변조기의 반사계수 γ (전력)로 반사된 전력 P_{tag} 가 되고 질문기로 향해 반사된다.

식(2)은 수신된 전력을 이용하여 송신전력을 단위전력이라고 했을 때의 수신전력, 즉 송신원으로부터 ρ 인 거리에 있는 수신점까지의 전달손실 L 이고 이것을 데시벨로 나타낸 경우이다.

하지만 PSK의 전파에는 [Fig 2]에서와 같이 1)부터 5)로 통신 거리가 변함에 따라 1/4 파장 변화로 질문기 PSK 복조기 회로부터의 출력 신호 극성이 반전된다[1].

예를 들어 13.56MHz에는 1/4 파장이 5.5m나 되므로 통신 거리가 짧은 레벨의 시스템에서는 이러한 반전 문제는 별로 나타나지 않는다. 하지만 2.45GHz대를 이용한 RFID 시스템에서는 1/4 파장이 약 3cm이므로 통신 거리가 3cm 변화할 때 마다 수신 데이터의 "0"과 "1"이 반전되는 문제는 실용상 무시할 수 없다.

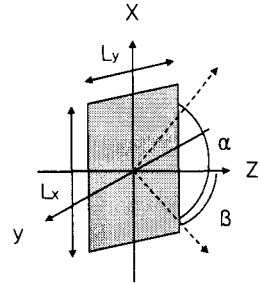


[Fig 2] 통신 거리에 따른 PSK의 질문기에 있어서 복조기 출력의 극성반전 문제

2.2 안테나 측정 기술의 원리

인식테스트는 안테나 측정 기술 원리에 따라서 진행을 하였다.

중간 영역에서 진폭과 위상의 측정에 근거하여, 안테나의 지향성 패턴을 정하는 방법을 사용하였다. 이 방법은 원거리 방법에 의하여 측정하기 곤란한 무반사실의 경우 특히 유용하며 측정한 데이터를 가지고 원거리 영역의 지향성 방사패턴의 특정 단면을 복원할 수 있다.



[Fig 3] 각도 좌표계

1) 영역 측정 기술과 절차

[Fig 3]의 각도 좌표계를 바탕으로 (식 3)과 같이 중간영역의 전기 E_0 는 거리 D 떨어져 있는 영역의 E_D 과 푸리에 계수 k_{mn} 으로부터 구할 수 있다.

$$E_0(\alpha, \beta) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} [k_{mn} \cdot E_D(\alpha, \beta, m, n)] \quad (3)$$

$$k_{mn} = \frac{1}{T_x T_y} \int_{-T_x/2}^{T_x/2} \int_{-T_y/2}^{T_y/2} e^{-ic^2 u^2} e^{im \frac{2\pi}{T_x} v} dv \quad (4)$$

중간 영역에서 측정 절차는 다음과 같다.

- (1) 측정 파라미터를 결정한다.
- (2) Range Antenna는 고정하고, Test Antenna를 회전시켜서 측정한다. 또는 보유하고 있는 챔버의 특성에 맞게, Range Antenna를 움직이고, Test Antenna를 고정시켜서 측정할 수 있다.
- (3) 중간영역의 측정 데이터 패턴을 도출한다.

2.3 RFID 실험 장비

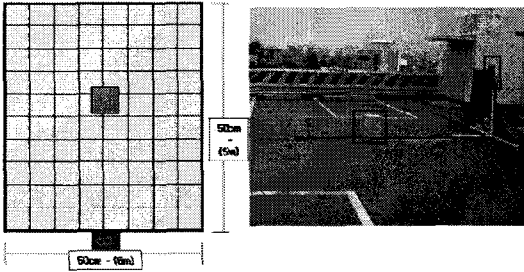
실험에 사용한 장비는 쥘키스컴의 RFID Study Kit KIS-100U로 900MHz 대역으로 제작된 제품이다. 제품 사양은 다음과 같다.

- Reading Distance 5m
- RFID Tag 910-914MHz Read Only
- Reader Size 200 * 250 * 35 (L * W * H) mm
- Antenna Size 416 * 210 * 40 (L * W * H)
- 100 ~ 240 VAC, 250mA, 50/60Hz
- Interface Cable (RS232)

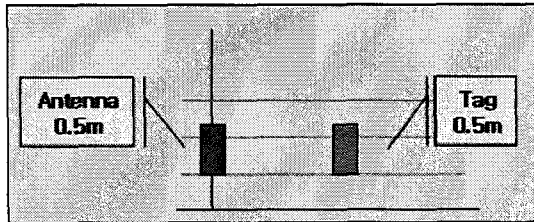
3. 안테나 인식 실험

3.1 인식 테스트 환경

2.2의 안테나 측정 기술 원리에 따라 900MHz의 안테나를 이용하여 인식 실험을 진행하였다. 실험 환경 인식 범위는 안테나를 기준으로 태그를 부착한 박스를 수평, 수직 각각 6m까지 [Fig. 4]와 같이 구축하여 0.5m단위로 이동하며 테스트를 진행한다.



[Fig 4] 인식 거리 실험 환경

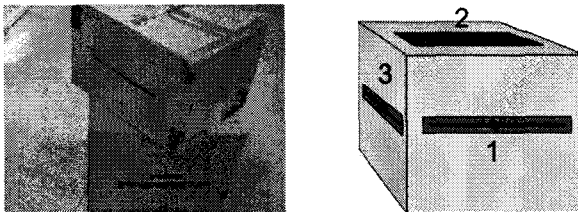


[Fig. 5] 안테나와 태그의 위치변화

안테나와 태그의 위치는 [Fig. 5]와 같이 바닥을 기준으로 0.5m씩 위로 이동하여 테스트를 진행하여 총 9가지 환경으로 실험을 진행하였다.

3.2 태그부착 위치

태그는 빈 상자를 기본으로 상자 외부에 직접 붙여서 내부 물건에 대한 주파수 영향을 없애고 테스트를 진행한다. 상자 정면 및 윗부분 그리고 측면에 부착하여 각각의 태그 인식률을 테스트한다. 태그를 지상으로부터 띄우기 위해 상자를 사용, 상자가 태그에 미치는 영향은 이미 하다고 가정한다. 각 태그의 위치에 따라 번호를 부여하여 사용한다.



[Fig 6] 태그 부착 위치

3.3 인식 실험 결과

9가지 실험 환경을 이용하여 인식 실험을 진행한 결과 장비들의 차이는 있지만 태그를 박스 외부에 붙여 테스트를 진행하여 최대 5m까지 인식범위 테스트를 진행하였다.

일반적으로 사용하는 식(2)에서 표현되는 전달손실(L)만을 실험에 적용하고 다른 외부 요인에 대해서는 고려하지 않고 실험을 진행하였다.

Table에서 AH는 안테나 위치, TH는 태그위치, H는 수평 이격 거리이고 기준점을 0으로 하여 안테나와 태그의 위치를 0.5m 단위로 변경하여 실험을 진행하였다.

안테나와 태그의 높이를 변화하며 9가지 환경으로 테스트를 진행한 결과 [Table 1], [Table 2]와 같은 실험 결과를 얻었다.

[Table 1] 인식거리 실험 결과 (AH 0.5m : TH 1m)

AH	TH	H	vertical(M)													
			0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6		
0.5	Left	3														
		2.5														
		2														
		1.5														
		1														
	0.5															
	0															
	0.5															
	1															
Right	1.5															
	2															
	2.5															
	3															

[Table 2]인식거리 실험 결과 (AH 1m : TH 1.5m)

AH	TH	H	vertical(M)													
			0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6		
0.5	Left	3														
		2.5														
		2														
		1.5														
		1														
	0.5															
	0															
	0.5															
	1															
Right	1.5															
	2															
	2.5															
	3															

실험결과에서 3가지 색 빨강색, 주황색, 노랑색을 이용하여 결과를 표현하였으면 빨강색의 경우 부착한 태그 1,2,3이 모두 인식되는 경우, 주황색의 경우 2가지 태그가 인식되는 경우 마지막으로 노랑색은 1가지 태그만이 인식되는 경우를 표현하였다.

9가지 환경 실험 중 (안테나 : 태그)가 (0.5m : 1m), (1m : 1m), (1m : 1.5m), (1.5m : 0.5m)의 경우에 총 인식 범위 내에서도 인식이 안되는 음영구역이 발생하였

다.

4. 제안 시스템

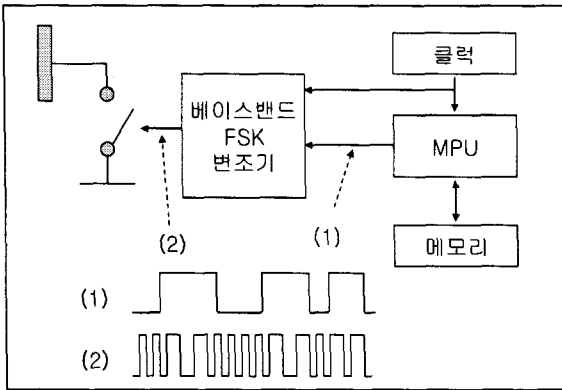
[Fig 7]은 베이스 밴드 FSK 변조회로를 이용한 응답기 설계 모습이다. FSK 방식은 보내고 싶은 정보 (1)을 (2)와 같이 주파수에 대응시켜 전송하는 방식이다.

UHF대역의 통신 거리에 의한 PSK의 극성 반전 문제에 대하여 일본에서는 통신 거리에 따라 질문기의 수신측 PSK 복조회로 출력 극성이 반전하여도 정보의 판정을 베이스밴드 FSK화 한 주파수에 의해 식별한다. 따라서 재생되는 데이터는 응답기가 보내고 싶은 정보와 극성이 일치한다

위한 다각도의 연구를 진행하여 보다 효과적인 시스템 개발을 진행할 것이다.

References

[1] 네비야 히데유키, 우에타게 고도미, "유비쿼터스 무선공학과 미세 RFID," 충남대학교출판부, 2004.
 [2] 정보환, "이동통신에서의 페이딩 현상과 대책," 전파진흥원, 전파 제 105 호, 2000.
 [3] 조대진, "RFID 이론과 응용," 홍릉과학출판사, 2005.
 [4] A. Batra et al., "Multi-band OFDM Physical Layer Proposal for IEEE 802.15 Task Group 3a", IEEE P802.15-03/268r3, March 2004.
 [5] Jeff Foerster, "Channel Modeling Sub-committee Report Final," IEEE P802.15-02/368r5-SG3a, Nov., 2002.



[Fig. 7] 베이스 밴드 FSK 변조회로

5. 결론 및 추후 연구

RFID를 이용하여 SCM, 운송, 교통 등 수 많은 분야에 적용이 되고 있다. 하지만 처음에 기대한 효과에 비하면 미흡하다. 실용화를 위해 프로세스의 정립에서 프라이버시 침해 문제에 대한 부분까지 많은 고려사항이 필요하지만 원천적으로 기기 내에서의 오작동을 최우선적으로 고려하여야 한다.

900MHz 인식실험을 통해 안테나와 태그의 수평 위치 변화에 따라 테스트를 진행한 결과 허용 범위 내에서도 인식이 안되는 영역이 발생하는 문제가 발생하였다. 응답기와 질문기의 거리의 변화에 따라 손실되는 전력량은 당연한 결과지만 파장의 위상 변화로 "0"과 "1"이 반전하는 문제는 데이터의 신뢰성이 낮아진다. 이는 현금 결재를 위한 시스템에 도입하는 경우 같이 100% 인식률이 필요한 시스템에서는 심각한 문제를 발생할 수 있다.

국내외에서 구현 손실과 다중경로 페이딩을 고려한 MB-OFDM UWB(Multi-Band Orthogonal Frequency Division Multiplexing Ultra Wide Band) 시스템에 대한 연구가 진행 중이다[4].

앞으로 원인에 대한 보다 많은 분석과 이를 해결하기