

UHF대역 RFID Reader에서 인식률 향상을 위한 송신누설신호 상쇄기술

준회원 노 의 호*, 이 종 혁*, 정회원 김 남 윤*, 종신회원 김 창 우*,

A Cancellation Technique of TX Leakage Signal for Enhanced Readability in UHF-band RFID Readers

Eui-ho Noh*, Jong-hyuk Lee* *Associate Members*, Nam-yoon Kim* *Regular Member*,
Chang-woo Kim* *Lifelong Member*

요 약

UHF RFID 리더에서 태그 인식률을 향상시키기 위한 누설신호 상쇄회로 시스템을 제안하였다. 제안된 구조는 송/수신 신호의 전력 차이를 감지하는 전파환경 모니터링 블록과 누설신호를 상쇄시키는 누설신호 상쇄블록으로 구성되었다. Feed-forward 상쇄 방식을 기본으로 하여 방향결합기, 디지털제어감쇄기, 위상천이기 등으로 구성된다. 누설신호 상쇄회로 시스템은 안테나와 리더 사이에 설치해서 기존 리더의 성능을 향상시킬 수 있다. 측정 결과 국내 UHF RFID 리더 표준에서 사용하는 주파수 대역에서 29.4~30.9dB의 누설신호 상쇄 효과를 얻었다.

Key Words : UHF, RFID, reader, TX leakage cancellation

ABSTRACT

In order to improve readability, a leakage-signal canceller has been proposed in UHF-band RFID readers. The proposed canceller is composed of two blocks: an environment monitoring block for detection of Tx and RX power levels and a leakage cancellation block. The leakage canceller consists of directional-couplers, digital attenuators and phase shifters based on the feed-forward scheme. The leakage canceller is located between antenna and reader. An improved experimental characterization of the scheme is presented with results from the reader operating in the Korean RFID frequency band, conforming the validity of the approach with more than 29 dB of leakage cancellation.

1. 서 론

RFID(Radio Frequency IDentification)는 전파를 사용하여 사물에 부착된 태그로부터 사물의 정보나 주변 환경의 정보를 비접촉식으로 인식하는 자동인식 기술이며, 긴 사용시간, 보안, 휴대성 등 많은 장점으로 무선 인식 관련의 많은 분야에서 응용이 가능하다^[1,2]. 기존에 사용되던 방식인 바코드나 마그네틱 스트

립같은 기술을 대체 할 수 있는 수단으로 각광받고 있지만, 바코드나 마그네틱 스트립에 비해 인식률이 저조하다는 단점을 가지고 있어 생활 전반에서 RFID 기술을 사용되지 못하고 있다. 이와 같이 인식률이 낮은 이유로는 여러 가지 문제를 들 수 있지만, 그 중 가장 큰 문제는 송신신호가 수신단으로 들어오는 송신신호 누설전력 문제이다. 이 문제는 특히 수동형 태그를 사용하는 RFID 시스템에서는 더욱 문제가 된다. 수동형

※ 본 연구는 경희대학교 공모과제(KHU-2008-0656) 지원으로 수행되었다.

* 경희대학교 대학원 전자전파공학과 무선통신회로연구실(noyo84@khu.ac.kr)

논문번호 : KIC2010-12-600, 접수일자 : 2010년 12월 13일, 최종논문접수일자 : 2011년 5월 2일

태그를 이용한 UHF RFID 시스템의 경우 태그는 리더의 continuous-wave (CW) 신호를 전력으로 사용하여 마이크로 칩을 동작 시키고 응답 신호를 만들어낸다³⁾. 즉, 태그가 응답하는 타이밍에 리더에서는 CW 신호를 방사하게 되고 태그는 이 신호를 전원으로 하여 back-scattering 한다. 이 때 리더에서 방사하는 CW는 30 dBm의 매우 큰 전력을 방사하는데 이 신호는 여러 가지 요인에 의해 수신단으로 들어온다. 이런 신호를 송신측 누설신호라고 한다. 일반적으로 circulator나 directional coupler를 이용한 구조에서는 송수신단의 격리도를 25 dB이상 증가시키기 어렵다. 따라서 수신단으로 들어오는 전력은 5 dBm 이내가 된다⁴⁾. 태그 신호보다 상대적으로 매우 큰 전력의 송신측 누설신호에 의해 LNA가 포화되는 경우가 발생하여 태그 신호마저도 왜곡시키는 경우가 발생하는데 이 때문에 리더의 디아나믹 레인지가 감소된다⁵⁾. 리더와 태그의 거리가 10 m인 경우 수신단으로 들어오는 태그 신호의 전력은 -80 dBm으로 매우 작으므로 송신 누설전력이 큰 경우 태그 신호는 리더신호에 묻히게 되어 태그신호를 구분 할 수 없는 경우가 발생한다. 위의 두 가지 경우를 해결하기 위해서는 송/수신단의 충분한 격리도가 요구된다^{6)~9)}.

본 논문에서는 송신측 누설신호 문제를 해결하기 위해 효과적으로 송신 누설신호를 제거하는 방식을 제안한다.

II. 송신 누설신호 상쇄회로 설계

2.1 송신전력 누설 경로

송신전력의 누설 경로를 그림 1에 보이고 있다. 그림 1에서는 두 가지의 누설 경로를 나타내는데 첫 번째는 하나의 안테나를 사용해 송/수신 포트를 공유으로 사용하는 경우이고, 두 번째는 여러 개의 안테나를 사용해 송/수신 포트를 분리해서 사용하는 경우이다. 안테나를 하나만 사용하는 경우 directional coupler

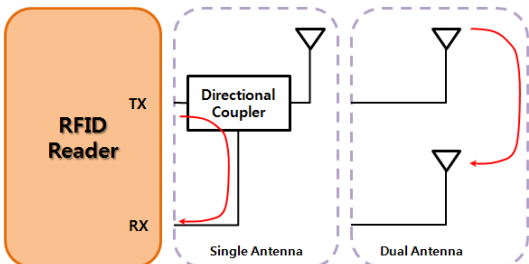
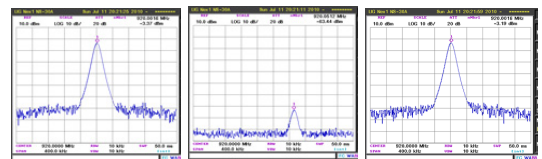
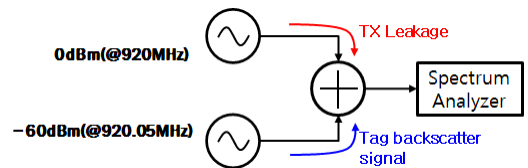


그림 1. 송신전력 누설 경로

나 circulator를 이용해 안테나 포트를 공유하게 된다. 상용 directional coupler나 circulator의 경우 격리도가 20 ~ 30 dB로 매우 낮다. 따라서 회로 내부의 부품을 통해 송신신호가 수신단으로 누설되게 된다. 여러 개의 안테나를 사용해 송/수신 포트를 분리하는 경우 각 안테나간의 거리와 각도에 의해 격리도가 정해진다. 하지만 실제 리더를 사용하는 환경에서는 전파 환경이 지속적으로 변하기 때문에 실시간으로 변하는 전파환경에 따라 격리도가 변하게 된다. 수신 안테나가 송신 안테나 근처에 있거나 마주보는 경우 수신단으로 누설되는 전력은 더욱 많아진다. 송/수신 포트의 격리도가 30 dB인 경우 송신 신호가 30 dBm의 전력을 방사하기 때문에 수신단은 0 dBm 이내의 누설신호가 들어오게 된다. 따라서 격리도 확보를 위한 기술이 필요하다⁷⁾.

송신 누설신호가 어떤 문제를 일으키는 지 확인하기 위해 그림 2와 같은 회로를 구성하고 그 결과를 Spectrum Analyzer를 이용해 확인했다. 송신신호의 경우 국내 RFID 표준인 917 ~ 923.5Mhz의 중간 주파수인 920MHz로 했다. 리더 신호가 최대 30dBm으로 방사하므로 격리도가 30dB인 상용 소자를 사용했을 경우를 고려해 0dBm의 송신 누설신호가 발생했다고 가정했다. 태그 신호의 경우 중심 주파수에서 50kHz 떨어져 있는 주파수로 정했으며 이 주파수 범위 또한 EPC Global Class1 Gen2에서 제정한 RFID 표준에 명시되어 있다. 각 신호는 신호발생기를 이용했고, Combiner는 I.L이 3.5dB인 모듈을 이용했다. 그림 2에서 0dBm의 송신 신호와 -60dBm의 태그 신호가 결합되었을 때 송신 신호의 spurious에 의해 태그 신호의 검출이 어려워지는 것을 확인할 수 있다.



(a) TX leakage (b) Tag signal (c) Combined signal

그림 2. 송신 누설전력신호 문제

2.2 송신 누설전력 상쇄실험

송신 누설전력을 RF단에서 상쇄하는 실험을 하기 위해 그림 3과 같은 블록을 구성했다.

그림에서 블록은 리더의 송신단, 태그신호, 공기에서의 신호가 합쳐지는 부분에 대해 회로로 구성하고 있다. 각 블록은 모듈로 이루어진 상용 부품을 이용했다. 리더 송신단 부분은 리더에서 송신되는 신호와, 상쇄신호를 생성하는 부분으로 나뉜다. 송신 신호는 신호 발생기를 이용해 920 MHz 10 dBm을 송신하였다. 상쇄신호는 방향성 커플러를 통해서 나온 신호에 대해 감쇄기와 위상 천이기를 조절해서 만들어 준다. 이 때 상쇄신호는 송신 누설신호와 전력을 같게 하고 위상을 반대로 할 수 있도록 조절한다. 공기에서의 감쇄기는 10 dB 감쇄기를 이용해 송신 신호가 10 dB

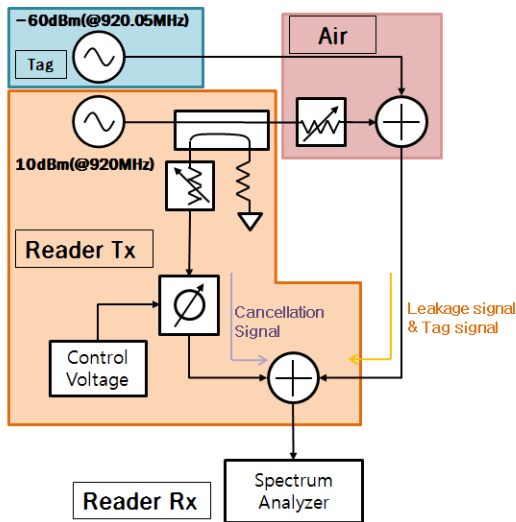


그림 3. 송신 누설신호 상쇄회로 블록도

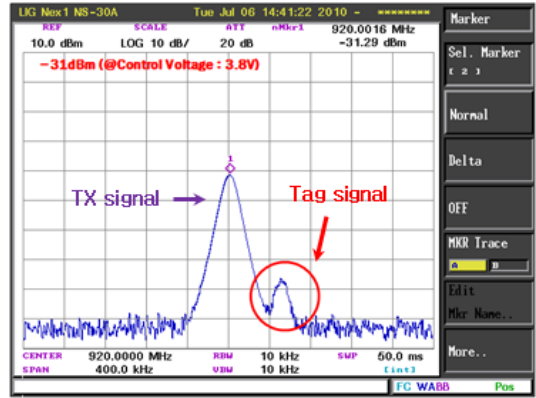


그림 5. 송신 누설신호 상쇄 후

감쇄된 송신측 누설 전력으로 바뀌는 것을 나타냈다. 상쇄 신호후의 감쇄기는 상쇄 신호의 전력과 송신 누설 전력이 같도록 맞춰주는 역할을 한다. 이 실험에서는 1 dB 단위로 조절 가능한 감쇄기를 사용했다. 위상 천이기의 경우 Skyworks 社의 제품을 사용해 전압으로 위상을 천이시킬 수 있도록 하였다. 그림 4는 누설 신호 상쇄회로를 적용시키기 전의 결과이다. 송신 누설신호의 spurious 때문에 태그 신호의 확인이 어렵다. 그림 5는 누설신호 상쇄회로를 적용시킨 후의 결과이다. 송신 누설신호에 대한 상쇄신호가 결합돼 -4d Bm 이었던 송신 누설신호가 -31 dBm으로 추가적으로 26 dB의 격리도가 확보됨을 확인 할 수 있다.

2.3 송신 누설신호 상쇄 시스템 구조

그림 6은 본 논문에서 제안하는 송신 누설신호 상쇄 시스템의 블록도이다. 본 시스템은 크게 두 블록으로 전파환경 모니터링 블록(Environment Monitoring Block: EMB)과 누설신호 상쇄 블록으로 구성되어있다. 전파환경 모니터링 블록은 리더의 송신 전력과 수

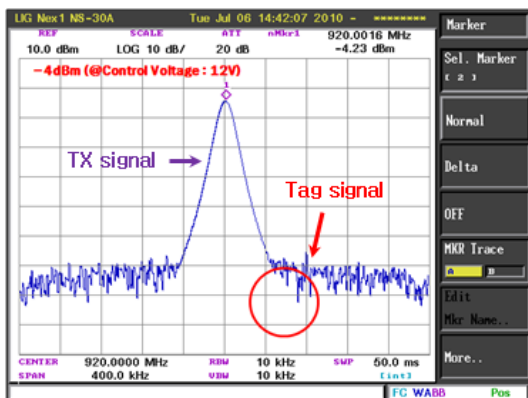


그림 4. 송신 누설신호 상쇄 전

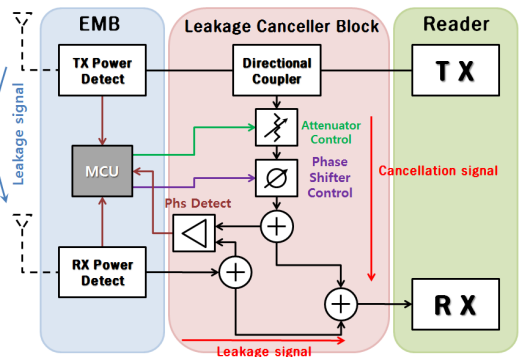


그림 6. 송신 누설신호 상쇄 시스템 블록도

신 전력을 감지해 격리도를 실시간으로 확인하는 역할을 한다. 누설신호 상쇄 블록은 방향성 커플러에서 커플링 된 상쇄 신호의 전력과 수신단으로 들어오는 누설 전력신호의 크기를 같게 만들기 위해 감쇄기와 위상 천이기를 제어한다.

그림 7은 송신 누설신호 상쇄 시스템의 순서도이다. 전파환경 모니터링 블록을 이용해 상쇄신호의 전력과 수신 신호의 전력을 같게 만드는 과정을 거친다. 전력의 크기가 같아진 신호는 누설신호 상쇄 블록의 위상 검출기를 통해 상쇄신호와 수신신호의 위상을 180도 차이가 나도록 만들어 준다. 감쇄기를 통한 감쇄 값이 틀려지면 상쇄 신호의 위상이 10도 이내로 바뀌기 때문에 이를 보정하기 위해 감쇄기를 먼저 컨트롤 하고 위상을 조절하는 방식을 사용했다. 위의 과정을 실시간으로 적용해서 전파환경이 변하더라도 즉시 격리도가 최적으로 확보되도록 할 수 있다.

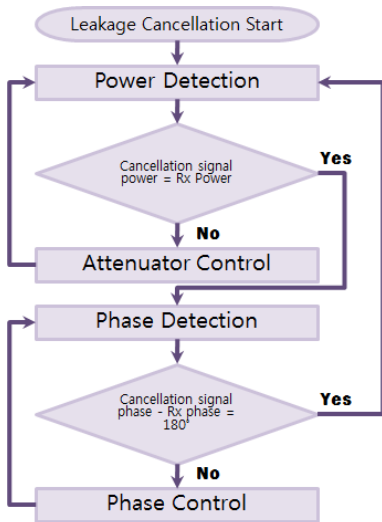


그림 7. 송신 누설신호 상쇄 시스템 순서도

2.4 전파환경 모니터링 블록 회로 측정

그림 8은 전파환경 모니터링 블록의 회로도를 나타냈다. 이 블록은 Bi-Directional Coupler, LPF, 전력 감지기, 감쇄기로 구성됐다. 안테나가 송신안테나와 수신안테나로 모두 사용될 수 있도록 하기위해 송/수신 전력을 모두 확인하도록 하였다. 송신전력은 커플링전력도 매우 크기 때문에 20 dB 감쇄기를 사용하였다.

그림 9는 Bi-Directional Coupler의 입사파와 반사파에 대한 삽입손실, 커플링, 격리도에 대한 측정 결과이다. 측정결과를 통하여 입사파의 삽입손실, 커플링, 격리도는 각각 -0.819, -11.125, -28.136 dB로 측

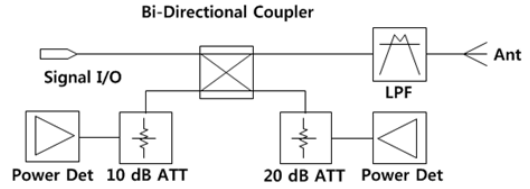


그림 8. 전파환경 모니터링 블록 회로도

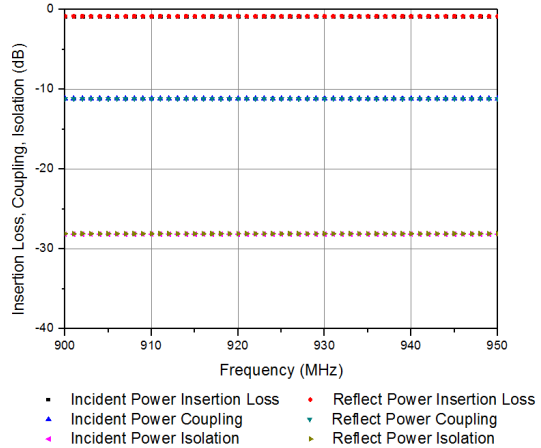


그림 9. Bi-Directional Coupler 측정결과

정되었으며, 반사파의 경우에는 각각 -0.826, -11.147, -28.078 dB로 측정이 되었다.

그림 10은 10, 20 dB 감쇄기에 대한 측정결과를 나타낸다. UHF 대역에서 10 dB 감쇄기는 -10.715 dB, 20 dB 감쇄기는 -20.562 dB의 감쇄량을 보이고 있다.

그림 11은 LPF에 대한 측정결과이다. UHF 대역에서 1.12 dB의 삽입 손실을 나타내며, 3-dB cutoff frequency는 1200 MHz 정도로 나타내고 있다.

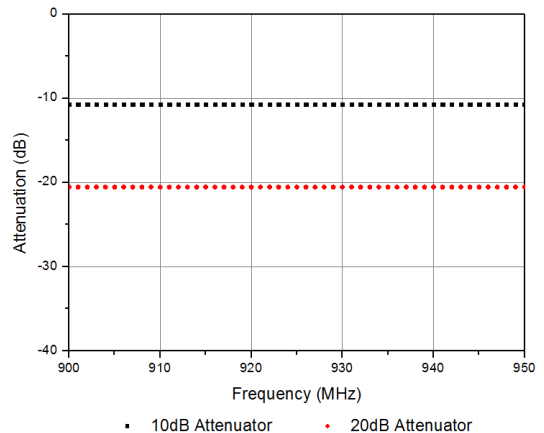


그림 10. 10, 20 dB Attenuator 측정결과

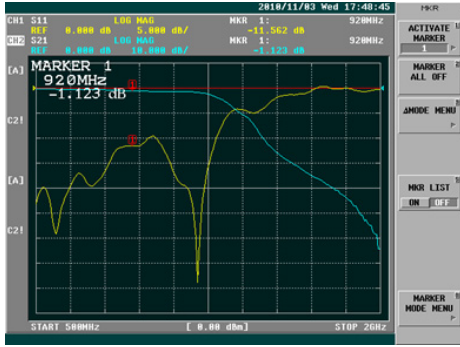


그림 11. LPF 측정결과

그림 12는 전력 검출기에 대한 측정 결과이다. 측정 결과 MDS(minimum detection signal)은 -65 dBm이며, dynamic range는 -65 ~ 0 dBm으로 측정이 되었다. 그림 13은 입사/반사 전력 (dBm) 레벨 모니터링 블록 삽입 손실 측정 결과를 나타내고 있으며, UHF 대역에서는 -1.801 dB의 삽입 손실을 가진다.

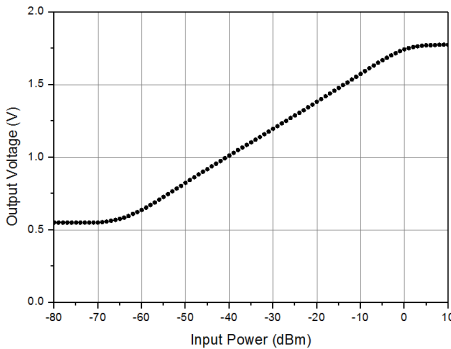


그림 12. 입사/반사전력 Level Detector 측정결과

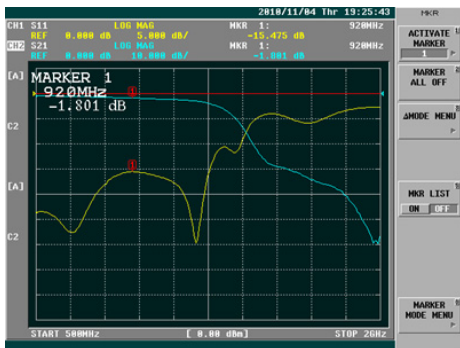


그림 13. 입사/반사전력 level Detection Block 삽입 손실 측정 결과

2.5 누설신호 상쇄회로 측정

그림 14는 누설신호 상쇄회로의 블록도이다. 방향

성 커플러를 이용해 상쇄신호를 생성한다. 생성된 상쇄신호는 MCU에 의해 컨트롤되는 감쇄기를 통해 누설신호의 전력과 같게 만들어진다. 위상 검출기를 통해 두 신호의 위상차가 검출되면 위상 천이기를 이용해 위상을 180도 차이가 나도록 만든다. 이 신호가 전력 합성기를 통해 합쳐지면서 두 신호가 상쇄되고 이 신호는 리더의 수신단으로 들어가게 된다.

그림 15는 감쇄기의 측정 결과를 나타냈다. 본 논문에서 사용한 방향성 커플러는 20 dB 커플러를 사용하였다. 일반적인 리더의 송신 전력은 30 dBm이므로 상쇄신호 경로로 들어오는 전력은 10 dBm이다. 그림 3에서 사용한 감쇄기의 경우 1-dB 단위로 컨트롤이 되는 부품을 사용하였으나, 그림 14에서는 누설신호 상쇄를 더 정확히 하기 위하여 31.5 dB까지 0.5-dB 단위로 감쇄가 가능한 감쇄기를 사용하여 -21.5 ~ 10dBm 범위의 누설신호를 상쇄시킬 수 있었다. 감쇄량에 따라서 위상이 천이되지만 그 값이 5도 이내로 매우 미미하다. 또한 감쇄기에 의해 천이된 위상과 위상 천이기에 의한 위상 천이가 합쳐져서 위상 비교기로 들어가기 때문에 위상 비교기에서 감쇄기에서의 위상 천이를 보정해 줄 수 있다.

본 논문에서 사용한 위상 천이기는 0~110도의 위상 천이가 가능하다. 따라서 보다 많은 상쇄 범위 보장하게 하기 위해 위상 천이기 2개를 직렬로 연결해 사용해 총 220도의 위상 천이가 가능하다.

위상 비교기로는 상쇄신호와 누설신호가 입력되게

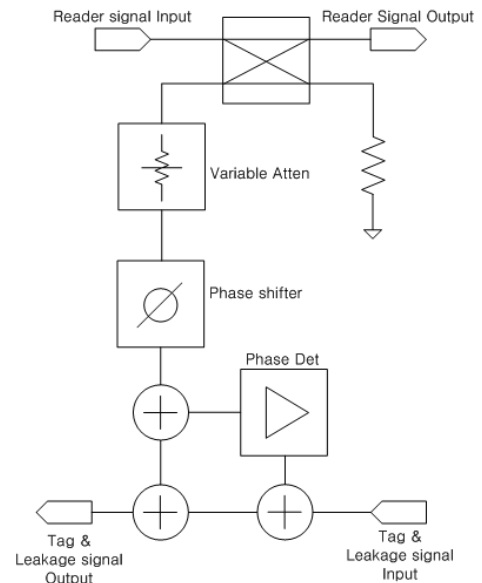


그림 14. 누설신호 상쇄회로 블록도

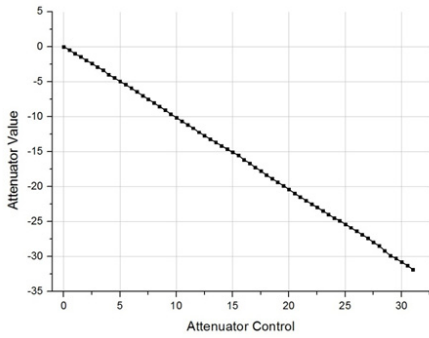


그림 15. 감쇄기 측정 결과

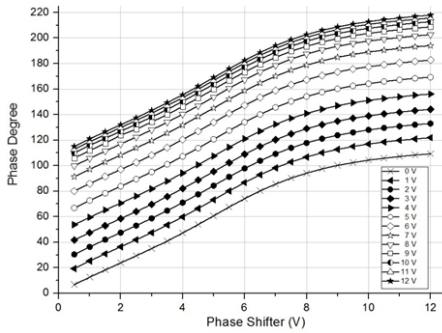


그림 16. 위상 천이기 측정 결과

된다. 각 신호는 같은 종류의 전력 분배기를 이용해 나눠져서 입력되기 때문에 위상천이 정도가 동일하다. 따라서, 위상 비교기에서의 위상차와 두 신호가 실제로 상쇄되는 전력 합성기에서의 위상차는 동일하다고 볼 수 있다. 그림 17의 위상 비교기 측정 결과를 분석 하면 위상 비교기의 출력값이 0.1 V가 나올 때 180도의 위상차가 나는 것을 확인 할 수 있다. 위상 비교기의 출력값을 통해 누설신호와 상쇄신호의 위상차를 측정 할 수 있고, 위상차를 위상 천이기를 통해 위상 비교기의 출력이 0.1 V가 나오도록 컨트롤 한다.

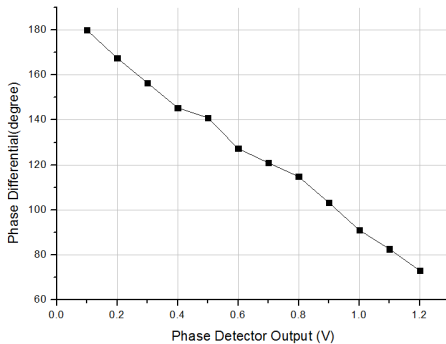


그림 17. 위상 비교기 측정 결과

그림 18은 제작된 누설신호 상쇄회로, 전파환경 모니터링 블록, MCU 블록이다. 전파환경 모니터링 블록의 경우 멀티 안테나를 사용하는 경우에 대한 실험을 위해 입/출력 포트를 4개로 제작 했지만 본 논문에서는 송/수신의 두 개의 포트만 사용하기 때문에 두 개의 포트만 사용해 실험을 진행했다.

전파환경 모니터링 블록을 이용해 상쇄신호 전력과 누설신호 전력을 같게 맞춘 상황에서 위상 천이기의 컨트롤 전압을 변화시키며 상쇄 전력을 측정하였다. 그림 19의 측정에서는 위상 천이기의 전압을 하나는 0 V로 위상 천이를 0도로 만들고 나머지 하나의 위상 천이기를 3 V로 조절해 35도의 위상 천이가 이뤄진 상황에서 30.3 dB의 격리도가 확보되었음을 확인 할 수 있다.

그림 20은 상쇄신호의 위상과 누설신호의 위상이 180도가 되었다고 했을 때 위상이 틀어진 정도에 따른 상쇄전력을 측정할 것이다. 상쇄신호의 위상과 누설신호의 위상차이가 180도인 경우 30.0dB의 격리도를 추가로 확보 할 수 있지만 여기에서 55.2도의 위상 오류가 발생하면 누설신호에 대한 상쇄가 일어나지 않는다. 55.2도 이상의 위상 오류에서는 누설신호가 커져서 오히려 시스템에 악영향을 줄 수 있다.

그림 21은 누설신호 상쇄 회로를 동작시키기 전과

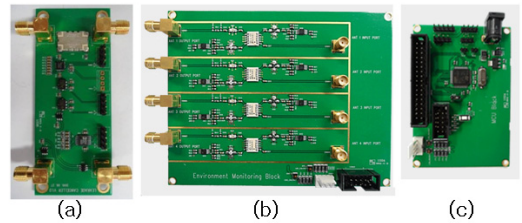


그림 18. 제작된 누설신호 상쇄회로 : (a) 누설신호 상쇄회로, (b) 전파환경 모니터링 블록, (c) MCU 블록

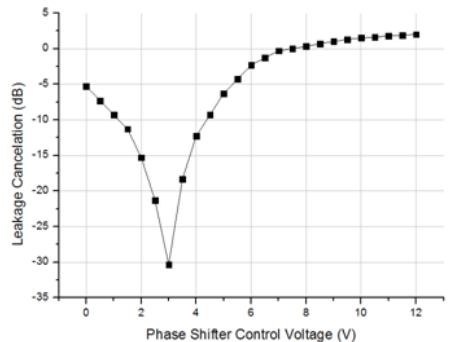


그림 19. 누설신호 상쇄 측정결과

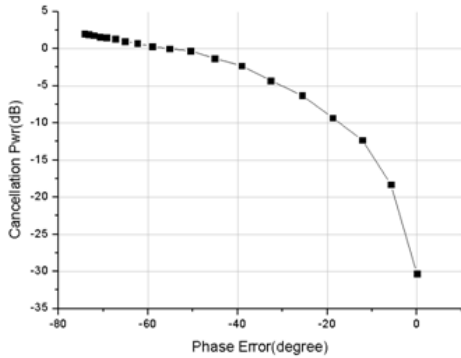


그림 20. 위상 오류에 따른 상쇄전력 측정

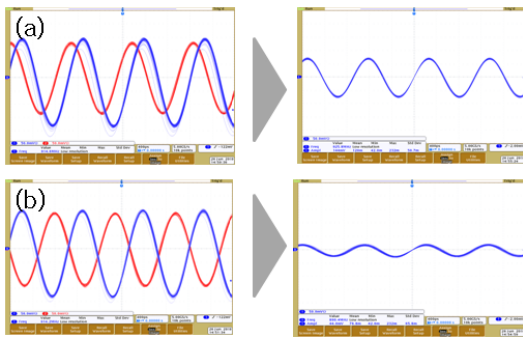


그림 21. 누설신호 상쇄 측정 : (a) 상쇄회로 동작 전, (b) 상쇄회로 동작 후

후의 상쇄 정도를 고주파 오실로스코프를 통해 측정 한 결과이다. 누설 신호가 상쇄되는 것을 확인 할 수 있다. 감쇄기가 0.5 dB 단위로 조절되기 때문에 누설 신호와 상쇄신호의 전력 크기가 정확히 일치하지 않지만 0.5 dB의 오차로 인한 상쇄된 전력값은 허용 가능한 범위이다. 조금 더 정밀하게 조절할 수 있는 감쇄기를 사용한다면 격리도는 더욱 향상될 것이다.

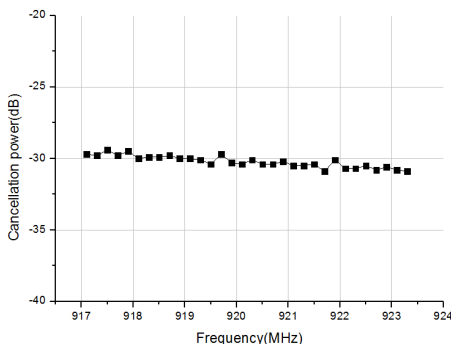


그림 22. 주파수별 상쇄 측정

그림 22은 국내 UHF RFID 리더의 주파수 범위에서 채널별 상쇄 정도를 측정 한 것이다. 본 논문의 회로를 사용했을 때 29.4~30.9dB의 격리도가 확보됨을 확인 할 수 있다.

III. 결 론

본 논문에서는 UHF RFID 리더에서 발생하는 누설신호를 상쇄하기 위한 회로를 제안 및 구성했다. 기존 리더에의 격리도는 단일 안테나를 사용하는 경우 20~30 dB, 다중 안테나를 사용하는 경우 30 dB의 격리도를 가지지만 본 논문의 회로를 이용해 추가적으로 29.4~30.9 dB의 격리도를 확보할 수 있었다. 또한 국내 UHF RFID의 모든 채널에서 사용이 가능함을 확인했으며 이 회로를 통해 기존의 UHF RFID 리더의 성능을 추가적으로 향상시킬 수 있을 것이라고 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] Chen Ying, Zhang Fu-hong, "A System design for UHF RFID Reader", IEEE Conference, pp.301-304. 2008
- [2] Li Hua, Wang Hong-jun, Shang Zhen, Li Qing-hua, Xiao Wei, "Low-power UHF Hand-held RFID Reader Design and Optimization", Intelligent Control and Automation (WCICA), pp.3068-3072. 2010
- [3] Ukkonen, L.; Sydanheimo, L.; Kivikoski, M, "Read Range Performance comparison of Compact Reader Antennas for a Handheld UHF RFID Reader", IEEE International Conference, pp.63-70, 2007
- [4] Tin-wen Xiong, Xi tan, Jing-tian Xi, Hao Min, "High TX-to-RX Isolation in UHF RFID Using Narrowband Leaking Carrier canceller". IEEE Microwave and Wireless Components Letters pp.124~126. 2010
- [5] Peng Bai, Yingzeng Yin, Xi Yang, "A Novel RX-TX Front-Ends for Passive RFID Reader with High Isolation". IEEE Conferences pp.332-335. 2007
- [6] Hae-Won Son, Jung-Nam Lee, "Design of compact rfid reader antenna with high transmit/receive isolation," Microwave Opt

Technol Letts., Vol.48, pp.2478-2481, Dec. 2006

- [7] 전부원, 배재현, 노형환, 정명섭, 박준석, “단일 안테나를 사용하는 RFID에서의 Phase Shifter를 이용한 TX Leakage 제거 방식”, 한국전자과학회 제18권 제8호 pp.862-865. Aut. 2007
- [8] Shuhei Yamada, “Cancellation techniques for LO leakage and DC offset in direct conversion systems”, IEEE Conferences, pp.1191-1194, 2008
- [9] Jin-Woo Jung, “TX Leakage Cancellation via a Micro controller and High TX-to-RX Isolations covering an UHF RFID Frequency Band of 908~914MHz”, IEEE Microwave and Wireless Components Letts, Vol.18, pp.710-712. Oct, 2008

노 의 호 (Eui-ho Noh)

준회원



2009년 2월 경희대학교 전자공학과 졸업
 2009년 3월~현재 경희대학교 전자전파공학과 석사과정
 <관심분야> RF 시스템 설계, RFID/USN 시스템 설계

이 종 혁 (Jong-hyuk Lee)

준회원



2009년 2월 경희대학교 전파공학과 졸업
 2009년 3월~현재 경희대학교 전파공학과 석사과정
 <관심분야> RF 시스템 모듈 설계, RFID/USN 시스템 설계

김 남 윤 (Nam-yoon Kim)

정회원



2007년 2월 경희대학교 전자전파공학과 석사 졸업
 2009년 3월~현재 경희대학교 전자전파공학과 박사과정
 2009년 9월~현재 삼성전자 종합기술원 전문연구원
 <관심분야> 무선전력전송 시스템 설계, RFID/USN 시스템 설계

김 창 우 (Chang-woo Kim)

종신회원



1984년 2월 한양대학교 전자공학과 졸업
 1994년 2월 한양대학교 전자공학과 석사
 1992년 3월 일본 Shizuoka 대학원 전자공학과 공학박사
 1992년 4월~1996년 2월 (주)

NEC 마이크로 일렉트로닉스 연구소 주임연구원
 1996년 3월~현재 경희대학교 전자정보대학 교수
 <관심분야> MMIC/RFSoc설계, 초고주파 능동소자 모델링, RFID/USN 시스템 설계