

프로그래머블 LNA 기반 RFID 리더기의 수신 성능 개선

Performance improvement of a RFID receiver based on programmable LNA

문구선

(조선대학교, 석사)

천종훈

(전남도립대학, 부교수)

박종안

(조선대학교, 교수)

Key Words : RFID System, Sensitivity, RFID Reader, Passive Tag, LNA, Switch

목 차

- I. 서론
- II. 제안된 시스템
- III. 결론

I. 서론

무선 인식(Radio Frequency IDentification, 이하 'RFID')은 무선으로 사물을 인식·판독하는 기술로 레이다(RADAR; RAdio Detection And Ranging) 기술을 기반으로 구현되며 사물에 대한 정보를 담고 있는 태그(transponder)와 그 정보를 판독하는 리더기(interrogator, 안테나 포함) 및 제반 응용설비(computer, networking system) 등으로 구성되어 있다[1]. 원격지에서 비접촉 방식으로 통신이 이루어지며, 특히 수동형 태그를 기반으로 하는 시스템에서는 극히 미약한 신호가 리더기 입력되므로 리더기 수신단의 감도 성능이 매우 우수하여야 한다[2].

수동형 태그를 기반으로 하는 기존 시스템에서는 송수신 경로를 분리하여 수신측에 저잡음 증폭기(이하 'LNA')를 설계하여 수신감도를 향상시키거나, 경로를 분리하지 않고 하나의 안테나를 사용하되 송신출력을 높이는 방안이 모색되었다. 하지만 송수신 안테나 상호 간섭으로 인해 안테나 방사 효율이 저하되거나, 리더기 부피가 커지고 제작단가가 올라가는 등 문제점들이 발생되었고, 단일 경로에서는 방사 가능한 최대 출력이 제한되어 있어 원하는 만큼의 인식거리를 확보하지 못하였다.

본 논문에서는 이러한 문제들을 해결하기 위해 리더기 수신부에 프로그래머블 LNA를 설계하여, 송신 출력이 있을 때는 수신측을 개방하고, 송신 출력이 없을 때는 단락시켜 송수신 동일 안테나를 사용하면서도 물리적으로 경로가 분리되는 개선된 시스템을 설계하였고, 개선된 시스템에 대한 리더기 수신부 입력측 소자별로 이득, 잡음지수 등 수신 성능 파라미터를 비교·분석하여 이러한 파라미터들이 다단으로 종속 연결된 수신 시스템에서 전체 감도에 미치는 영향을 분석하였다. 이렇게 분석된 파라미터 값들을 기반으로 기존 시스템과 제안된 시스템의 수신부 입력측에 나타나는 실제 전력을 측정하였고, 프로그래머블 LNA가 리더기 수신 성능에 미치는 영향을 확인하기 위해 신호발생기를 이용하여 복조기 출력 전력을 측정하여 수신 감도 개선 효과를 확인하였다.

본 논문은 제2장에서는 제안된 시스템에 대하여 설명하였고 제3장에서는 본 논문의 결론을 이끌었다.

II. 제안된 시스템

기존 시스템에서는 송수신 동일 안테나를 사용하여 안테나 효율은 향상시켜 인식거리를 확대하였으나, 방사 가능한 최대 출력이 제한되어 있어 원하는 만큼의 태그 인식거리를 확보하는 데는 한계가 있다.

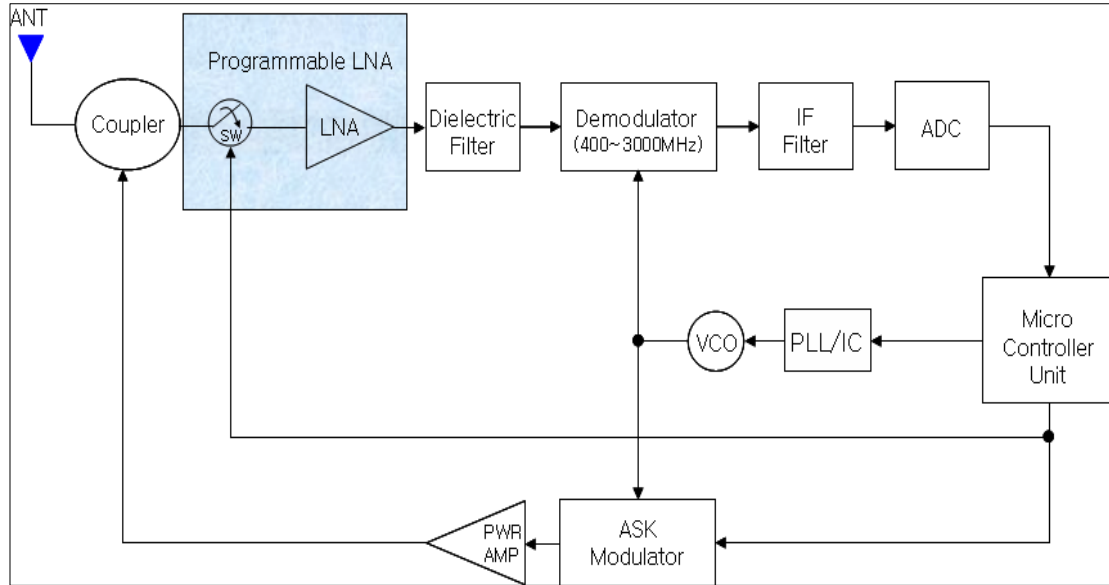


그림 2.1 제안된 시스템 구성도

이를 해결할 수 있는 방법 중 하나는 수신측에 잡음특성이 우수한 LNA를 설계하는 방법인데, 단순히 LNA를 설계할 경우 높은 송신출력이 LNA 입력측으로 유입되어 LNA 기능이 현저히 저하되거나 기기가 파손되는 문제점이 제기되었다[1].

따라서 본 논문에서는 그림 2.1과 같이 중앙제어 장치(Micro Controller Unit)에서 프로그램을 통해 제어 가능한 스위치를 LNA와 연계한 프로그래머블 LNA를 설계하여, 높은 송신 출력의 수신측 유입으로 인한 LNA 기능 저하를 막고 수신시스템 감도 성능을 효과적으로 개선할 수 있는 시스템을 설계하였다.

아래 그림 2.1에서 수신 입력측에 있는 'Programmable LNA'에서는 송신부 ASK 변조 스위치가 ON 상태일 경우에는 LNA 진단 스위치는 OFF가 되고, 반대의 경우에는 스위치가 ON이 되게끔 MCU에서 알고리즘을 이용, 스위치를 제어하고 있음을 보여주고 있다. 수신부 스위칭 타이밍은 송신측 ASK 변조단에 있어서의 데이터 송신 타이밍과 정반대가 되며, 이때 적용되는 스위칭 알고리즘은 그림 2.2와 같다.

그림 2.2에서 RX_SW_ON은 데이터 수신 ON 시간을 말하며, RX_SW_OFF는 데이터 수신 OFF 시간을, TX_SW_ON은 데이터 송신 ON 시간을, TX_SW_OFF는 데이터 송신 OFF 시간, 그리고 Td는 기계적 오차에서 발생하는 스위칭 지연 시간(delay time)을 말한다.

그림 2.1의 제안된 수신 시스템 구성도에서 각 소자들이 전체 수신시스템에 미치는 영향을 알아보기 위해 먼저 그림 2.3에서 표시되어 있는 수신 입력측에 종속 연결되어 있는 잡음소자들의 종속 파라미터를 분석하였다.

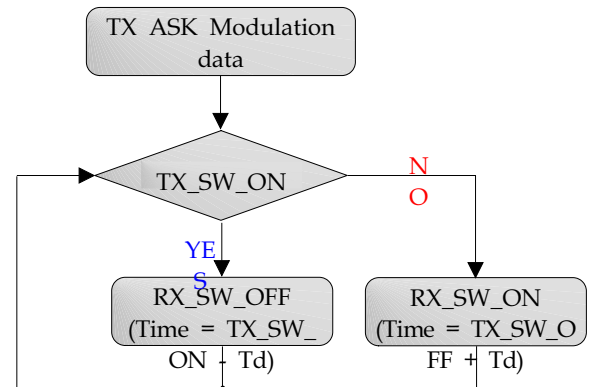


그림 2.2 프로그래머블 LNA 스위칭 알고리즘

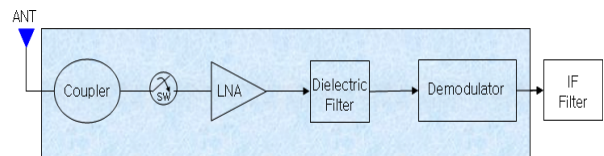


그림 2.3 제안된 시스템의 수신 입력단

제안된 시스템의 수신부 첫 번째 단에서 사용하고 있는 커플러(Anaren社, XC0900P-03S)는 기존 시스템에서 사용하고 있는 것과 동일한 제품인 -3dB 하이브리드 커플러를 사용하였다. 스위치(NEC社, uPG2009TB)는 디지털셀룰러시스템, 무

선전화, 블루투스, WLAN, WLL 등에서 이미 적용되어 성능이 검증된 제품을 적용하였으며, 동작주파수 범위는 500MHz에서 2.5GHz 대역이고 삽입손실은 0.25dB이다. LNA(RFMD社, RF2442)는 선형 특성이 매우 우수한 High-Linearity LNA이며, 동작주파수 범위는 500MHz에서 2.5GHz 대역이다. 최대 입력 RF 레벨은 +10dBm이며, 동작전압 3.6V에서 이득은 20dB, 잡음지수는 1.6dB, Output IP3는 +27dB이다. 필터(muRata社, DFCB2915MLDJAA)와 직교 복조기(LINEAR社, LT5516)는 기존 시스템과의 비교를 위해 동일한 제품을 사용하였다. 상기한 잡음소자들에 대한 각각의 파라미터는 표 2.1과 같다.

표 2.1 제안된 시스템 잡음소자별 파라미터

파라미터	Coupler	Switch	LNA	Dielectric Filter	Demodulator
이득 (dB)	-0.4	-0.25	20	-2.5	4.3
잡음지수 (dB)	0.4	0.25	1.6	2.5	12.8

표 2.1의 소자별 파라미터 성능 값을 기초로 하여 5단으로 종속 연결되어 있는 잡음소자들이 전체 수신시스템 성능에 미치는 영향을 알아보기 위해 기존 시스템과 동일한 방법을 이용하여 소자별로 시스템 종속 파라미터 성능을 분석하였다. 표 2.2는 잡음소자별 종속 파라미터 분석 값이다.

표 2.2 제안된 시스템의 종속 파라미터 분석

파라미터	Coupler	Switch	LNA	Dielectric Filter	Demodulator
종속 이득 (dB)	-0.4	-0.65	19.35	16.85	21.15
종속 잡음지수 (dB)	0.4	0.65	2.25	2.273	3.14

기존 시스템의 경우와 마찬가지로 5단으로 종속 연결되어 있는 제안된 시스템의 잡음소자들에 대한 파라미터를 분석하였더니 표 2.1과 같이 분석되었다. 두 번째 소자인 스위치 출력단에서는 종속 이득이 -0.65dB가 되었고, 종속 잡음지수는

0.65dB가 되었다. 세 번째 소자인 LNA 출력단에서는 종속 이득은 19.35dB가 되었고, 종속 잡음지수는 2.25dB가 되었으며, 네 번째 소자인 대역 통과필터(Dielectric Filter) 출력단에서는 종속 이득이 16.85dB로 줄었으며, 종속 잡음지수는 2.273dB로 약간 증가하였다. 마지막 단인 직교 복조기 출력단에서 측정된 제안된 수신시스템의 종속 이득은 21.15dB가 되었으며, 종속 잡음지수는 3.14dB가 되어 현저히 줄어들었음을 알 수 있었다.

위와 같이 기존 시스템과 제안된 시스템의 수신 입력단에 종속 연결되어 있는 잡음소자들이 시스템의 수신감도에 미치는 영향을 분석한 자료를 종합하여 보면, 세 개의 소자로 구성된 기존 수신시스템에서의 종속 잡음지수는 15.7dB였으나, 프로그래머블 LNA가 추가된 제안된 시스템에서는 종속 잡음지수는 3.14dB가 되었다. 즉 제안된 시스템의 경우 수신시스템의 소자가 증가하여 회로가 더 복잡해졌음에도 불구하고 종속 잡음지수는 기존 시스템에 비해 약 12.56dB 이상 낮아졌음을 알 수 있었다. 또한 기존 시스템의 종속 이득은 1.4dB가 되었으며, 제안된 시스템의 종속 이득은 21.15dB가 되어, 수신시스템 전체 감도가 19.75dB 향상되었다.

III. 결론

본 논문에서는 수동형 태그를 기반으로 하는 UHF 대역 RFID 리더기의 수신 성능을 향상하기 위하여 리더기 수신부에 프로그래머블 LNA를 설계하여, 송신 출력이 있을 때는 수신측을 개방하고, 송신 출력이 없을 때는 단락시켜 송수신 동일 안테나를 사용하면서도 물리적으로 경로가 분리되는 개선된 시스템을 설계하였다. 시스템 성능 측정을 위해 종속 연결된 잡음소자의 파라미터를 분석한 결과, 제안된 시스템의 경우 잡음소자가 증가하였음에도 불구하고 시스템 종속 잡음지수는 12.56dB가 낮아졌으며, 수신시스템 전체 감도 특성도 19.75dB 이상 향상되었다.

참고문헌

[1] 이승학, 천중훈, 박종안 “수동형 태그 기반 RFID 리더기의 성능 개선”(2006년, 한국통신학회 논문지

Vol.31, pp. 1159~1166)

[2] 임경, 천중훈, 박종안 “UHF RFID 리더기용 원형편파 안테나 설계”(2007년, 한국ITS학회 호남지회 춘계 학술대회 논문집 제1권, pp. 50~55)

[3] 주재한 “개인휴대통신의 수신성능 개선에 관한 연구”(1998년)

[4] Klaus Finkenzeller “유비쿼터스 컴퓨팅의 핵심 RFID HANDBOOK Second Edition”(2004년3월, (주)영진닷컴)