

스프레드스펙트럼통신방식을 적용한 RFID시스템 설계

Design of RFID System Using Spread Spectrum

백승재

한국폴리텍IV 청주대학 정보통신홈네트워크과

Seung-Jae Baek(bsj3386@empal.com)

요약

본 논문에서는 유비쿼터스 환경에서 사용되는 RFID(Radio Frequency Identification)시스템을 외부잡음에 강한 스프레드 스펙트럼(Spread Spectrum : SS)통신방식을 적용하여 설계하였다.

설계된 시스템은 수신기의 PLL과 송·수신기의 PN확산 변·복조를 할 수 있는 알고리즘과 안정적인 BPSK(Binary Phase Shift Keying)신호를 출력하도록 트랜지스터 증폭기를 설계하여 시스템을 구현하였다. 또한 제작이 편리한 마이크로스트립 협대역 패치 안테나를 설계하여 시스템에서 필터가 차지하는 부피를 줄였으며, RFID의 유통물류에 할당된 국제표준 주파수 대역인 860~930MHz의 UHF대역에 적용이 가능한 저전력 시스템으로 설계되었다.

■ 중심어 : | 유비쿼터스 | 스프레드스펙트럼 | 라디오주파수인식 |

Abstract

This paper implements RFID(radio-frequency identification)System to which the system was apply SS(Spread Spectrum) method. The system designed by using the algorithm for microprocessor with PLL of the receiver, PN spread, modulation and demodulation of the transceiver, and transistor amplifier for the output of stabilized BPSK (Binary Phase Shift Keying) signal. furthermore, it reduced the interference of the signal by designing the micro-strip narrow banded patch antenna, which is convenient for printing and producing, and decreased the volume of filter size in the system . It is also designed for the lower powered system with the possible application to UHF band of 860~930MHz for the international standard frequency band, which is the quota share of RFID distribution system.

■ keyword : | Ubiquitous | Spread Spectrum | RFID |

I. 서론

최근 많이 부각되고 있는 유비쿼터스(Ubiquitous)란 말은 좁은 의미로 제품, 도로, 다리, 터널, 빌딩 등 모든 물리 공간 속에 육안으로는 볼 수 없는 유·무선네트워

크 교신 능력을 갖는 마이크로칩을 내장하여 모든 사물이 지능화 되고 서로를 유·무선네트워크로 연결함으로써 각각의 정보를 주고받는다라는 의미이며, 넓은 의미로는 언제 어디서든 존재한다는 의미이다. 이러한 유비쿼터스의 핵심이 바로 RFID 기술이다[1][2].

본 논문에서는 이러한 RFID와 실내 무선데이터 통신, 중거리 무선 데이터 통신 등에 적용이 가능한 900MHz ISM(Industrial, Scientific, Medical)대역의 BPSK(Binary Phase Shift Keying) 변조방식을 이용한 무선 데이터 송·수신기를 설계하고 구현하였다.

RFID(Radio Frequency IDentification)시스템은 크게 상호유도방식과 전자기파방식으로 나누어지며, 상호유도방식은 근거리 통신용이고, 전자기파 방식은 중·장거리용에 주로 사용된다. 주로 사용되고 있는 근거리 시스템의 RFID는 코일 안테나를 사용하며 송신 태그(Tag)는 모든 에너지를 수신기(Reader)로부터 공급받기 때문에 자체 전원이 필요 없으며, 사용되는 국제표준 주파수는 가축관리와 도서 관리용으로 할당된 125KHz, 134KHz, 13.59MHz가 사용되고 있고, 중·장거리 시스템의 RFID는 다이폴, 모노폴, 패치 안테나 등이 주로 사용되며, 송·수신기가 각각 전원을 필요로 하고 사용되는 국제표준 주파수는 컨테이너와 유통 물류에 할당된 433MHz와 860~930MHz 대역에 많이 사용되어지고 있다. 유통 물류에 할당된 860~930MHz는 최근까지 표준화 추진 중이었으며, 우리나라에서는 908.5~914MHz로 확정되었다[3][4].

현재 범용적으로 사용되고 있는 RFID 및 데이터 전송용 모뎀은 PN(Pseudo Noise)코드발생기와 PN확산 변조기 사용으로 시스템의 부피가 크고, 고가의 PLL(Phase Locking Loop)칩과 필터가 사용될 뿐만 아니라 평형변조기의 낮은 출력으로 인한 고가의 전력증폭기와 국부발진 주파수의 고정으로 고정 주파수대역만을 송·수신하는 고 전력 시스템이다.

설계된 시스템은 알고리즘으로 수신기의 PLL과 송·수신기의 PN확산 변·복조를 함으로써 저가의 송·수신기를 구현하여 시스템을 최소화하고, 평형변조기의 높은 입력임피던스로 인한 낮은 BPSK 출력신호에 임피던스를 고정시켜 주며 신호 손실을 감소시켜 시스템에 안정적인 BPSK 변조신호를 출력함으로써 고가의 증폭기를 사용하지 않고 저가의 증폭기를 설계하여 시스템의 성능을 개선하고자 한다. 또한 프린트하여 제작이 편리한 마이크로스트립 협대역 패치 안테나를 설계하여 다른 신호간의 간섭을 줄이고 LC 소자와

오픈스터브(Open Stub) 및 쇼트스터브(Short Stub)로 저가의 필터를 설계하여 시스템에서 필터가 차지하는 부피를 줄이며, 국부발진기의 VCO 사용으로 업컨버터(Up converter)의 주파수 변환이 가능하여 RFID의 유통 물류에 할당된 국제표준 주파수 대역인 860~930MHz의 어떠한 UHF(Ultra High Frequency)대역에도 적용이 가능한 저 전력 시스템을 설계하여 근거리 및 중장거리 인식분야에 적용이 가능하고 양방향 통신이 가능할 뿐만 아니라 이동 물체간의 통신에도 적용이 가능하도록 하고, 채널의 효율을 높이기 위하여 전송 방식은 DS/SS(Direct Sequence /Spread Spectrum) 방식을 이용하고자 한다.

II. DS/SS를 이용한 BPSK 변조방식의 송·수신 시스템 설계

정보신호의 보안성과 다른 사용자들 간의 간섭이 생기지 않게 하기 위해 PN코드를 이용한 DS/SS 방식을 적용하였고[5-7], 정보신호와 PN코드의 배타적 논리합으로 확산된 확산변조신호를 마이크로프로세서 내에서 생성하여 출력하고 이를 정현파 신호와 곱하는 BPSK 변조 방식의 송·수신 시스템을 설계하였다.

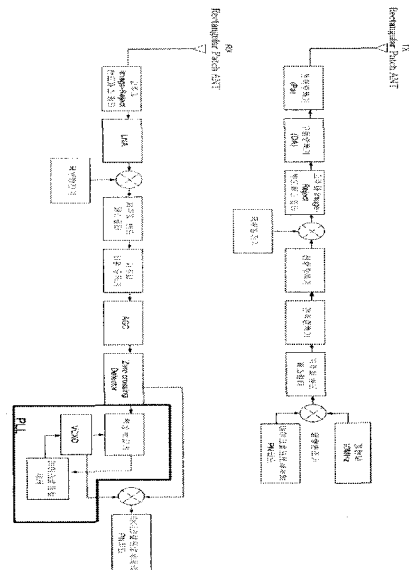


그림 1. 송수신시스템의 블록도

송·수신 시스템의 전반적인 설계는 900MHz 대역의 RFID 시스템과 실내 무선 환경에 데이터 전송에 적용이 가능하도록 설계하였고, 송·수신시스템의 전반적인 구성은 [그림 1]과 같으며, 각각 블록별로 설계한 후 입·출력 임피던스 매칭을 위해 오픈스터브 및 쇼트스터브와 전송라인을 이용하여 하나의 시스템으로 완성하였다.^{7,8)}

1. 송신 시스템 설계

1.1 마이크로프로세서의 2진 데이터 알고리즘

정보신호의 PN코드 바이너리(Binary)신호는 개발된 알고리즘으로 정보를 만들어 BPSK변조를 하였다.

마이크로프로세서의 PN코드 생성 알고리즘을 적용한 700KHz 바이너리신호를 평형변조기(balanced mixer)로 입력하여 BPSK 변조를 하게 되며, [그림 2]는 프로세서 출력에서 나오는 구형파를 도시화한 그림과 마이크로프로세서에서 나오는 출력 파형의 예이다. 정보신호인 PN코드는 사용자의 요구에 의하여 자유롭게 변환이 가능하고, 바이너리(Binary)신호의 주파수의 변환 알고리즘을 사용하여 정보신호의 다양성을 가지고 있다. 다음은 확산을 하기위한 PN코드 생성프로그램이다.

```
#include<reg51.h>
unsigned char a=2, i=0, count=0,flag=1;
unsigned char signal[10]={0,1,1,0,0,0,1,0,1,1};
void main(void)
{
    TMOD=0x01;
    TH0=0xff; //2.8uHz
    TL0=0xfd;
    TR0=1;
    ET0=1;
    EA=1;
    while(1)
    {
        if(a==2)
        { P1=flag;
        }
        else if(a==1)
        { P1=signal[i];
            if(i==10)
            { i=0;
              a=0; }
            else
              i++; }
        else if(a==0) P1=0; } }
```

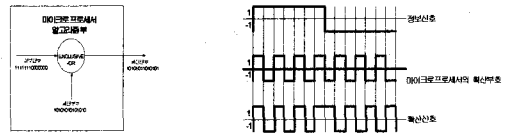


그림 2. 마이크로프로세서의 PN확산 코드

1.2 평형 변조기

기존의 평형 변조기 [그림 3]은 유니폴라(Unipolar) 데이터를 레벨컨버터를 이용하여 바이폴라(Bipolar)로 변환시켜 정현파신호와 함께 임피던스 매칭을 하여 직접 평형 변조기 입력으로 BPSK 변조신호를 얻어내는 방법을 사용한다. [그림 3]의 문제점은 입력 신호가 바이폴라로 변환되어진 제한된 전력을 이용하여 평형변조기 입력으로 사용되어지므로 평형 변조기의 출력레벨이 제한되어짐에 따라 신호 전력이 레벨을 증가시키기 위하여 고가의 증폭기가 필요로 하게 된다.

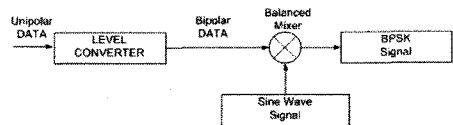
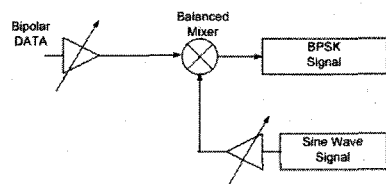
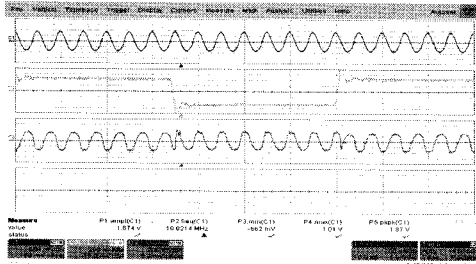


그림 3. BPSK 신호의 발전

따라서 본 논문은 유니폴라데이터와 BPSK신호를 전압이득은 1에 가까우나 전류 및 전력이득이 크고 임피던스를 고정시켜 주며 신호 손실을 감소시키는 에미터 플로워를 이용하여 시스템에 안정적인 BPSK 변조를 출력하여 시스템의 성능을 개선하였으며 [그림 4]에서 블록도와 출력신호를 제시하였다.



a. 평형변조기의 설계



b. BPSK 변조기 출력신호

그림 4. 설계된 평형변조기 및 출력신호

[그림 4b]는 에미터플로워를 이용한 평형변조기의 출력이며 이는 BPSK 변조 파형의 안정된 출력(RF)을 보여 주고 있다.

1.3 10.7MHz 대역통과필터 및 전력증폭기

10.7Mhz대역통과필터와 전력증폭기를 설계하기 위하여 설계 툴인 안소프트디자이너를 사용하였다. [그림 5]는 대역통과 필터의 레이아웃과 시뮬레이션 결과이다.

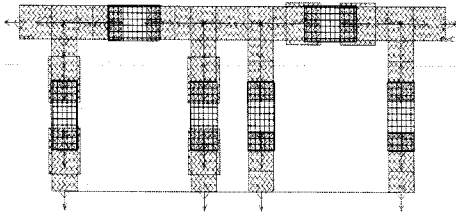
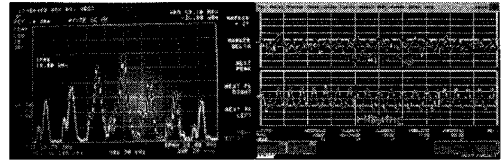


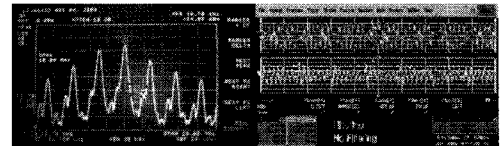
그림 5. 10.7MHz 대역통과 필터의 Layout

송신하는 정보신호의 낮은 전력은 수신기의 신호 검출을 어렵게 하고 또한 낮은 전력의 정보신호를 찾기 위하여 찾기 위하여 수신기회로의 복잡성을 요구한다.

따라서 본 논문에서는 정보신호의 전력을 높이기 위하여 고전력 증폭기를 설계하여 정보신호의 전력을 증가시켰다. [그림 6a]는 전력증폭기를 사용하지 않은 BPSK 변조기의 입출력 및 평형변조기의 출력과 전력 증폭기를 사용한 BPSK 변조 신호의 시간영역과 주파수 영역의 스펙트럼을 나타낸 그림이다[그림 6b].



a. 증폭기를 미사용 BPSK 변조 신호



b. 증폭기를 사용한 BPSK 변조 신호

그림 6. BPSK 변조 신호 비교

평형변조기를 사용하여 출력된 BPSK정보신호는 잡음과 고조파 성분들로 인하여 그 출력 값이 매우 낮고 불안정하였으며 수신기의 BER(Bit Error Rate)을 저하시키는 요인으로 본 논문에서 설계한 에미터플로워와 10.7MHz 필터, 그리고 고효율 전력증폭기는 [그림 6]에서 보여주듯이 정보신호가 실린 BPSK 변조신호의 특성이 개선되었고 그 출력레벨 또한 증가된 것을 확인할 수 있다. 또한, 대역통과 필터를 사용하여 불필요한 제2, 제3고조파 성분이 제거되어 보다 양질의 고속 데이터를 전송 할 수 있게 되는 것도 확인하였다.

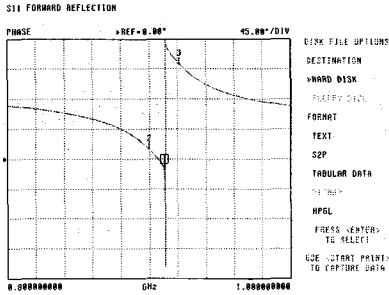
1.4 910.7MHz 패치안테나

설계된 안테나는 [표 1]의 파라미터를 기반으로 설계되었다. FR-4기판에서의 910.7MHz 패치안테나 파라미터와 네트워크분석기의 40MHz~13.5GHz 범위에서 측정된 결과를 보여 주고 있다.

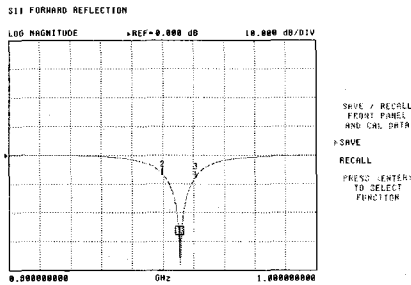
표 1. 안테나의 설계 파라미터

항목	설계 및 특성	비고
기판정수	$\epsilon_r=4.6,$ $\tan\delta=0.02$ $t=1.6\text{mm}$	일반적인 FR-4 기판으로 제작 ϵ_r =유전율, $\tan\delta=0.02$ t =기판두께
공진 주파수	$f_0=910.7$	
대역폭	BW=900~920 MHz	BW=대역폭
이득	6~15dB	ϵ_r 을 작게 하면 이득 증가

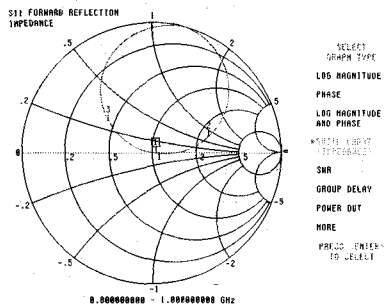
제작된 패치안테나는 [그림 7]의 측정 결과와 같이 밴드 폭이 900~920MHz이고 중심 주파수가 910.7MHz 임으로 910.7MHz의 무선 송/수신 시스템에 매우 적합한 안테나를 설계한 것을 볼 수 있다.



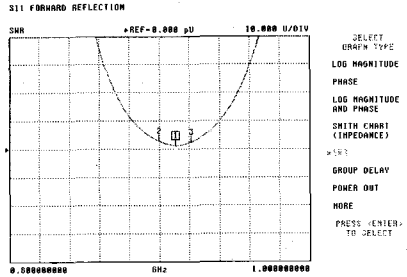
a. 패치안테나 위상



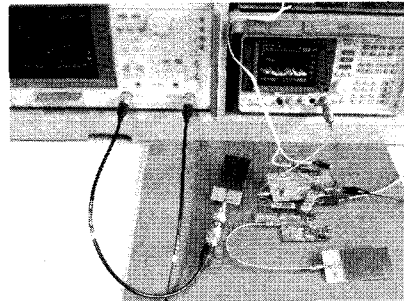
b. 로그스케일



c. 스미스 차트



d. SWR



e. 패치 안테나 실험
그림 7. 파라미터별 패치 안테나 실험

2. 수신 시스템 설계

2.1 900MHz Image Reject BPF와 LNA

수신부에서 910.7MHz 대역통과필터를 가장 첫 단에 사용하여 불필요한 주파수들을 제거하였고 [그림 8]은 수신된 신호를 시간축상에 표현하였다. 910.7MHz 정보 신호는 수신기의 안테나에 입력되어 일차적으로 필터링 되며 99mV의 매우 약한 전압으로 표시되었다. 이렇게 감쇄된 신호는 LNA(Low Noise Amplifier)를 이용하여 정보신호의 이득을 보상 시켜주고 다운컨버터를 통하여 10.7MHz의 BPSK 변조신호로 변환이 된다.

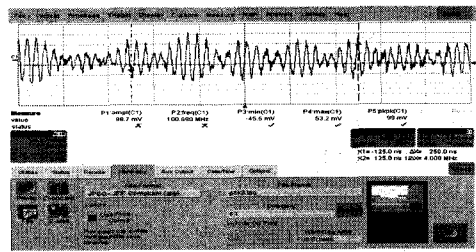
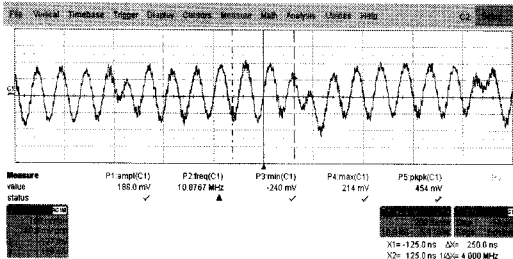


그림 8. 필터를 통과한 BPSK 변조 신호

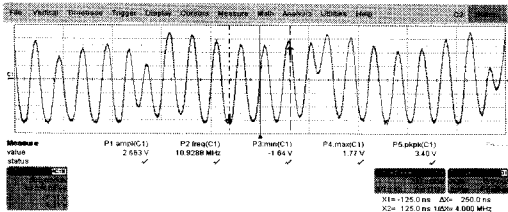
2.2 10.7MHz 전력증폭기 및 대역통과필터

저 잡음 증폭기로 이득이 보상된 정보신호는 다운컨버터를 이용하여 10.7MHz BPSK 정보신호로 변환이 된다. 이 신호의 전압은 약 8M의 거리에서 90mV로 거리가 더더욱 멀어 질수록 신호의 크기는 더욱 줄어들 것이다.

따라서 보다 원거리 송·수신을 위한 정보신호의 고 전력 2단 증폭기를 설계하였다. [그림 9b]는 다운컨버터와 필터를 거쳐 정보 신호가 2단 증폭을 하여 출력된 10.7MHz 신호이다.



a. 1차 증폭단 출력신호



b. 2차증폭단의 출력 신호
그림 9. 각 증폭단의 출력신호

[그림 9b]의 출력레벨이 약 3.4V_{D-P}임을 볼 수 있고 신호 성분 또한 잡음이 없는 깨끗한 신호가 검출되는 것을 볼 수 있다.

2.3 자동이득조절기(Auto Gain Controller:AGC)

무선환 경하에서의 데이터 송·수신은 여러 가지 장애요소로 인하여 그 신호의 세기가 증가, 감소를 반복하게 되며 영 교차 디텍터의 에러를 발생시키는 원인으로 작용할 것이다. PLL의 입력신호인 영 교차 디텍터의 출력의 에러는 PLL의 동기를 맞추는 마이크로프로

세서의 잘못된 정보를 주어 위상 동기는 맞지 않을 것이고 시스템의 복조는 어려워 질 것이다.

따라서 BPSK 정보신호의 증가, 감소함에 따라 생기는 에러를 줄이고 시스템의 안정적인 동작을 위해 자동이득조절기를 사용하여 설계하였다. 설계한 자동이득조절기의 제한 출력은 2.4V인데, 자동이득조절기의 출력을 입력신호로 받는 영 교차 디텍터의 입력 신호는 $V_{cc} * 0.7V$ 로 본 논문을 기준으로 하면 $5V * 0.7V = 3.5V$ 가 된다.

결과적으로 하나의 증폭기가 더 필요하게 되어 약 1.5배 이상 증폭률을 가지는 트랜지스터 증폭기를 [그림 10]과 같이 설계하였다.

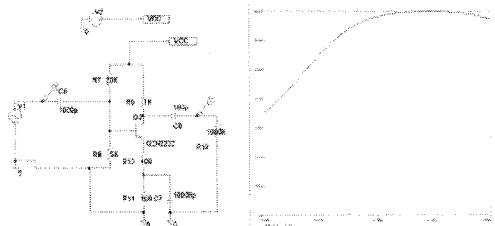


그림 10. 영 교차 디텍터를 구동시키기 위한 증폭기

2.4 영교차 디텍터

[그림 11]은 10.7MHz 전력 증폭기와 자동이득조절기로 증폭된 BPSK 아날로그 정보신호가 영교차 디텍터로 TTL BPSK 신호로 출력되는 그림이다. 이 신호는 PLL의 VCXO의 10MHz 2진 신호와 동기 맞추어져 정보신호 700KHz PN확산 신호를 복조 하게 된다.

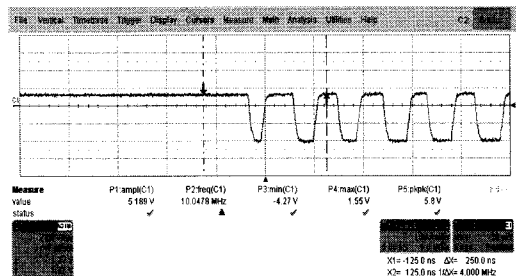
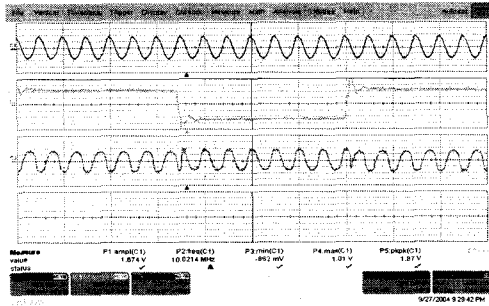


그림 11. 영교차 디텍터의 출력

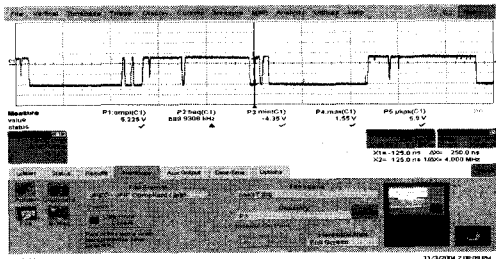
2.5 PLL과 DETECTOR MIXER

동기를 맞추는 과정은 위상비교기의 출력 신호(DC 전압)를 마이크로프로세서의 입력으로 인가하여 DC 전압이 0이 될 때까지 마이크로프로세서는 VCXO의 전압을 가변하고 이 신호는 다이렉트 믹서의 두 입력으로 인가되어 출력되는 신호가 정보신호 바이너리 700KHz 신호가 되는 것이다.

Lock이 걸린 VCXO의 출력과 정보신호인 디지털 BPSK 신호가 다이렉트 믹서의 입력으로 인가되어 아래의 [그림 12b]와 같이 원 신호를 복원하게 된다.



a. BPSK 전송신호

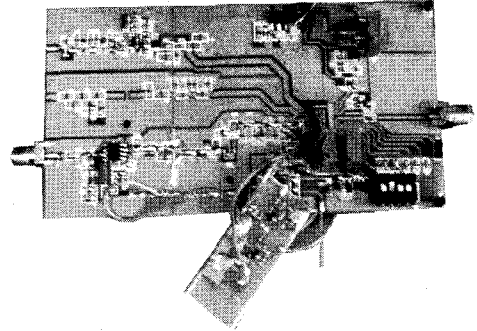


b.복조된 PN확산 변조신호 복조

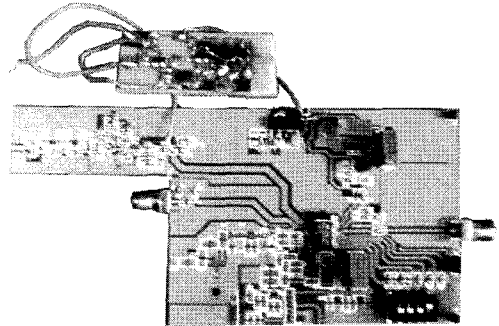
그림 12. 전송신호 및 복조신호

2.6 구현된 송수신 시스템의 사진

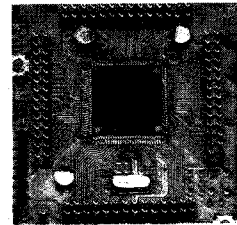
[그림 13]은 ISM 대역인 RFID 900MHz 주파수에서 동작하는 송신시스템과 수신시스템의 실사진이다.



a. 송신시스템



b. 수신시스템



c. 16비트 MPU

그림 13. 설계된 송수신 시스템

III. 결론

본 논문에서는 DS/SS 방식을 RFID의 주파수 대역인 900MHz 시스템에 적용이 가능하도록 전체적인 시스템을 제안하고 설계하였다.

기존 시스템은 PN코드발생기와 PN확산변조기 및 아날로그 신호의 디지털 변환부 사용으로 시스템의 부피가 크고, 고가의 PLL과 필터가 사용될 뿐만 아니라 평

형 변조기의 높은 입력 임피던스로 인한 제한된 출력으로 고가의 전력증폭기가 사용되며 국부발진 주파수의 고정으로 하나의 주파수대역만을 송·수신하는 고전력 시스템이다.

본 논문에서 설계 구현한 시스템은 마이크로프로세서를 이용한 알고리즘으로 수신기의 PLL과 송·수신기의 PN확산 변·복조를 함으로써 저가의 시스템을 구현하였고, 평형 변조기의 높은 입력임피던스로 인한 낮은 출력신호에 임피던스를 고정시켜 주며 신호 손실을 감소시키는 에미터플로워를 이용하여 시스템에 안정적인 BPSK(Binary Phase Shift Keying)신호를 출력함으로써 고가의 증폭기를 사용하지 않고 저가의 트랜지스터 증폭기를 설계하여 시스템을 구현하였다.

또한 프린트하여 제작이 편리한 마이크로스트립 협대역 패치 안테나를 설계하여 다른 신호간의 간섭을 줄이고 LC 소자와 Open, Short Stub로 저가의 필터를 설계하여 시스템에서 필터가 차지하는 부피를 줄였으며, 국부발진기의 VCO 사용으로 엷다운 컨버터의 주파수 변환이 가능하여 RFID의 유통물류에 할당된 국제표준 주파수 대역인 860~930MHz의 어떠한 UHF대역에도 적용이 가능한 저 전력 시스템을 설계하였다.

[8] 장문기, 주파수 선택적 다중경로 페이딩 채널하에서 위상에러를 고려한 DS/SS 시스템의 성능분석, 청주대학교 석사학위논문, 1999(8).

[9] 김원섭, 나카가미 페이딩 채널하에서 광대역 DS/CDMA 셀룰라 시스템의 성능분석, 청주대학교 석사학위논문, 2001(2).

저자 소개

백 승 재(Seung-Jae Baek)

정회원



- 1997년 2월 : 청주대학교 전자공학과 (공학사)
- 1999년 2월 : 청주대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1999년 2월 ~ 2002년 : 청주대학교 전자공학과 (박사수료)
- 2004년 ~ 현재 : 한국폴리텍IV

청주대학 정보통신홈네트워크과 IT교수

<관심분야> : 유비쿼터스, 홈네트워크, RFID, 부호이론, 이동통신

참고 문헌

- [1] 김윤진, 유비쿼터스개론, 문운당출판사, 2006(2).
- [2] 전호인, 유비쿼터스 홈네트워킹 서비스, 전자신문사, 2004(6).
- [3] 이근호, 무선식별 RFID기술, TTA저널 89호, 2003.
- [4] 김상태, RFID기술개요 및 국내의 동향분석, IIA, 2003(8).
- [5] J. K. Holmes, *Coherent Spread Spectrum Systems*, John Wiley & Sons, Inc., 1982.
- [6] R. C. Dixon, *Spread Spectrum systems* (second edition), John Wiley & Sons, 1984.
- [7] 대한전자공학회, 스펙트럼확산 통신 방식, 대한전자공학회, 1986.