

논문 2009-46SC-1-7

RF를 이용한 발사체를 위한 실시간 데이터 취득 장치 구현

(Development of Real Time Data Acquisition Unit for a projectile Using RF)

홍 일 희*, 이 승 민**, 김 양 모***

(Il-Hee Hong, Seung-Min Lee, and Yang-Mo Kim)

요 약

본 논문에서는 무전원 상태에 놓인 발사체의 상태를 모니터링 하기 위하여 무선으로 발사체 내부에 있는 센서에 전력을 전달함과 동시에 센서에서 취득된 정보를 외부로 전달하는 역할을 수행하는 장치를 구현하는데 필요한 여러 가지 기술적인 부분에 대하여 살펴보았으며, 발사체에 적용되는 기술은 많은 시험과 신뢰성 시험을 확인 후 적용되는 사업임을 감안하여, 방사선 측정에 사용되는 측정기 센서 모듈 부분으로 대체하여 동일한 역할을 수행하도록 구성하여 실험하였다. 실험 결과 안테나간 거리 5cm에서 만족한 결과를 도출할 수 있었다.

Abstract

This paper proposes a new approach to provide RF communication channel and electric power transmission to overcome the weakness of conventional tests, which may cause several problems. When an RF communication device is used to communicate between launch vehicle and launch complex in stead of using harness umbilical, it may draw the simplicity of ground test equipments, cost-saving, and the reduction of test time. In addition, if an RF power transmission device is adopted to supply on-board power of launch vehicle, it can replace expensive on-board batteries, which may be degraded easily by the repeated charging and discharging processes.

Keywords : RF, 센서, 발사체, Umilical 케이블

I. 서 론

최근 국내 발사체 개발은 90년 고체 1단 로켓인 KSR-I을 시작으로 2단 고체로켓인 KSR-II, 국내 최초의 액체추진제 로켓인 KSR-III (2002년 발사)를 개발하여 왔다. 그러나 발사체를 개발한 후 비행시험을 할 때는 항상 긴장과 발사로 인한 스트레스에서 벗어날 수가 없었다. 이러한 문제 해결을 위하여 발사체 탑재된

모든 정보를 실시간으로 2중, 3중으로 가능한 많은 데이터를 모니터링하기를 원한다. 이 또한 발사체 중량과 통신 채널, 지상 Umilical케이블의 제한 때문에 어려움이 많다.

본 연구에서는 발사체 개발 시 제한된 조건 때문에 발생되었던 문제점 해결을 위한 방법을 제시하고 시험을 통하여 검증하고자 한다. 첫째 발사체가 발사대에 조립되어 발사 준비 진행 중 발사대 이탈 몇 분전에 자동모드로 전환 시키고 발사통제의 권한이 없을 때, 발사체 주요 탑재 센서 데이터를 모니터링하기 위해 전원을 공급하고 데이터를 지상에서 무선으로 수신할 수 있는 장치를 개발 하였다. 둘째 발사체 탑재 데이터를 지상 Umilical 케이블을 통하여 지상 기록장비에 기록하는데 RF무선통신장치를 이용 지상기록 장치에 기록 보

* 정회원, 한국항공우주연구원
(Korea Aerospace Research Institute)

** 정회원, 한국원자력연구원
(Korea Atomic Energy Research Institute)

*** 정회원, 충남대학교 전기공학과
(Division of Electrical Engineering,
Chungnam National University)

접수일자 : 2008년10월8일, 수정완료일: 2008년1월8일

관하는 장치를 개발하였다. 또한 연구 개발된 장치는 현재 개발 중 인 소형 위성발사체(KSLV-I)를 통하여 적용시키고자 하였으나 발사체에 적용되는 기술은 많은 시험과 신뢰성 시험을 확인 후 적용되는 사업임을 감안하여, 발사체에는 직접 적용할 수가 없어서 방사선 측정 센서모듈에 적용하여 구현해 봄으로서 신뢰성을 확인하였다.

II. RF 방식의 실시간 데이터 취득 장치

1. RF 통신의 개요

전자유도 방식은 tag와 reader 사이의 통신 매체로 loop 코일의 전자유도를 사용한다. 자장의 세기는 전류와 코일의 감은 횟수와 Reader의 면적에 비례하고 거리에 반비례한다는 것을 알 수 있다. 또한, Tag 안테나의 수평면과 Reader 안테나의 수평면이 서로 마주보고 있는 상태에서 가장 큰 자장의 힘을 얻을 수 있다. Tag가 받는 유도 기전력은 Faraday의 법칙에 의하면 (1)식과 같이 나타낼 수 있다.^[1]

$$V_0 = 2\pi f N S Q B_0 \cos \alpha \quad (1)$$

여기서, f = 주파수, N = 코일의 턴수, S = 루프 면적 (m^2), Q = 선력도, B_0 = 자기장, α = 안테나 간 각도로 정의 된다.

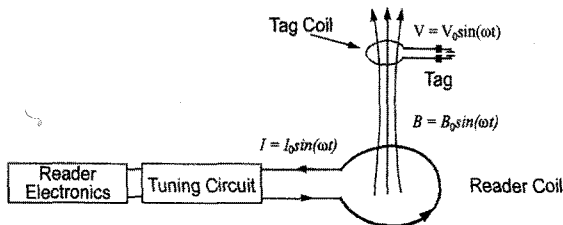


그림 1. RF 안테나에서 전압유도의 원리
Fig. 1. Principle of voltage induction of RF antenna.

2. 반도체 센서의 방사선량 측정의 원리

p+-p-n+ 구조의 실리콘 PIN 다이오드 소자가 속중성자에 피폭되면 실리콘의 격자구조에 손상을 일으켜 실리콘 원자를 그 원래 격자 위치로부터 이탈시킨다. 이 과정에서 실리콘 격자 내부에 공간(vacancy)과 간극(interstitial) 등의 작은 결함영역들이 만들어지게 된다.

PIN 다이오드에 순방향 전압을 인가하게 되면 양쪽의 높게 도핑된 영역으로부터 베이스 영역으로 양과 음

의 캐리어가 주입되고, 주입된 캐리어가 전기장을 따라 반대쪽으로 이동하게 된다. 이 과정에서 캐리어들은 중성자의 피폭으로 인해 베이스 영역에 형성된 결함영역과 만나 재결합하게 된다. 이러한 베이스 영역에서의 재결합은 결국 베이스를 거쳐 반대 영역으로 확산되어 도달하는 캐리어의 수를 감소시키고 이 영향으로 실리콘 PIN 다이오드 주입 캐리어의 수명 감소가 초래된다.^[4~5]

중성자 조사량의 증가에 따른 캐리어 수명감소 관계식은 다음과 같다.

$$\frac{1}{\tau_f} - \frac{1}{\tau_0} = K_r \phi \quad (2)$$

여기서 τ_f 는 중성자 조사 후 수명, τ_0 는 과잉 캐리어 초기 수명, K_r 는 소자의 베이스 영역에서의 효율적인 수명 손상 상수, ϕ 는 누적 속중성자 플럭스이다.

주입 캐리어 농도의 분포는 베이스 폭과 확산길이 ($L = \sqrt{D\tau}$, D : 캐리어 확산 상수/ τ : 수명)의 함수이며 중성자 피폭은 캐리어 수명과 이에 따른 확산 길이를 감소시키게 된다. 결국 중성자 조사로 인한 다이오드의 P, N 극에서 주입된 캐리어의 수명과 이동도의 감소는 순방향 바이어스 상태에서 베이스로 확산된 순방향 전류를 감소시켜 일정 전압하의 베이스 영역에서의 저항의 증가를 가져오게 된다. 이 저항 값의 변화는 PIN 다이오드에서 조사된 누적 중성자량의 계측 변수로 사용 가능하다.

3. 시스템의 전체적인 구성

RF형 도시메타 Set은 크게 RF형 도시메타부와 RF Reader부 이렇게 두 부분은 나누어지며, RF형 도시메타부는 제어부, 센서데이터 취득부, EEPROM, 신호변환부 정류회로부, 보조전원부로 구분할 수 있으며, 제어부는 모든 시퀀스의 제어를 담당하는 역할을 하고, 일

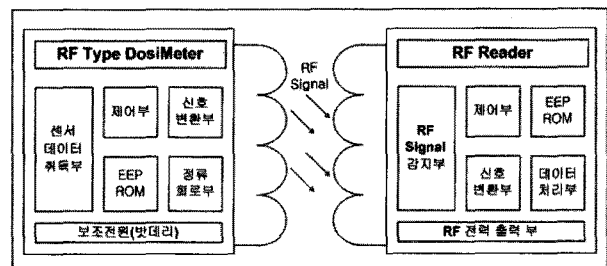


그림 2. RF형 도시메타 모듈
Fig. 2. Configuration of passive RF-type dosimeter.

련의 처리를 통하여 방사선량의 정보를 초당 2Byte 정보로 가공하여 안테나를 통하여 RF 신호를 내 보내게 된다.

이때 RF Signal 감지부, 제어부, 신호 변환부, EEPROM, 데이터 처리부, RF 전력 출력부로 구성되는 RF Reader가 통신 범위 내에 존재한다면 RF Signal 감지부가 이 RF 신호를 감지하여 감지된 신호를 제어부에 전달하면 제어부에는 인터럽트가 걸리게 되고 계속적으로 들어오는 신호를 신호 변환부가 Digital 신호를 변환하여 제어부에 전달하게 되는데 2byte의 정보 중 1byte는 12bit A/D 결과의 상위 6비트가 되며, 다른 1Byte는 하위 6비트 값을 의미한다. 또한 EEPROM에 저장된 정보는 차후 분석을 용이하게 하는 기능을 수행한다.

가. RF형 도시메타

기존에 개발된 중성자 선량계에 RF 통신 기능을 추가한 모듈로 보조전원 절약을 위하여 RF Reader에서 발생하는 신호를 정류회로를 통하여 전원으로 사용할 수 있도록 설계한 것이 특징이다. 일련의 동작을 살펴보면 RF reader가 일정 거리 이내로 근접하게 되면 안테나 회로를 통하여 전력이 유기되고 RF 전력을 수신한 정류회로 부에서는 RF형 도시메타가 동작하는데 이용되는 전원을 생성함과 동시에 보조전원에 대한 충전을 실시하게 된다.

안테나 부는 RF 통신을 수행함에 있어서 가장 중요한 부분이다. 안테나 부는 그림 3과 같이 구성할 수 있으며, L과 C1, C2, 스위치로 구성되어 있으며, L과 C의 병렬 회로로 구성되어 있다.^[2]

전력 전송 주파수 13.56 MHz에서 공진시키기 위해 적절한 L과 C값을 산출하였다. 기본적인 산출식은 아래의 식 (5)와 같다.^[3]

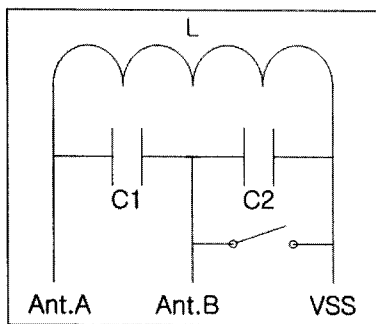


그림 3. 안테나의 구성
Fig. 3. Configuration of antenna.

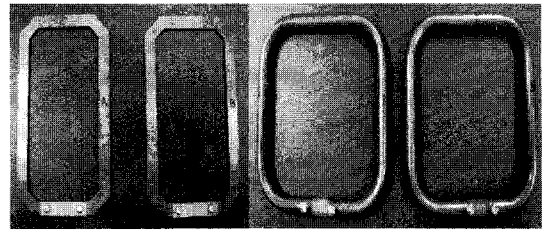


그림 4. 제작된 판형 및 원통형 안테나의 외형
Fig. 4. Manufactured board type antenna.

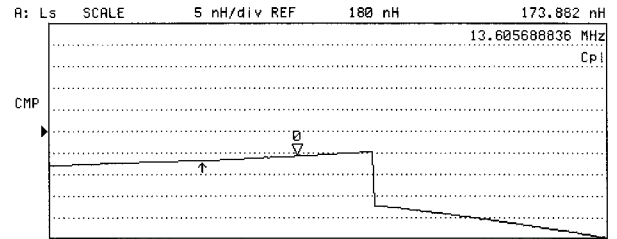


그림 5. 제작된 판형 안테나 특성
Fig. 5. Ls value of board type A antenna at 13.56 MHz.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L(\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2})}} \tag{5}$$

Ant.B와 VSS 사이에 사용된 스위치의 스위칭에 의해 C_T 의 변화가 생기고 이로 인해 공진주파수의 값이 변한다. 이때 RF Reader에는 스위칭 된 신호가 감지되어 데이터의 전달이 가능케 됨을 알 수 있다.

전력 전송용 안테나 역할을 수행하기 위해 그림 4와 같이 두 가지 형태로 안테나를 제작하였다.

제작된 안테나의 주파수에 대한 L 값의 변화를 살펴본 결과 사용할 13.56Mhz 근방에서 평탄한 특성을 보였으며, 그림 5는 판형 A의 주파수 변화에 대한 L 값을 변화를 나타내고 있다.

나. RF형 Reader

RF형 Reader는 13.56MHZ로 기본 발진하며, 안테나를 통하여 전력을 전송하기 위한 부분과 안테나에 유기되는 RF 신호를 처리하기 위한 두 부분으로 나누어 질 수 있다. 전력을 전송하기 위해 발진한 구형파는 전력 증폭하여 Turning Circiut를 거쳐 안테나에는 정현파의 형태로 실리게 되고, 코일에 유기된 RF 데이터는 Envelope Detector, Filt & Amplifier, Comparator를 거치면서 디지털 데이터로 CPU에 입력된다.

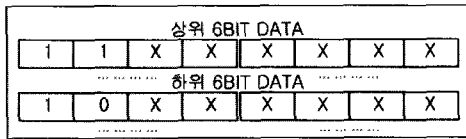


그림 6. 수신 데이터의 형태
Fig. 6. Type of receiving data.

초당 수신되는 데이터의 형태는 그림 6과 같으며, 수신되는 2byte 데이터의 상위와 하위를 구분하기 위하여 1,1 과 1,0 의 식별비트를 사용하였고, 각 나머지 6bit 들은 실제 센서의 데이터가 된다.

III. 실험

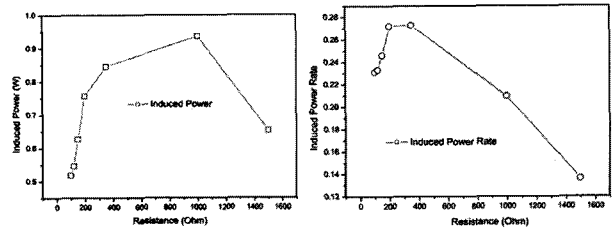
1 전력 전송 및 RF 통신 모듈의 실험 구성

전력 전송 실험은 전력수신을 함에 있어서 수신단의 부하저항별, 상호간의 거리별, 송신단 인가 전압별, 수신 안테나의 각도별 수신전력과 전력수신 효율을 살펴봄으로써 최적의 전력 수신 상태를 찾는 데 목적이 있다. 본 실험을 하기 위한 상태는 전송 주파수를 전력증폭기의 Gate에 입력으로 인가하고 전력 증폭기에 인가 되는 구동 전압을 가변 할 수 있는 상태에서 전력송신용 안테나에 전류를 인가 할 수 있게 구성하였다. 또한 RF 통신 모듈의 통신실험은 안테나 간의 거리를 5cm 로 고정하고 데이터 송, 수신 상태를 실험하였다. 두 안테나는 정확히 겹치도록 위치하였다.

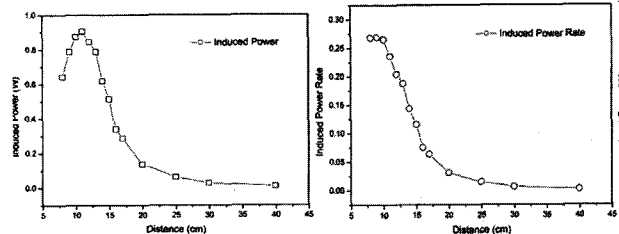
2 전력 전송 실험 결과

전력수신을 함에 있어서 수신단의 부하저항별, 상호간의 거리별, 송신단 인가 전압별, 수신 안테나의 각도별 수신전력과 전력수신 효율을 살펴본 결과는 그림 7 과 같다. 우선 부하저항별 수신전력 및 효율의 결과를 살펴보면 부하저항이 1KΩ에서 최대의 전력이 수신됨을 알 수 있고, 송신 전력에 대한 수신 전력의 효율의 결과를 보면 부하저항이 350Ω 근방에서 최대의 전력 수신효율을 보였다. 이는 전력 송수신 모듈을 운용함에 있어서 제작된 안테나를 사용할 경우 부하 측 임피던스가 350Ω에 맞도록 회로를 설계하는 것이 최대의 효율로 전력을 송수신 할 수 있다는 결과이기도 하다.

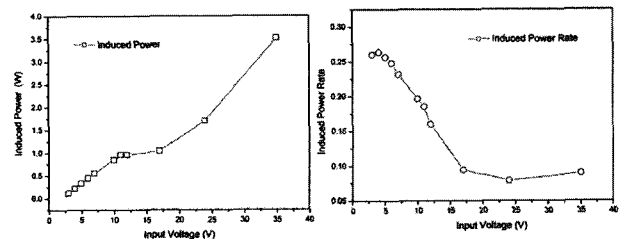
그림 7의 (b)는 부하저항 350Ω, 입력 전압 10V에서 안테나 코일의 상호간 거리에 따른 수신 전력의 크기를 나타내고 있다. 이때 수신전력은 안테나 상호간의 거리가 13cm 지점에서 최대의 수신 전력을 나타내고 있으



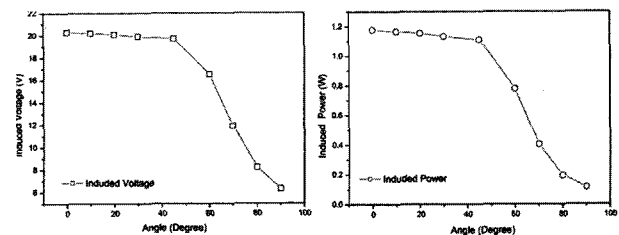
(a) 부하저항별 수신전력 및 효율 (거리 10cm, 인가전압 10V)



(b) 안테나거리별 수신전력 및 효율 (부하 350Ω, 전압 10V)



(c) 인가전압별 수신전력 및 효율 (거리 13cm, 부하 350Ω)



(d) 안테나각도별 수신전력 및 효율 (거리 13cm, 부하 350Ω, 인가전압 19V)

그림 7. 전력 전송 실험 결과

Fig. 7. Result of receiving power and efficiency.

며, 그 거리가 멀어지면 질수록 거리의 3제곱승에 반비례하여 감소함을 볼 수 있다. 이 결과는 식 (1)의 이론적인 결과가 실험상에 나타난 것이라 하겠다. 또한 수신전력의 효율은 수신전력의 크기를 나타내는 결과와 흡사하나, 특이한 점은 거리 13cm이내에서 수신 전력의 크기는 급격히 감소한 반면 전력 효율은 완만한 감소를 나타낸 점이다.

그림 7의 (c)의 증폭기에 인가하는 전압별 수신전력 및 효율 결과를 살펴보면, 증폭기에 인가되는 전압의

크기가 증가하면 수신단의 전력 수신량도 증가를 하지만 전력 수신 효율적인 측면에서 보면 인가전압이 12V를 넘게 되면 효율이 급격히 떨어지는 것을 볼 수 있었다. 따라서 본 시스템으로 전력을 송신함과 동시에 데이터통신을 수행함에 있어서 센서 회로쪽의 소비전력이 낮은 시스템에서 효율이 좋을 것이다.

그림 7의 (d)는 안테나간의 거리 13cm, 부하저항 350Ω, 증폭기 인가전압 19V에서 송신 안테나는 정면을 바라보고 있는 상태에서 수신안테나의 수신각도별 수신전력 및 효율을 나타내고 있다. 안테나 수신 각도가 40도 이하에서는 비교적 고른 전력 수신량 및 수신 효율을 나타내고 있으며, 40도가 넘는 범위에서는 수신 전력 및 효율이 급격히 감소하고 있다.

3 RF 데이터의 수신 파형

RF Reader에 위치한 Comparator의 출력단을 스코프로 본 결과는 그림 8과 같다. 두 안테나의 거리 5cm 내에서는 비트 손실 없이 송신된 모든 데이터가 수신됨을 확인할 수 있었으며, 0 전위에서 200mV 정도의 고주파 노이즈가 보이지만 이는 RF 통신에 영향을 미치지 않는 크기이다.

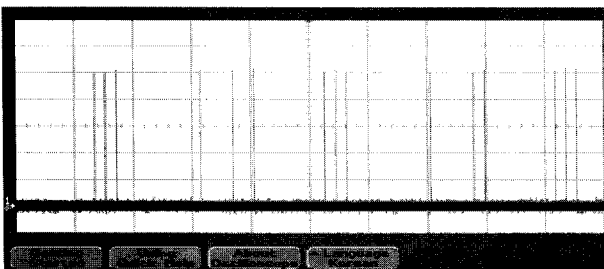


그림 8. RF 데이터의 수신 형태
Fig. 8. Type of RF receiving data.

IV. 결 론

본 연구에서는 기존의 도시메타에 RF 모듈을 추가하여 그 기능을 구현함에 있어, 각 구성요소별로 중요한 내용에 대하여 살펴보았으며, 본 시스템은 RF 통신으로 데이터를 전송함과 동시에 전력을 송, 수신하는 역할을 수행하므로 수신단의 부하저항, 상호간의 거리, 송신단 인가 전압, 수신 안테나의 각도별 수신전력과 전력수신 효율을 살펴보았다. 또한 RF 통신 실험은 안테나 간 거리가 5cm 에서 RF 통신이 이루어짐은 확인하였다. 하지만 보다 먼 거리의 통신을 하기 위해서는

여러 가지 방법의 개선이 필요하겠지만, 특히, 안테나의 주파수 특성을 설계 시 고려하여 전력전송 및 통신 효율을 향상 시켜야 할 것이다. RF 모듈의 전체적인 구성 및 동작에 초점을 맞추어 볼 때, 만족스러운 결과를 보여 주었다. 이후 연구는 안테나 회로 개선을 위한 설계 및 제작, 구동 전력을 줄이는 방법 및 정류 회로의 개선에 대한 연구를 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] Riabtsev, A; Zakopailo, I(1999). "The versatile RFID system", Science and Technology, 2000. vol.2, p709-711.
- [2] MicroChip Technology Inc(2001). "MicroID 13.56MHz Design Guide.
- [3] MicroChip Technology Inc(2003). "Antenna Circuit Design for RFID Applications".
- [4] M. Valdinoci, et al(1996). "Analysis of Conductivity Degradation in Gold/Platinum-Doped Silicon", Trans. On Electron Devices, Vol. 43, No. 12, pp.2269 -2275.
- [5] M. McPherson, T. Sloan, B. K. Jones(1997). "Suppression of irradiation effect in gold-doped silicon detectors", J. Phys. D: Appl. Phys. 30, pp.3028~3035.

저 자 소 개



홍 일 희(정회원)
 1985년 조선대학교 전기공학과
 학사 졸업.
 1987년 조선대학교 항공우주
 공학과 석사 졸업.
 2003년 충남대학교 전기공학과
 박사과정 수료.

1987년~현재 한국항공우주연구원 책임연구원.
 <주관심분야 : 발사체 시스템, 신호처리>



이 승 민(정회원)
 2000년 충남대학교 전기공학과
 학사 졸업.
 2002년 충남대학교 전기공학과
 석사 졸업.
 2007년 충남대학교 전기공학과
 박사 졸업

2007년~현재 한국원자력연구원 P.D
 <주관심분야 : 디지털회로, 입체영상, 신호처리>



김 양 모(정회원)
 1973년 서울대학교 공업교육학과
 (전자)학과 학사 졸업.
 1975년 서울대학교 공업교육학과
 (전자) 석사 졸업.
 1986년 일본 동경대학 전자공학과
 박사 졸업.

1990년 미국 버지니아테크 방문교수.
 1979년~현재 충남대학교 전기공학과 교수.
 <주관심분야 : 전기철도, 전력전자, 신호처리>