

논문 2010-47TC-1-7

# 무선전력통신 시스템의 저전력화를 위한 기술적 개선방안

## ( Study on The Technical Improvement in Wireless Power Communication System with Low Power )

정성인\*, 이승민\*\*, 이효성\*, 이홍호\*

( Sung In Chung, Seung-Min Lee, Hyosung Lee, and Hug Ho Lee )

### 요 약

본 논문은 기존의 방사선 피폭량을 실시간으로 산출하는 배터리 내장형 유선 혹은 RF형 선량계가 있었지만, 배터리를 제거하여 무전력으로 구동하는 알고리즘을 제안하고자 한다. 유선형 선량계의 경우, 유지 및 관리가 주기적으로 필요하다는 단점이 있다. 또한 배터리가 내장된 RF형 선량계의 경우에는 그 크기가 크고 배터리의 교체 등이 요구되고 있다. 특히 RF형 선량계는 큰 전력 소모량으로 인해 구현하기에는 많은 전력이 필요하다는 문제점을 가지고 있다. 본 논문은 저전력으로 구동하기 위한 방안으로써 마이크로컨트롤러의 동작 클럭을 낮추고, 정류기의 효율을 개선되도록 설계하였다. 또한 외부메모리 및 DC/DC 컨버터를 제거하여 선량계 회로의 간소화를 하였다. 이러한 연구는 회로의 간소화 및 소형화하는데 도움을 줄 수 있을 뿐만 아니라 무전원 비접촉형 선량계의 설계 및 응용기술에 많은 영향을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

### Abstract

This study proposes the algorithm which drives the powerless without battery. The exiting wire or RF type dosimeter, which is the computation of the real time with battery on the dose radiation exposure, In the Wired dosimeter, it is trouble to need the maintenance and management by periods. Besides, the case of the RF typed dosimeter with battery, it is requested to size bigger and to replace battery frequently and so on. Especially RF typed dosimeter has trouble to need for the embody with large power consumption on the contactless typed dosimeter. As the method for the low power, the study designed to be down the operating clock of the MPC, to improve the efficiency of the rectifier, to eliminate the external memory and the DC-DC converter for the simplification of the circuit We convince our research contributes not only to understand the simplified circuit and miniaturization, but also to help the design and application technology of the powerless dosimeter.

**Keywords :** dosimeter, RF, rectifier, DC-DC converter, contactless

### I. 서 론

기존의 방사선 피폭량을 실시간으로 산출하는 배터리 내장형 유선 혹은 RF형 선량계가 개발되었으나, 배터리를 제거한 무전력 비접촉 선량계에 관한 알고리즘 중, 저전력으로 구동하기 위한 기술적 개선 방안에 대

해 알고리즘을 제시하고자 한다.

비접촉식 RF형 선량계를 무전원으로 구현하기 위해서는 비접촉형 선량계가 최소전력으로 구동될 수 있도록 설계되어야 하며, 동시에 전력 수신 효율도 높아야 한다. 또한 비접촉형 선량계의 저전력 구동을 위해서는 선량계의 본연의 임무를 충실히 수행하기 위한 고유의 기능을 안정적으로 유지하면서 최소한의 IC를 사용하여 설계에 반영하여야 한다. 더욱이, 저전력으로 구동하기에 알맞은 소자의 선택이 무엇보다 중요하므로 사용된 IC들은 전력 소모량이 적은 IC를 조사하여 본 연구에

\* 정회원, 충남대학교 전기공학과  
(Chung Nam National University)

\*\* 정회원, 충남대학교 전기전자통신공학교육학과  
(Chung Nam National University)

접수일자: 2008년9월27일, 수정완료일: 2010년1월18일

적합한지를 판단하여야 한다.

즉, 회로를 간소화하기 위해서 마이크로컨트롤러의 내장 A/D 컨버터를 이용하여 외부에 별도의 A/D 컨버터를 제거하여 회로의 간소화 및 소형화할 수 있도록 하였다. 전력의 소모량을 최소화하기 위해 RF형 선량계부에 전력 소모량이 낮은 ATmega88p로 대체하였으며, 안정된 직류 전원 공급장치인 정류기의 효율을 개선하기 위해 교차연결 전류 미러형 브리지 정류기를 사용하여 그 효율을 높일 수 있도록 설계에 반영하였다. 특히 방사선 누적 피복에 따른 고정적인 저항 특성이 있는 REF200을 선택하였다.

본 연구에서는 상기 내용에서 언급한 바와 같이, 저전력화 구동을 위한 조건들을 만족시키기 위해 무전원형 비접촉 선량계 설계 회로를 설계하였으며, 전력 수신 효율을 향상을 위해 개선된 정류기 회로를 적용하였다.

## II. 무전원형 비접촉식 선량계 설계

Fig 1에서 보이는 바와 같이, 전력 전송을 위해 발진한 구형파는 주로 전력을 증폭(전류 증폭)하여 튜닝회로를 거쳐 안테나에 정현파의 형태로 실리게 되며, 코일에 유기된 RF 형태의 데이터는 리더기에 인벨로프 검출기(Envelop Detector), 필터&증폭기, 비교기를 거쳐면서 디지털 데이터 형태로 가공하여 마이크로 컨트롤러에 입력된다.

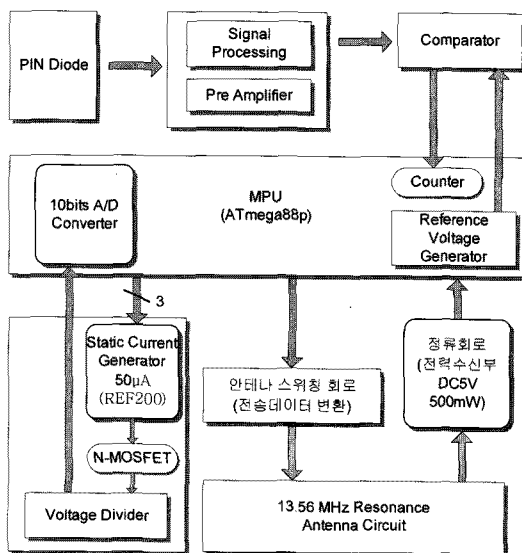


그림 1. 선량계 부 구성도  
Fig. 1. The configuration for the dosimeter.

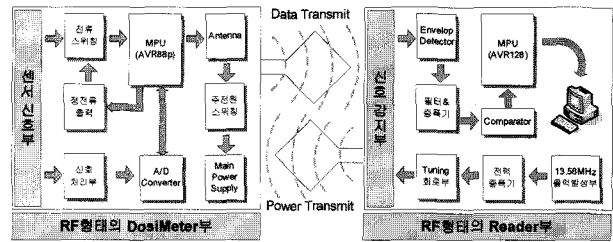


그림 2. RF 형태의 선량계와 리더기의 구성도  
Fig. 2. The configuration of the RF typed Dosimeter and reader.

Fig 2에서 보이는 바와 같이, 비접촉식 선량계의 동작 원리는 이동 로봇에 탑재되어 있는 리더기가 선량계부에 접근하게 되면 전자기 유도방식에 의해 안테나 회로를 통하여 전력이 선량계에 유기되고, 스위칭 신호부에서는 일정한 아날로그 전압 값이 발생하여 주전원에 들어오면 마이크로컨트롤러가 순차적으로 동작을 수행하게 된다.<sup>[3]</sup>

리더기의 동작 원리는 13.56MHz를 기본 발진으로 안테나를 통하여 전력을 선량계로 전송하기 위한 부분과 안테나로 유기되어 RF 데이터 신호를 처리하기 위한 부분으로 나누어 질 수 있다. 전력 전송을 위한 구형파는 주로 전류를 증폭하기위한 것으로, 튜닝회로를 거쳐 안테나에는 정현파의 형태로 실리게 되며, 코일에 유기된 데이터는 인벨로프 검출기(Envelope Detector), 필터&증폭기, 비교기를 거쳐면서 디지털 데이터 형태로 가공되어 마이크로컨트롤러에 입력된다<sup>[4]</sup>.

## III. 제안한 비접촉형 선량계의 저 전력화 설계

### 1. 마이크로컨트롤러의 저 클럭 구동

선량계 부에 공급되는 제한된 전원과 주파수를 연동하여 조절하여 전력소모를 최소화하여 저전력으로 구동하는 방법을 적용하였다.

일반적으로 시스템이 동작하는 동안 소모되는 전력을 수식으로 표현하면 다음과 같다.<sup>[5]</sup>

$$P = C_{eff} V_{dd}^2 f \tag{1}$$

여기서,  $C_{eff}$ 는 회로의 커패시턴스 부하 성분,  $V_{dd}$ 는 공급 전압,  $f$ 는 회로의 동작 주파수를 의미한다.

식(1)에서 보이는 바와 같이, 주파수를 낮춤으로써 소모 전력을 줄일 수 있음을 알 수 있다. 빠른 처리를 요구하지 않는 선량계에 탑재된 MPU(ATmega88p)의 기본 동작 클럭을 낮추어 소모전력을 최소화할 수 있다

록 구현하였다. 즉 기존의 방법은 모듈이 동작하는 동안 수 십 MHz의 주파수를 사용하는 대신에 수백 kHz의 주파수를 사용하였다. 또한, 대기모드상태에서는 아이들(Idle) 모드로 설정하여 저전력 구동을 실현하였다.

2. 개선된 정전류 펄스 발생회로

선량계의 방사선량 측정은 반도체에 방사선이 입사하면서 발생하는 변위손상을 이용한 것으로 방사선량에 따라 변화된 핀 다이오드 센서의 고유 특성 저항 값을 취득하기 위하여 센서에 정전류 펄스를 인가하고, 그때 유지되는 전압 값을 읽게 된다. 초기 개발 단계의 선량계의 경우, 핀 다이오드의 감도가 낮아 수백  $\mu\text{A} \sim \text{mA}$ 의 정전류 인가가 요구되었으며, 정전류 값이 가변적이었다. MPU에서 정전류 값을 가변 할 수 있는 구조의 AD420 칩을 이용되었다. 최근에 고감도의 핀 다이오드 센서가 개발되고 있으며, 많은 실험을 통하여 고정된 값의 낮은 정전류 펄스의 인가만으로 방사선량 값을 취득이 가능하게 되었으며 동일한 정전류 발생 기능을 수행하면서 전력소모가 상대적으로 작은 REF200을 사용하여  $50\mu\text{A}$  정전류를 공급할 수 있도록 Fig 3과 같이 회로도를 구성하였다.

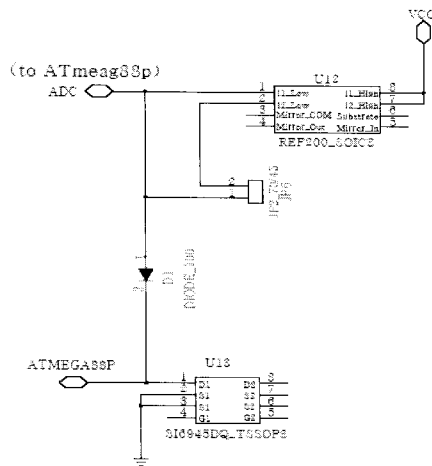


그림 3. 정전류 발생회로  
Fig. 3. Constan-current Generation Circuit.

3. 정류기 효율의 향상

정류기는 외부에서 입력으로 들어오는 교류 전류를 직류 전류로 변환하는 장치로서 교류 전압을 수신하여 직류 전압으로 변환해야 하는 부분에서 전력 수신효율에 큰 영향을 미친다. 본 연구에서는 전력 수신효율 향상의 한 가지 방법으로 기존의 풀브리지 다이오드 정류

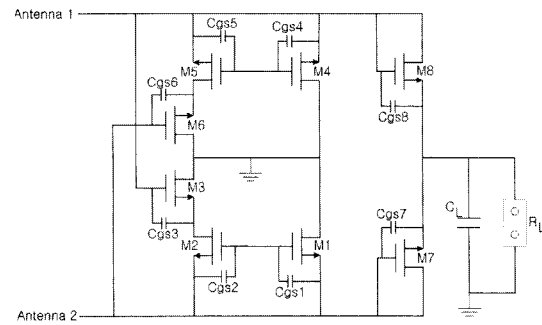


그림 4. 적용된 NMOS 게이트 교차연결 전류미러형 브리지 정류기  
Fig. 4. Proposed NMOS Gate cross-connected current-mirror type bridge rectifier.

기를 교차연결 전류 미러형 브리지 정류기로 대체하였다.<sup>[6]</sup>

NNOS 게이트 교차연결형은 유효한 직류 출력전압을 얻기 위해 요구되는 최소 입력전압이 상당히 낮고, 변화된 직류 출력전압이 기존의 구조에 비해 상대적으로 높다는 장점 때문에 많은 관심을 받아 왔다. 그러나 기존의 정류기들은 주파수가 증가하면 게이트 커패시턴스를 통한 누설전류가 증가하게 되어 UHF 대역 이상의 주파수에서는 사용하기가 곤란하다. 주파수 증가에 따른 게이트 누설 전류를 효과적으로 감소시켜 HF부터 마이크로파까지의 전 주파수 범위에 대해 마이크로 칩을 구동하기에 충분히 높고 부하저항의 변화에 대해 상대적으로 안정적인 직류 전압을 공급할 수 있는 새로운 NMOS 게이트 교차 연결 전류 미러형 정류기를 대체하여 설계하였다.

Fig 4에서 보이는 바와 같이, 적용된 교차연결 전류 미러형 브리지 정류기는 주파수 증가에 따른 게이트 누설전류를 효과적으로 줄일 수 있다. 또한 고주파 영역에서 게이트 누설전류가 1/4 이하로 감소하고, 부하저항에서의 소비전력도 30% 이상 감소하며, 부하저항의 변화에 대해 보다 안정적인 직류전압을 공급할 수 있는 특징이 있다.

4. 선량계 회로의 간소화 및 저 전력 구동을 위한 IC채택

회로를 간소화하기 위하여, 기존의 사용되었던 선량계 회로 중에서 A/D 컨버터(12비트) 칩을 제거하고 ATmega88p 내부의 A/D 컨버터(10비트)를 사용하였다. 12비트 A/D 컨버터가 ATmega88p에 내장되어 있는 10비트 A/D 컨버터보다 해상도는 좋으나, 핀 다이오드의

감도가 좋기 때문에 ATmega88p에 내장되어 있는 A/D 컨버터를 사용하여도 데이터 값을 처리하는데 충분하다고 판단된다. 또한 저전력으로 구동하기 위해 기존의 사용되었던 PIC16F876대신에 PICATmega88p를 사용하여 수  $\mu$ A의 저전력화 할 수 있도록 하였다.

#### IV. 실험결과 및 고찰

##### 1. 소비전력의 비교

기존에 개발된 선량계와 간소화 및 저전력화로 설계한 개선된 선량계 간의 소비전력을 비교하기 위하여, 대기모드 상태와 측정모드 상태로 분류하여 소비전력 비교 실험을 실시하였으며, 그 결과는 아래의 표 1과 같다.

표 1을 참고하면 기존의 선량계에 비해 대기모드의 경우 14.3%와 측정모드의 경우 18.5%의 전력만으로 선량계가 안정된 동작을 할 수 있음을 확인하였으며, 전력의 송·수신단의 설계 시 규정된 거리에서 수신단에 유기되어 선량계에 공급될 수 있는 순수전력이 100mW 이상에서는 선량계가 안정된 동작을 보장할 수 있을 것으로 예측할 수 있다. 실제의 설계 시에는 수신 전력 손실을 감안하여 500mW의 전력을 수신단에서 받을 수 있도록 설계에 반영할 예정이다.

표 1. 소비전력의 비교

Table 1. Comparison of power consumption.

		입력전압(V)	입력전류(A)	소모전력(W)
기 존	대기모드	6	0.07	0.42
	측정모드	6	0.09	0.54
개 선	대기모드	5	0.01	0.05
	측정모드	5	0.02	0.10

##### 2. 정류기 효율의 측정

적용된 교차연결 전류미러형 브리지 정류기의 효율을 측정하기 위해서는 부하저항을 1K $\Omega$ 로 고정된 상태에서 주파수를 1MHz ~ 100MHz까지 가변 하였을 때, 입력 전력에 대한 출력전력을 측정하여 주파수에 대한 정류효율을 살펴보았으며, 그 결과는 그림 5와 같다.

또한, 실제로 사용될 전력송신 주파수인 13.56MHz로 주파수를 고정한 상태에서 부하저항을 100 $\Omega$  ~ 10K $\Omega$ 까지 가변하며 부하저항에 따른 정류기 효율을 측정 한 결과는 아래 그림 6과 같다.

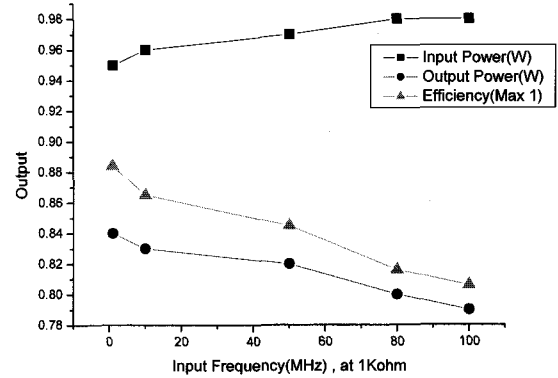


그림 5. 부하저항 1K $\Omega$ 에서 주파수별 정류기 효율  
Fig 5. Efficiency in frequency rectifiers.

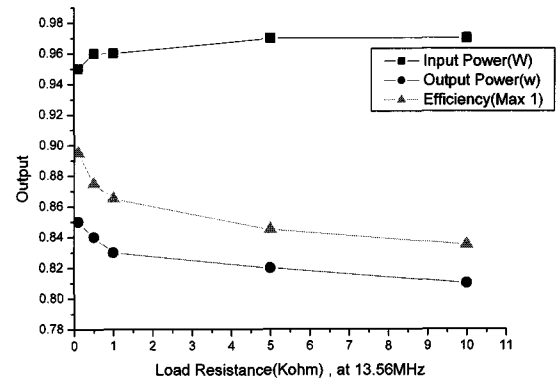


그림 6. 주파수 13.56MHz에서 부하저항별 정류기 효율  
Fig. 6. Rectifier efficiency due to load resistances.

주파수 및 부하저항이 증가함에 따라 주파수 50MHz, 부하저항 5K $\Omega$ 을 기점으로 다소 급속한 효율의 감소가 발생됨을 알 수 있었다.

#### V. 결 론

본 논문에서는 방사선 피폭량을 실시간으로 산출하는 배터리 내장형 유선 혹은 RF형 도시메타를 배터리를 제거하여 비접촉 선량계의 무전력 구동에 관한 알고리즘 중에서 저전력으로 구동하기 위한 알고리즘을 제안하였다. 저전력으로 구동하기 위한 방안으로써 회로를 간소화하고 정류기의 효율을 개선되도록 설계하였다.

고주파 영역에서 게이트 누설전류가 1/4 이하로 감소하고, 부하저항에서의 소비전력도 30% 이상 감소하며, 부하저항의 변화에 대해 보다 안정적인 직류전압을 공급할 수 있음을 검증하였다. 또한 부하저항에 따른 정

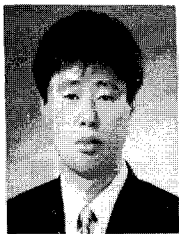
류기 효율을 측정 한 결과로부터, 주파수 50MHz, 부하 저항 5KΩ을 기점으로 다소 급속한 효율의 감소가 발생됨을 알 수 있었다.

이러한 실험은 회로의 간소화 및 소형화하는데 도움을 줄 수 있을 뿐만 아니라 무전원 비접촉 RF형 선량계의 설계 및 응용기술에 많은 영향을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

### 참 고 문 헌

- [1] Antenna Circuit Design for RFID Applications, Microchip Technology Inc.
- [2] HA Antenna Design Notes Technical Application report, 11-08-26-003, Texas Instruments
- [3] Constructing a 1000x600 HF Antenna Technical Application Repprt, 11-08-26-007, Texas Instruments
- [4] MicroChip Technology Inc, "MicroID 13.56MHz Design Guide, 2001.
- [5] Tag-it Reader System Series 6000, 11-06-21-050, Texas Instruments
- [6] Antenna Circuit design(AN710), DS00710C, 2003, Microchip Technology inc.

### 저 자 소 개



정 성 인(정회원)  
 2006년~2009년 충남대학교  
 전기공학과 박사과정.  
 1992년~2008년 한국과학기술원  
 인공위성 연구센터  
 선임 연구원.

<주관심분야 : 통신, 컴퓨터, 신호처리, 반도체>



이 승 민(정회원)  
 2002년~2008년 충남대학교  
 전기공학과 박사 졸업  
 2007년~2009년 한국원자력  
 연구원 P.D.



이 효 성(정회원)  
 2002년~2007년 충남대학교  
 전기공학과 박사 졸업  
 2007년~2009년 한국원자력연구  
 원 P.D.  
 2009년 9월 현재는 충남대학교  
 사범대학 전기전자통신공  
 학교육학 초빙교수



이 흥 호(정회원)-교신저자  
 1973년 서울대학교 전기공학과  
 졸업.  
 1979년~현재 충남대학교 교수  
 <주관심분야 : 전력 및 자동화>