

Passive 트랜스폰더의 RF-DC 변환회로에 대한 설계 및 분석

진인수*, 김종범, 양경록, 김양모
충남대학교 전기공학과
전화 : (042) 822-1998 / 팩스 : (042) 823-7970

The Design and Analysis of RF-DC conversion circuit in the Passive Tranponder

In-su Jin*, Jong-bum Kim, Kyeong-rok Yang, Yang-mo Kim
School of Electrical Engineering Chungnam National University
E-mail : insuj@hanmail.net

Abstract

Depending upon the existence of the battery, transponder is divided into active and passive transponder. The passive transponder operates without battery and so has no limitation in its operating range and life time. But it needs the RF-DC conversion circuit.

In this paper, the analysis and design of the RF-DC conversion circuit in passive transponder operated in high frequency is presented and is confirmed by simulation and experiment.

I. 서론

최근 RF 트랜스폰더(transponder)를 적용한 통신 시스템은 적외선 시스템이나 바코드 시스템과

는 달리 리더와 트랜스폰더간에 가시선이 요구되지 않아 사람이 직접 작업하기 어려운 곳이나 혹독한 작업환경 등에서 효과적으로 이용할 수 있고 바코드나 마그네틱 카드처럼 직접 스캐닝할 필요가 없어 널리 사용되고 있다. 원격진단시스템, 거리 측정, 속도 센서, ID 카드 등에 여러 분야에서 광범위하게 사용되고 있으며 그에 따른 연구도 지속적으로 이루어지고 있다. RF 트랜스폰더는 배터리의 유무에 따라 액티브 트랜스폰더와 패시브 트랜스폰더로 구분된다. 액티브 트랜스폰더는 배터리를 사용함에 따라 배터리 수명에 의한 제약을 받는 반면 패시브 트랜스폰더는 액티브 트랜스폰더에 비해 수명에 의한 제약은 없지만, 안테나로부터 받은 RF신호를 DC로 변환해야 하는 회로가 부가적으로 요구되고 있다. 안테나로부터 들어오는 RF신호는 소신호이기 때문에 RF-DC 변환회로는 저전력화되어야 하고 사용범위의 제한을 받게 되는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 패시브 트랜스폰더에 대해 분석해보고 2.45GHz에서 적용할 수 있는 RF-DC 변환회로를 분석하고 설계하였다. 또한 모의 실험과 실험을 통해 확인하고자 한다.

II. 패시브 트랜스폰더

그림 1과 같이 패시브 트랜스폰더는 안테나, RF-DC 변환회로, 트랜스폰더 칩으로 구성된다.[1] 안테나는 기지국에서 전파되어 오는 RF신호를 받는 역할을 하는 것으로써 본 논문에서는 마이크로스트립 패치(patch) 안테나를 사용하였다. 마이크로스트립 패치 안테나는 경량이고 박막 형태로 제조 가능하므로 고속 비행물체나 인공위성에 장착할 수 있으며 가격이 저렴하여 대량생산이 가능하다는 장점이 있는 반면 대역폭이 좁고 이득이 작으며 취급할 수 있는 전력의 양이 작은 단점이 있다. RF-DC 변환회로는 안테나로부터 받은 RF신호를 DC로 변환해주는 역할을 하며 본 논문에서는 Cockcroft-walton회로를 이용하여 변환하였다.[2] 트랜스폰더 칩은 다시 기지국에 보낼 신호를 만드는 역할을 하게 된다.

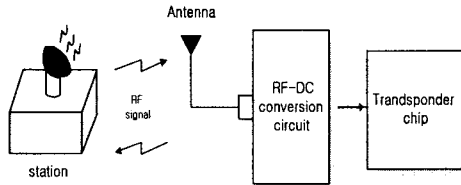


그림 1. 패시브 트랜스폰더 블록 다이어그램

위 그림에서 보듯이 패시브 트랜스폰더에서는 RF-DC 변환회로가 부가적으로 요구되며 마이크로파로 패치 안테나로부터 들어오는 RF신호는 2.45GHz의 마이크로파이고, 저전력이다. 주파수 2.45GHz는 ISM(Industrial Scientific and Medical)의 ID 시스템으로 사용되고 있으며, 유럽은 ETSI와 CEPT에서 ETS 300, 440의 표준 규격으로 채택하였다. 또 미국에서는 FCC에 RF-ID를 「Field Disturbance Sensors」로 할당했다. 우리나라와 일본에서는 RF-ID 시스템에서 송·수신되는 주파수를 2.45GHz대에서 사용할 수 있도록 승인되어 사용하고 있다. 본 논문에서는 2.45GHz대의 고주파에 적용할 수 있는 패시브 트랜스폰더의 RF-DC회로에 대해 분석하고 설계하였다.

III. 제안된 RF-DC 변환 회로

3.1 제안된 RF-DC 변환회로

제안된 RF-DC 변환회로는 그림 2와 같이 안테나, 전력을 효과적으로 전달하기 위한 임피던스 매칭 회로, RF-DC Cockcroft-Walton Voltage Multiplier로 구성된다. 안테나는 경량이며 대량생산 가능한 마이크로스트립 패치 안테나를 사용하였으며, 전력을 효과적으로 전달하기 위해 임피던스는 특성 임피던스가 50Ω인 마이크로스트립 라인을 사용하여 매칭하였다.

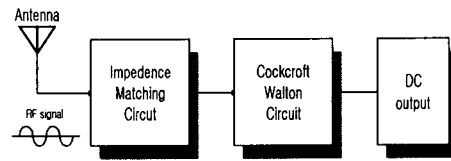


그림 2. 제안된 RF-DC 블록 다이어그램

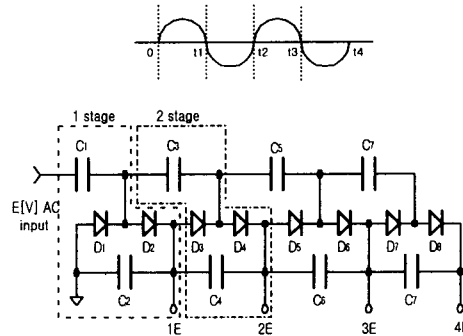


그림 3. Cockcroft-Walton voltage multiplier

그림 3은 Cockcroft-Walton Voltage Multiplier 회로로써 전압이 E[V]인 교류 전원이 공급되고 있다고 하자. 이 때 회로의 동작원리를 살펴보면 다음과 같다.

3.1.1 동작 원리

i) $0 \leq t < t_1$

C_1 은 E전압으로 충전이 되고 D_2 가 도통되어 C_2 에 E전압이 걸리게 된다.

ii) $t_1 \leq t < t_2$

D_1 이 도통되어 C_2 의 E전압과 전원의 E전압의 합인 2E전압이 C_1 에 걸리게 된다.

iii) $t_2 \leq t < t_3$

2차단인 C_3 가 2E전압으로 충전이 되고 D_4 가 도통 되어 C_4 에 2E전압이 걸리게 된다. 결국 이런 방법으로 반복을 하게 되어 다음단에는 배의 전압이 걸리게 된다.

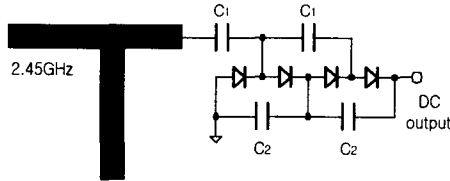


그림 4. 제안된 RF-DC 세부회로도

그림 4은 본 논문에서 제시한 RF-DC 변환 세부회로이다. 그림에 보듯이 마이크로스트립 라인은 효과적인 전력전달을 위한 임피던스 매칭회로로써 표1과 같은 특성을 가지고 있다. 안테나에 들어오는 RF신호의 임피던스는 네트워크 어날라이저(Network Analyzer)에서 얻어진 스미티 차트를 이용해 마이크로스트립 라인의 길이를 선정해서 매칭시킨다. 마이크로스트립 라인을 사용함에 따라 안테나로부터 들어온 RF신호는 RF-DC 변환 회로인 Cockcroft Walton 회로로 전달하고 Cockcroft Walton 회로는 위에서 설명한 원리에 의해 DC전압으로 변환하게 된다.

표1. 마이크로스트립라인의 특성

기판두께	1mm
비유전율	4.65
동판두께	35 μ m
특성임피던스	50 Ω

3.2 모의 실험

RF신호의 전력은 0dBm(=1mW)이고 주파수는 2.45GHz이다. 이 때 그림 5는 모의 실험 결과 파형으로 DC 출력은 약 4.8[V]를 조금 넘는 것을 알 수 있으며 안테나를 통해 들어온 정현파 RF-신호를 Cockcroft-Walton 회로를 통해 DC으로 변환 됨을 볼 수 있다.

3.3 실험 결과

본 논문에서는 RF신호에 대한 DC 출력전압의 값을 측정하고자 RF신호를 -30dBm에서 2dBm까

지 가변 시켜 측정하였다. 또한 본 실험에서는 2.45GHz의 신호를 정류하기 위해 UHF밴드에서 사용가능한 쇼트키 다이오드를 사용하였다.[3] 그림 6은 본 논문에서 제시한 RF-DC 변환회로를 적용하여 RF신호에 대한 DC 출력전압의 변화를 나타낸 것으로 무부하시에 RF신호가 커짐에 따라 출력 DC 전압도 증가함을 알 수 있으며 정현파인 RF신호가 DC전압으로 변환되었음을 알 수 있다. 그림 7은 부하에 따른 RF-DC 변환 효율을 나타낸 것으로 실험 결과는 표2와 같다. RF신호가 0dBm인 조건하에서 출력단에 부하가 있을 시에는 총 RF-DC 변환효율은 26%~31% 이다.

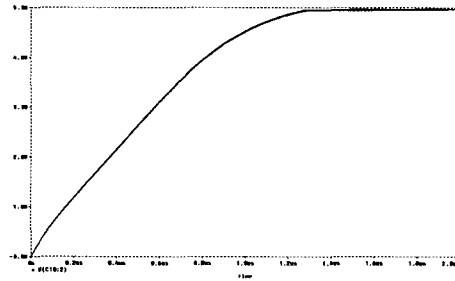


그림 5. 모의 실험 파형

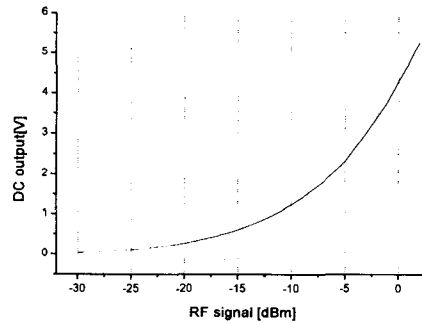


그림 6. RF-신호에 대한 DC 출력전압의 효율

표2 부하에 따른 출력전압

부하[k Ω]	출력전압[V]	출력전력[dBmW]
5.13	1.16	0.2623
10	1.7	0.289
15.22	2.18	0.3122
17.49	2.28	0.2972

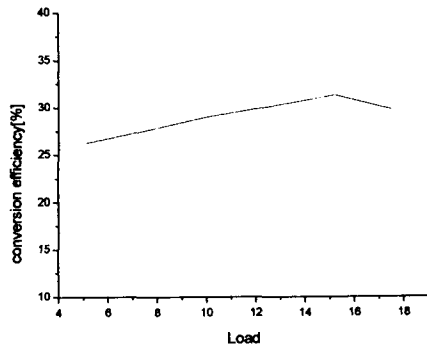


그림 7. 부하에 따른 RF-DC 변환 효율

IV. 결론

본 논문에서는 마이크로파에서 적용할 수 있는 패시브 트랜스폰더의 RF-DC 변환회로에 대해 분석 및 설계하였다. 제시된 RF-DC 변환회로는 가볍고 단가가 싸며 박막형태로 된 마이크로스트립 패치 안테나, 안테나로부터 받은 RF신호를 효과적으로 전달하기 위한 임피던스 매칭 회로, 정형파인 RF신호를 DC로 변환시키기 위한 cockcroft-walton 회로로 구성되었으며, 모의 실험과 실험을 통해 RF신호를 DC로 변환됨을 확인하였다. 실험 결과 총 RF신호에 대한 DC 변환 효율은 30% 정도로 나왔다. 앞으로 RF신호에 대한 DC변환의 효율을 높이기 위한 연구가 지속적으로 이루어지게 될 것이다.

참고문헌

- [1] 김광수, 이교성, 김양모, "Passive 트랜스폰더에서의 전력변환 효율 향상을 위한 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 1951~1953, 1998.
- [2] 丁性桂, 李德出, "高電壓工學" 文運堂, pp. 261-262, 1998.
- [3] U. Kaiser and W. Steinhagen, "A low power transponder IC for high performance identification systems" Proc. CICC 1994, May 1994, pp. 14.4.1-14.4.4.