

Passive 트랜스폰더에서의 전력변환 효율 향상을 위한 연구

김광수^u, 이교성, 김양모
충남대학교 전기공학과

Improving power conversion efficiency of the passive transponder

Kwang-soo Kim^u, Kyo-sung Lee, Yang-mo Kim
Dept. Electrical Eng. Chungnam National Univ.

Abstract - In this study, we present the power conversion system of the passive transponder which is operated at 2.4GHz. First, The passive transponder which is the power conversion system is one of the passive transponder elements is presented. And then the power conversion system is analyzed and simulated.

있는데 2.4GHz에서는 LC공진회로의 경우 부피나 무게 측면에서 사용치 않고 patch안테나가 주로 사용되어진

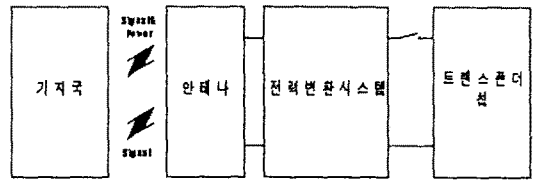


그림 1. Passive transponder의 개념도

1. 서 론

일반적인 시스템이 동작하기 위해서는 에너지원이 요구된다. 시스템이 동작되는데는 에너지원을 외부와 연결하는 방법과 자체 에너지원(nonrechargeable battery)을 갖추는 방법이 있다. 외부와 연결하여 시스템을 구동할 경우 그 동작 범위가 제한되어진다. 또한 외부와 연결할수 없는 상황에서는 사용되어질 수 없다. 자체 에너지원(nonrechargeable battery)을 갖는 방법은 동작 범위에서 제한을 받지 않지만 그 동작 시간이 제한되어진다. 이런 단점을 해소하기 위해서 나온 방안이 바로 신호를 받아 에너지로 사용하는 방안이다. 이 방법을 사용하는 대표적인 시스템이 passive transponder이다. Passive transponder는 외부 에너지원과 연결이 어려운 상황에서도 시스템을 동작 시킬 수 있고 사용하고자 할 때만 사용할 수 있어 에너지효율 측면에서도 장점이 있다^[4]. 하지만 지금까지의 passive transponder는 여러 가지 제약 조건들에 의해서 동작 범위가 제한되어져왔다. 그 제약 조건중 하나가 전력변환효율이다.

본 논문에서는 2.4GHz에서 동작하는 passive transponder에 대해 간략히 소개하고 제약 조건들 중 신호를 받아 정류하여 충전하는 과정에서의 전력변환시스템에 대해서 연구하고자 한다.

다^[2]. 전력변환시스템은 안테나로부터 받은 신호를 받아 정류하고 커패시터나 battery를 충전시킨다. 트랜스폰더 칩은 전송된 신호를 처리하고 기지국에 보낼 신호를 만드는 역할을 한다. Passive transponder가 동작하기 위해 half duplex mode를 사용한다^[1]. Half duplex mode는 그림2와 같이 세가지의 동작 모드로 구분되어진다. 먼저 기지국이 트랜스폰더를 동작가능하게 하도록 전력 신호를 전송하여 rechargeable battery나 커패시터를 충전하는 charging phase와 충전이 다 된다음 충전된 에너지를 트랜스폰더에 인가하여 데이터처리를 하고 기지국에 다시 정보 신호를 전송하는 telegram phase. 마지막으로 트랜스폰더를 초기화하는 discharging phase가 있다^[5].

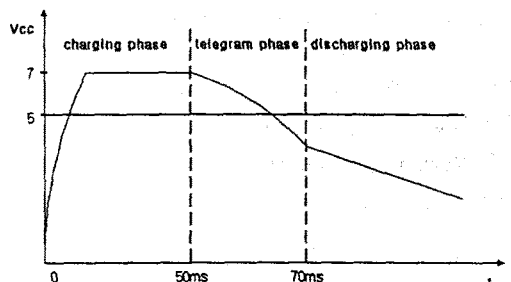


그림 2. Passive transponder의 동작 모드

2. PASSIVE TRANSPONDER

Passive transponder의 구조를 보면 그림1 과 같이 안테나와 전력변환시스템, 트랜스폰더칩으로 구성되어진다. 안테나는 기지국과의 인터페이스역할을 한다. 안테나로 주로 사용되어지는 것은 LC 공진회로와 patch 안테나가

Passive transponder는 현재까지도 그 동작범위가 제한되어져왔다. 동작범위를 넓히는 방법은 다음과 같다. 첫째로 송신단에서 가능한 가장 높은 전력을 전송하고 주파수를 높이는 방안이 있다. 송신단 전력과 주파수를 높일 경우 먼 거리에서도 트랜스폰더에 전력이 수신되기

때문에 동작 범위는 늘어나지만 그 주변에 강한 전자계가 형성되어 환경에 심한 영향을 미치게 되며 기지국과 트랜스폰더사이의 위치를 정확히 알아야 한다. 둘째로, 송신단 전력과 주파수를 높일 경우 트랜스폰더에 사용되어야 하는 소자들도 문제가 되어진다. 마지막으로 수신된 전력 신호를 손실없이 에너지화 하는 것도 중요한 제한 요소가 되어진다. 본 논문에서는 이 요소들 중 수신된 신호를 전력으로 바꾸는 과정에서의 에너지 변환 효율에 관한 연구를 하였다.

3. 전력 변환 시스템

이 장에서는 전력변환시스템을 구성하는 요소들에 대해서 설명하고 그 각각의 요소들을 시뮬레이션하였다. 본 논문에서의 전력변환시스템을 사용할 passive transponder의 사양을 보면 다음과 같다. 우선 트랜스폰더 시스템에서 요구하는 전력이 대략 100mW이며, 사용 주파수 대역은 2.4GHz이다. 전력변환시스템은 입력블럭과 charging 블럭으로 나눌수 있다. 입력 블럭은 balun을 사용하였다^[2]. 왜냐하면 patch 안테나로부터 수신된 신호의 선로가 불평형하여 평형 charging 블럭 선로와 접속할수 없기 때문이다. Charging 블럭은 전파정류회로와 rechargeable battery로 구성되어진다.

3.1 전력변환시스템의 입력블럭

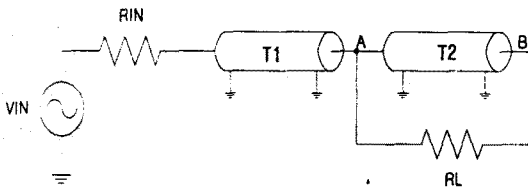


그림 5. 마이크로스트립 라인을 이용한 Balun

그림5는 전력변환시스템에 사용되어지는 balun의 개념도를 나타낸 것이다. Balun은 보통 인덕터를 사용하여 만들어지지만 2.4GHz에서는 사용할수 없으므로 마이크로스트립 라인을 이용하였다. 마이크로스트립 라인은 NL(Normalized length)과 Z_0 (특성 임피던스), F(주파수)로 나타내어진다. T1은 $F=2.4\text{GHz}$, $NL=1$, $Z_0=50\Omega$ 이고 T2는 $F=2.4\text{GHz}$, $NL=0.5$, $Z_0=50\Omega$ 이다. NL은 $\frac{L}{\lambda}$ (L: 선로의 길이, λ : wave의 파장)이므로 [1] 한 파장당 선로의 길이를 의미한다. T1은 NL이 1($L=12.5\text{cm}$)인데 이것은 한 파장의 길이가 선로의 길이이고 입력파형의 위상이 그대로 전달된다. T2는 NL이 0.5이므로 선로의 길이가 $\frac{\lambda}{2}$ (6.25cm)이며 T2의 입력 파형과 출력파형은 180° 의 위상차를 갖는다.

다. RL은 T2에서 출력된 파형을 A에 입력되지 않도록 정해준다. 다음 그림6과 그림7은 이 회로 과도해석과 주파수특성을 시뮬레이션한 결과이다.

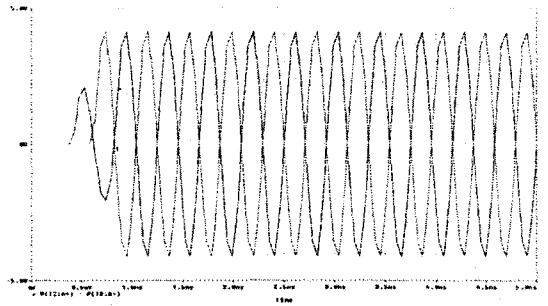


그림 6. Balun의 과도해석

그림6의 과도 해석으로 balun에 의해 입력 신호가 0° 와 180° 로 출력됨을 알수 있고 그림7의 주파수응답을 통해 2.4GHz에서 임피던스 매칭이 되어 있음을 알수 있다.

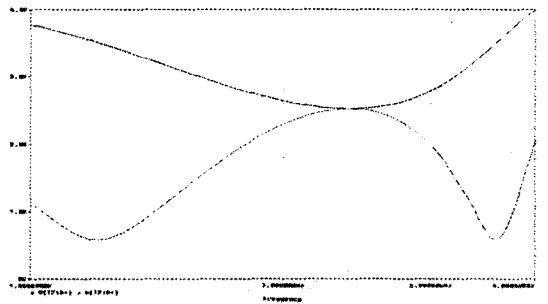


그림 7. Balun의 주파수응답

3.2 전력변환시스템의 charging 블럭

Charging 블럭은 전파정류회로와 rechargeable battery로 구성되어진다. Charging 블럭은 그림8과 같다.

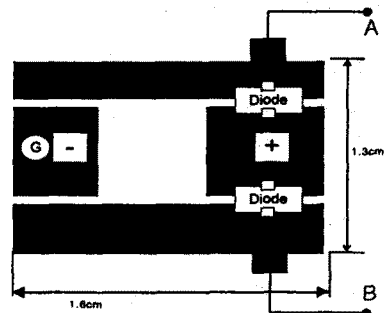


그림 8. Charging 블럭

Rechargeable battery를 사용한 이유는 트랜스폰더

시스템에서 요구되는 전력이 100mW정도 이기 때문에 커패시터를 사용하였을 경우 0.1F이상이어야 한다. 따라서 요구 전력을 만족하고 부피나 무게를 줄일수 있는 rechargeable battery를 사용하게 되었다. 이 블록에 사용된 다이오드는 쇼트키 다이오드를 사용하였다. 이 다이오드의 특성을 나타내면 표1과 같다. 양단 A, B가 balun의 A,B와 연결되어 battery를 충전하게 된다. 시뮬레이션에서는 battery의 등가 모델로 0.1F의 커패시터를 사용하였다. 2.4GHz의 신호를 입력받아 충전시키는 charging 블록의 시뮬레이션은 다음과 같다.

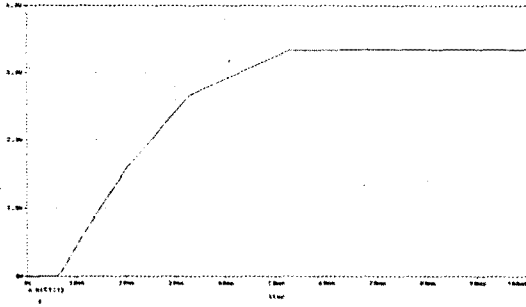


그림 9. Charging블록의 과도해석

표 1. SMS3988의 특성

Is	4e-8
Rs	12
n	1.05
Cjo	0.1p
m	0.35
Eg	0.69
Xti	2
Fc	5
BV	3
IBV	1e-5
Vj	0.51

3.3 계산 결과

시뮬레이션결과 충전 전압이 대략 3.4V이다. 이것은 쇼트키 다이오드의 문턱전압 0.51V와 스위칭 손실때문이다. 충전이 입력신호의 반주기(0.2ns)에 충전이 안되는 것은 시뮬레이션에 사용된 다이오드가 내부 직렬저항(5~12Ω)을 갖아 손실이 크기 때문이다. 시뮬레이션 결과 알 수 있는 최대전력변환효율은

$$\frac{V_{charged}^2}{V_{in}^2} \times 100 = 72.25\%$$

여러 가지 접촉 손실을 고려하면 변환효율은 약간 낮아질 것임을 예측할 수 있다.

4. 결론

Passive transponder의 동작 범위에서의 단점을 지적하고 이것을 극복하기 위한 일환으로 전력변환시스템을 시뮬레이션하고 분석해 보았다. 앞 장에서 언급되었듯이 전력변환시스템은 입력 블록과 charging 블록으로 나누어질 수 있다. 입력 블록은 안테나로부터의 출력과 charging 블록의 입력과의 인터페이스문제를 해결하기 위해 마이크로스트립 라인을 이용한 balun을 사용하였다. Charging 블록은 트랜스폰더에서 요구하는 전력이 대략 100mW이기 때문에 커패시터를 사용하지 않고 rechargeable battery를 사용하였으며 2.4GHz의 신호를 정류하기 위해 UHF밴드에서 사용가능한 쇼트키 다이오드를 사용하였다. 시뮬레이션 결과로부터 전력변환효율이 전력변환시스템에 사용되어지는 정류 다이오드의 스위칭 손실에 의해 큰 영향을 받음을 알 수 있었다.

본연구는 MICROS(KOSEF)의 지원하에 수행되었음.

(참 고 문 헌)

- [1] Transponder devices. Patents: US 4,724,427. Feb.9, 1998.
- [2] Baker, Li, Boyce, "CMOS circuit design, layout, and simulation" IEEE PRESS, pp.313-326.
- [3] Remotely interrogated transponder. Patents: US 4,786,903, Nov.22, 1988.
- [4] Tool identification system. Patents: US 4,742,470, May 3, 1988.
- [5] 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.