

임피던스 변환회로를 이용한 광대역(2GHz~5.8GHz) FET 스위치 설계

(Design of a broadband(2GHz~5.8GHz) FET Switch Using Impedance Transformation Network)

노희정*

(Hee-Jung Roh)

요 약

본 논문은 마이크로 스트립 라인을 무선 랜(IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g)에 사용할 수 있는 SPDT FET 스위치를 설계하고 시뮬레이션하였다. 특히 주파수에 따른 능동소자의 영향을 최소화하기 위하여 임피던스 변환회로를 적용하여 설계하였다. 이 SPDT스위치 수신경로의 삽입손실은 2[GHz]에서 4[GHz]까지 0.8[dB]에서 1.462[dB]를 나타내고 있으며, 4.7[GHz]에서 6.7[GHz]까지 1.26[dB]에서 2.3[dB]을 보이고, 격리도는 2[GHz]에서 6.7[GHz]의 대역에서 30[dB]이하를 나타낸다. 그리고 송신경로에서의 삽입손실은 2[GHz]에서 4[GHz]까지 1.18[dB]에서 2.87[dB]를 나타내고 있으며, 4.7[GHz]에서 6.7[GHz]까지 0.625[dB]에서 1.2[dB]을 나타내고 있다. 격리도는 2[GHz]에서 6.7[GHz]의 대역에서 30[dB]이하를 나타낸다.

Abstract

This paper describes the design and the simulation of a single pole double throw(SPDT) FET switch for wireless LAN(IEEE802.11a & IEEE802.11b) applications using drain impedance transformation network with Microstrip transmission line. At the receiving path insertion losses were from 0.8[dB] to 1.462[dB] between 2[GHz] and 4[GHz], from 1.26[dB] to 2.3[dB] between 4.7[GHz] and 6.7[GHz] and the isolations were under 30[dB] between 2[GHz] and 6.7[GHz]. At the transmitting path insertion loss were from 1.18[dB] to 2.87[dB] between 2[GHz] and 4[GHz], from 0.625[dB] to 1.2[dB] between 4.7[GHz] and 6.7[GHz] and the isolations were under 30[dB] between 2[GHz] and 6.7[GHz].

Key Words : SPDT(Single Pole Double Throw) , Insertion losses, Isolations , Impedance transformation network

1. 서 론

최근의 무선을 이용하는 통신시스템에는 스위치

가 시스템의 성능을 좌우하는 중요한 필수 소자로 동작한다. 따라서 스위치에 대한 다양한 연구가 연구되고 있다. 최근의 연구에서 임피던스 변환(Impedance transformation) 회로를 사용하여 다른 방법보다 개선된 격리도(Isolation)을 가진 보고들이 있다[1~3]. 본 논문에서는 FET(ATF-36077)를 사용하고 임피던스 변환 회로에 마이크로 스트립 라인(Microstrip line) 전송선로를 이용하여 1~5.8[GHz]

* 주저자 : 김포대학 전자정보계열 조교수
Tel : 031-999-4208, Fax : 031-999-4775
E-mail : june@kimpo.ac.kr
접수일자 : 2004년 5월 14일
1차심사 : 2004년 5월 20일
심사완료 : 2004년 7월 12일

임피던스 변환회로를 이용한 광대역(2GHz~5.8GHz) FET 스위치 설계

시스템에 적용이 가능한 광대역 SPDT FET 스위치를 설계하여 특성을 분석하고 HMIC로 제작하여 특성을 분석하였다. 이 스위치는 무선 랜인 IEEE 802.11a와 IEEE802.11b에 적용할 수 있으며, 2003년에 표준화된 IEEE802.11g에 적용하여 사용할 수 있다.

2. SPDT FET스위치 설계

FET 스위치는 게이트 바이어스의 전압에 따라 변화하는 FET 임피던스 특성을 이용한다. 게이트-소스 바이어스의 크기가 핀치오프 전압의 크기보다 크면($|V_{gs}| > |V_p|$) 큰 임피던스를 갖고 FET는 OFF 상태로 동작하며, 게이트-소스 전압이 '0'일 때 작은 임피던스를 가지고 FET는 ON 상태로 동작한다. 그림 1은 본 논문에서 사용한 ATF-36077의 게이트-소스 전압에 따른 FET의 On-OFF 상태를 나타낸다. 설계된 회로는 게이트 전압이 0[V]에서 ON 상태이고 -1.0[V]에서 OFF 상태로 동작했다.

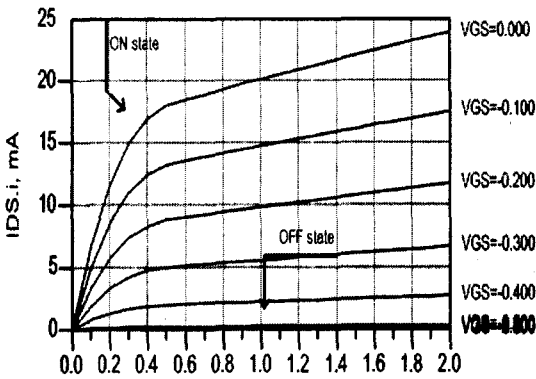


그림 1. FET의 바이어스 동작점
Fig. 1. ATF-36077's Bias Point

2.1 임피던스 변환 회로

스위치의 특성은 삽입손실(Insertion Loss)과 격리도(Isolation)로 표현된다. 삽입손실은 스위치가 ON 상태일 때 인가된 전력에 대한 부하저항에 전달되는 전력의 비로 정의되며, 격리도는 OFF 상태일 때 부하저항에 전달되는 전력의 비로 정의 된다. 본

논문에서는 삽입손실 및 격리도를 개선하기 위하여 임피던스 변환(Impedance Transformation)회로를 드레인에 마이크로스트립라인을 이용하여 설계했다. 그림 2는 스미스 차트에서 관찰한 ON 상태($V_g = 0V$)와 OFF 상태($V_g = -0.6V$)에서 FET의 입력 임피던스를 나타낸다.

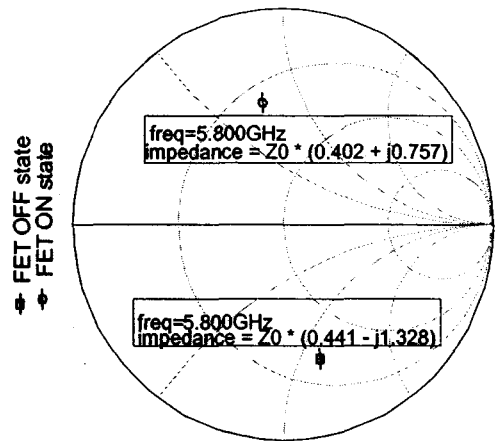


그림 2. FET의 ON-OFF 상태에서 입력 임피던스(at 5.8(GHz))

Fig. 2. Input Impedance at ON-OFF state

Cds나 Ld등과 같은 FET 내부의 기생 성분들에 의해 동작 주파수 5.8 [GHz]에서 ON상태일 때는 입력 임피던스($20.1 + j37.85$)의 값을 가지며 인덕티브성질을 가지며, OFF 상태일 때는 입력 임피던스($22.05 - j66.4$)로 커패시터 성질을 갖는다. 따라서, 임피던스 변환회로를 이용하여 기생성분의 영향을 보상할 필요가 있다. 본 연구에서는 그림 3과 같은 직렬과 병렬의 마이크로 스트립라인의 전송선로를 이용한 임피던스 변환 네트워크를 이용하여 스미스 차트상에 ON 상태를 short(Low impedance)로 OFF 상태를 open(High impedance)으로 이동 시키고자 하였다. 그림 4는 FET의 ON-OFF 상태에서 그림 3의 A, B, C, 지점에 임피던스를 삽입함에 따라 그림 2의 임피던스 점이 스미스 차트상에서 이동하여 그림 4와 같이 나타낸다.

입력 임피던스 변환 후에 C지점에서 그림 4와 같이 스미스 차트상의 short와 open 근처에서 ON 상태일 때에 작은 입력 임피던스($5.35 + j0.25$)와 OFF상

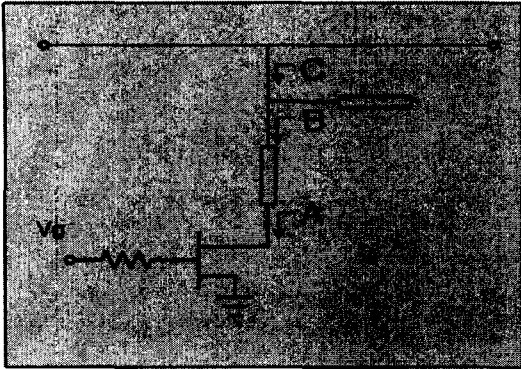


그림 3. 마이크로스트립 전송선로를 이용한 임피던스 변환 네트워크 회로도
 Fig. 3. Impedance Transformation Network using microstrip line

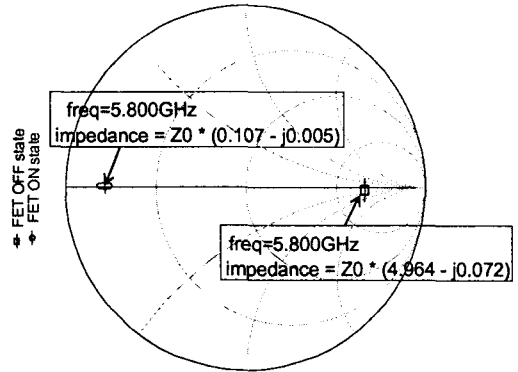


그림 4. 임피던스 변환 네트워크를 적용한 FET의 ON-OFF상태에서 입력 임피던스변화(at 5.8GHz)
 Fig. 4. ON- and OFF-state input impedance of transformation network

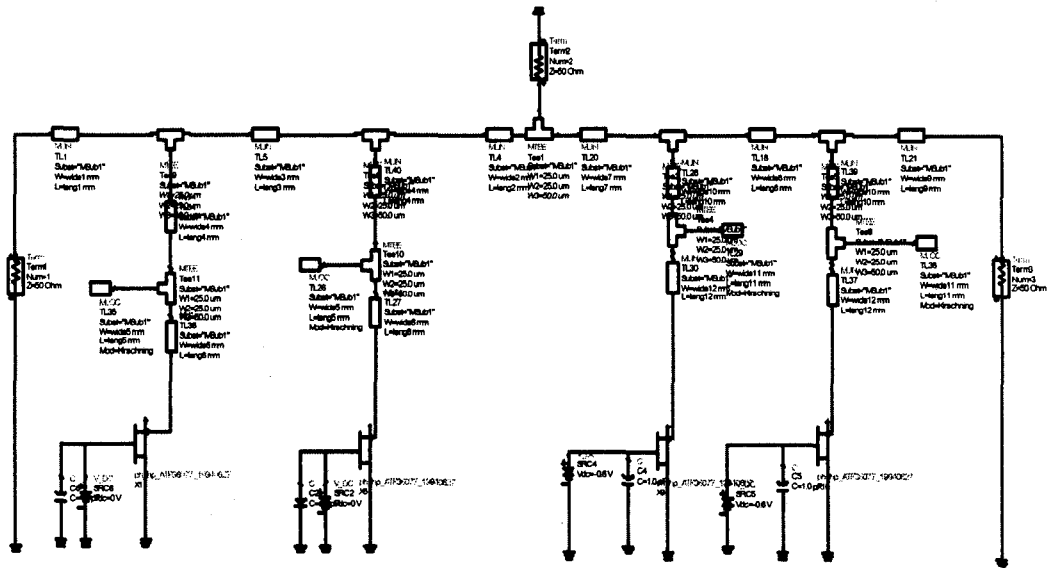


그림 5. 마이크로 스트립라인을 이용한 스위치 회로
 Fig. 5. Switch circuit using microstrip line

태일 때 큰 입력 임피던스(248.2+j3.6)를 갖는다. 설계한 임피던스 변환회로를 이용하여 스위치를 설계 하였으며, 게이트의 인가 바이어스 전압에 따라 스위치의 ON, OFF동작이 결정된다.

2.2 SPDT 스위치의 설계

이 SPDT 스위치는 ADS에서 제공하는 ATF

36077 PHEMT(Pseudomorphic High Electron Mobility Transistor) : Low parasitic ceramic microstrip package(style 77) -4단자, P_{diss} = 180[mW], DS(Max) = 3[V], VGS(Max) = -3[V], VGD(Max) = -3.5[V], Id(Max) = Id_{ss(max)} = 45[mA], VDS(typical) = 1.5[V], ID(Typical) = 10[mA], G_m = 55, Ft = 10[GHz]의 라이브러리를

임피던스 변환회로를 이용한 광대역(2GHz~5.8GHz) FET 스위치 설계

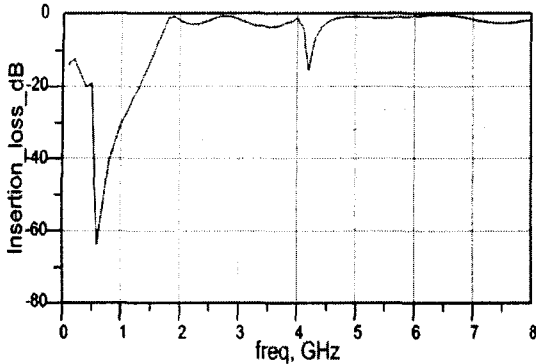


그림 6. 송신시 스위치 on상태에 대한 삽입손실
Fig. 6. Insertion losses of switch ON-state at transmitting Isolations

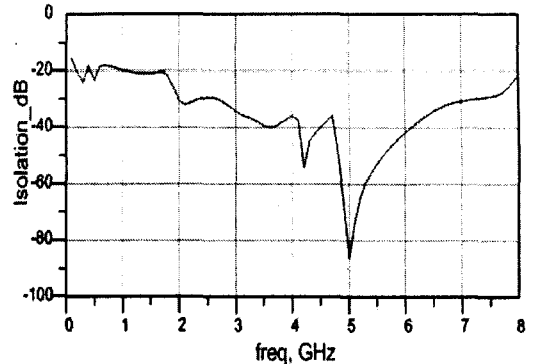


그림 7. 송신시 스위치 off상태에 대한 격리도
Fig. 7. Isolations of switch OFF-state at transmitting

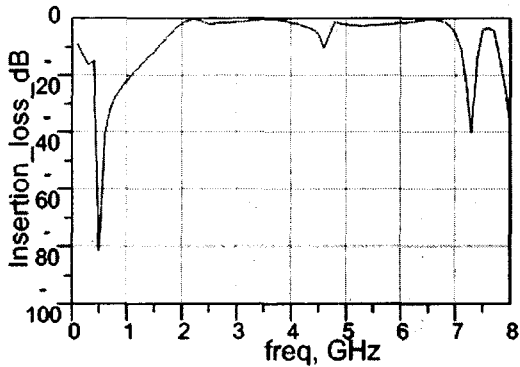


그림 8. 수신시 스위치 on상태에 대한 삽입손실
Fig. 8. Insertion losses of switch ON-state at transmitting

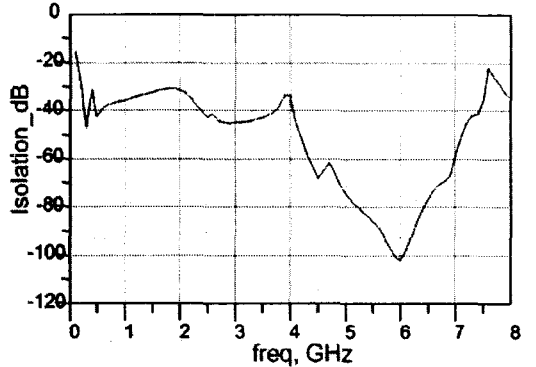


그림 9. 수신시 스위치 off상태에 대한 삽입손실
Fig. 9. Isolations of switch ON-state at transmitting

활용하여 설계하였다. 그림 3의 임피던스 변환회로를 사용하기 위하여 먼저 2[GHz]에서 6[GHz]에서 원하는 삽입손실과 격리도를 얻기위하여 마이크로 스트립라인을 사용하여 시뮬레이션하였다. 이 시뮬레이션이 끝난 후 ATF36077 소자의 기생성분을 제거하고 대역을 확장할 수 있도록 임피던스 변환회로를 적용하여 소 신호 특성을 시뮬레이션하였다.

설계한 FET 스위치는 송신과 수신을 구분하여 모의 실험을 하였다. 그림 5는 마이크로 스트립라인을 이용하여 설계한 회로이다.

2.3 모의 실험 결과

설계한 FET 스위치는 송신과 수신을 구분하여 모의 실험을 하였다. 10[dBm]의 송신 단의 입력전력

과 -20[dBm]의 수신 단에서 입력전력으로 크기를 설정하였다. 송신 단에서 전력증폭기를 통해 스위치에 인가되는 전력신호에 대한 삽입손실과 격리도를 그림 6와 7에서 나타낸다. 삽입손실은 2[GHz]에서 4[GHz]까지 -1.18[dB]에서 -2.87[dB]를 나타내고 있으며, 4.7[GHz]에서 6.7[GHz]까지 -0.625[dB]에서 -1.2 [dB]을 나타내고 있다. 격리도는 2[GHz]에서 6.7[GHz]의 대역에서 -30[dB]이하를 나타낸다.

그림 8과 9는 수신 단에서 안테나를 통해 스위치로 인가되는 신호전력에 대한 삽입손실과 격리도를 나타낸다. 삽입손실과 격리도를 그림8과 9에서 나타낸다. 삽입손실은 2[GHz]에서 4[GHz]까지 -0.8[dB]에서 -1.462[dB]를 나타내고 있으며, 4.7[GHz]에서 6.7[GHz]까지 -1.26[dB]에서 -2.3[dB]을 보이며 송

신단 유사한 형태를 나타내고 있다. 격리도는 2[GHz]에서 6.7[GHz]의 대역에서 -30[dB]이하를 나타낸다.

3. 결 론

본 논문에서는 무선 랜 시스템에 적용 가능한 SPDT FET스위치를 설계하고 분석하였으며 삽입 손실과 격리도를 임피던스 트랜스포머를 활용하여 최적화 하였다. 임피던스 변환 네트워크를 사용하였을 때 대역이 광대역이 되는 것을 시뮬레이션 결과를 통하여 얻을 수 있었다.

설계된 회로는 무선 랜의 표준인 IEEE 802.11a, IEEE 802.11b 와 IEEE 802.11g에 모두 적용이 가능하며 송신부와 수신부 양쪽에서 3[dB]이하의 삽입 손실 그리고 30[dB]이상의 격리도를 나타낸다. 이 임피던스 변환회로의 사용은 대역폭의 확장과 임피던스 매칭에 매우 효과적임을 시뮬레이션을 통하여 알 수 있다. 참고 문헌[1]은 MMIC를 활용하여 설계하여 2[dB](38[GHz]~45[GHz])의 삽입손실과 30[dB](38[GHz]~45[GHz])이하의 격리도를 보이고 있다. 본 논문은 마이크로 스트립라인을 활용한 하이브리드타입으로 참고논문과 직접적인 비교는 어렵다. 다만 간접적인 삽입손실과 격리도를 보았을 때 상당히 높은 성능을 보여 무선랜 등의 장치에 응용이 가능하다.

References

- (1) K. Y. Lin, Y. J. W, D. C. Niu, and H. Wang, "Millimeter-Wave MMICs Single-Pole-Double -Throw Passive HEMT Switches Using Impedance-Transformation Networks", IEEE MTT Transactions, Vol. 51, No. 4, April, 2003.
- (2) K. Chang, I. Bahl and V. Nair, RF and Microwave Circuit and Component Design for Wireless System, Wiley-Interscience, 2002.
- (3) E. D. Robertson and S. Lucyszyn, RFIC and MMIC design and technology, IEE Circuits, Devices and System series 13, The Institution of Electrical Engineers, 2001.

◇ 저자소개 ◇

노희정 (盧熙正)

1961년 7월 7일생. 1985년 2월 아주대학교 전자 공학사. 1995년 7월 서울시립대학교 대학원 제어계측공학 석사. 2003년 7월 인천시립대학교 대학원 전자공학과 박사수료. 1989~1998 (주)한국통신기술 근무. 현재 김포대학 정보통신계열 조교수.