

방송통신 융합을 위한 TDD 기반의 휴대인터넷용 고출력 RF 스위치 개발

*전상수 **이창화 *최정훈

*한국산업기술대학교 ** (주)에드모텍 *한국산업기술대학교

*bear4444@kpu.ac.kr

Development of a High-Power WiBro RF Switch based on TDD for the Convergence of Broadcasting and Telecommunication

*Jun, Sang-Su **Lee, Chang-Hwa *Choi, Jeong-Hun

*Korea Polytechnic University **Admotech *Korea Polytechnic University

요약

디지털 기술의 발전에 따라 방송 통신 융합이 가속화되고 있다. 우리나라는 방송 통신의 융합을 위해 쌍방향성을 제공하는 IP-TV와 같은 서비스가 유선 인터넷망을 사용한 홈오트메이션의 고정 환경 서비스를 중심으로 이루어지고 있다. 그러나 자동차 또는 휴대폰 등의 이동형 디지털 TV에서의 양방향 데이터 서비스 같은 방송통신 융합 서비스를 제공하기 위해서는 유선 인터넷과 비슷한 전송속도와 비용을 갖는 무선 인터넷 서비스가 필요하다.

우리나라는 2006년 상반기에 유선인터넷과 비슷한 전송속도와 비용을 갖는 무선인터넷 서비스인 휴대인터넷을 상용화할 예정이다. 휴대인터넷은 동일한 주파수 대역을 이용하여 송수신을 하는 TDD방식을 사용한다. 우리나라는 셀룰러 시스템의 발달로 FDD를 중심으로 부품의 개발과 연구가 진행되어 왔기 때문에 TDD용 부품의 개발과 연구가 필요하다. 본 논문에서는 TDD 기반의 휴대인터넷용 고출력 RF 스위치의 개발에 대하여 기술한다.

1. 서론

디지털 기술의 발달로 인해 유선과 무선, 방송과 통신, 통신과 컴퓨터 등 기존의 기술·산업·서비스·사업자·네트워크의 구분이 모호해지고, 새로운 형태의 융합 상품과 서비스들이 등장하는 디지털 컨버전스가 가속화 되고 있다.[1]. 디지털 컨버전스 서비스 중 하나인 방송통신 융합 서비스는 방송망을 통해 통신정보가, 통신망을 통해 방송 프로그램이 전달되는 것으로 통신, 미디어, 정보기술 산업 간의 융합 전개 과정에서 등장한 새로운 서비스이다.

이러한 방송통신 융합으로 인해 방송 환경은 다매체, 다채널화, 양방향 전송, 상이한 네트워크의 연동과 다양한 정보기기를 수용하는 복잡한 형태로 변화하고 있으며, 방송망은 기존의 지상파 방송 네트워크, 케이블 TV 네트워크, 위성 네트워크 이외에 초고속정보통신 네트워크, 무선 이동통신 네트워크, DMB, 인터넷 등으로 다양화되고 있다[2].

우리나라는 방송통신 융합 서비스로 인터넷 방송, VOD(Video On Demand)서비스, 데이터방송, 전광판방송, DMB(Digital Multimedia Broadcasting), IP-TV(Internet Protocol Television) 등을 서비스 하고 있다. IP-TV와 전광판방송, VOD 등의 융합 서비스는 리턴채널로 유선인터넷 또는 PSTN(Public Switched Telephone Network)망을 주로 사용하여 양방향 전송서비스가 이루어지고 있기 때문에 홈오트메이션 기반의 고정 환경 서비스가 중심이 되고 있다.

하지만 양방향을 지원하는 IP-TV, 차량과 같은 이동환경에서 양방향의 데이터 방송을 하는 디지털 방송 등을 이동환경에서 서비스하

기 위해서는 유선 인터넷과 유사한 전송 속도와 비용을 갖는 무선 인터넷 서비스를 리턴채널로 사용하여야 한다.

우리나라는 이동전화와 무선 LAN(Wireless Local Area Network)등의 무선 인터넷 서비스가 있으나 이동전화의 경우 700Kbps 정도의 낮은 전송속도에 비해 높은 통신비용을 지불해야 하는 약점이 있고, 무선 LAN은 약 100m정도의 커버리지를 갖는 Hot Spot내에서만 통신이 된다는 약점을 갖고 있기 때문에 전국 규모의 무선인터넷 서비스로는 부적절하다.

이러한 단점들을 보완하여 등장한 휴대인터넷은 60Km/h의 속도로 이동 중에 1~2 Mbps의 전송속도로 유선 인터넷과 비슷한 통신 요금을 지불하는 서비스로 2006년 상반기에 우리나라에서 상용화 될 예정인 무선인터넷 서비스이다.

휴대인터넷은 세계최초로 상용화 되는 것이기 때문에 국내 기술이 세계시장을 선도하기 위해서는 중계기, 단말기, 부품 등이 국산화가 이루어져야 한다. 더구나 셀룰러 시스템의 발달로 FDD (Frequency Division Duplex)를 중심으로 부품개발과 연구가 이루어진 우리나라에서는 TDD(Time Division Duplex)를 기반으로 하는 휴대인터넷을 위해서는 TDD용 중계기 및 부품의 개발을 위한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 휴대인터넷의 부품의 국산화를 위해 개발한 TDD용 고출력 RF 스위치에 대하여 기술한다. 2장에서는 이동환경의 방송통신 융합서비스의 리턴채널로 적합한 무선 인터넷 서비스인 휴대인터넷에 대해 기술하고, 3장에서는 휴대인터넷용 고출력 RF 스위치 설계에 대해 기술한다. 그리고 4장에서는 설계된 고출력 RF 스위치의 개

발 및 결과에 대해 기술하고 마지막으로 결론 및 향후 연구 방향에 대하여 기술한다.

2. 방송통신과 휴대인터넷

국내의 방송통신 융합 서비스는 유선인터넷 또는 PSTN망을 리턴 채널로 사용하는 고정 환경을 중심으로 서비스가 진행되고 있다. 하지만 유비쿼터스 시대를 맞이하여 방송통신 융합서비스도 무선 인터넷 서비스를 리턴 채널로 사용하여 시간과 장소에 구애받지 않는 이동환경에서의 양방향 융합서비스가 제공되어야 한다.

이동환경의 방송통신 융합 서비스를 위해서는 리턴 채널로 유선 인터넷과 비슷한 전송속도와 비용을 갖는 전국규모의 무선 인터넷 서비스가 요구된다. 현재 국내의 무선인터넷 서비스는 이동전화에 이용한 무선 인터넷 서비스와 무선 LAN을 이용한 서비스가 제공되고 있다.

국내의 휴대전화 보급률은 73.6%이며 이들 중 79.9%가 무선인터넷 접속이 가능하다. 현재 무선 인터넷 서비스가 가능한 휴대전화는 CDMA 1x EV-DO(Code Division Multiple Access 1x Evolution Data Only)와 WCDMA(wideband code division multiple access)등이 있으며, EV-DO가 중저속 무선 인터넷 서비스를, WCDMA가 고속의 무선인터넷 서비스를 제공하고 있다[3].

그러나 이동전화를 이용한 무선 인터넷 서비스는 전송 속도(IS-95 A/B, CDMA 2000 1x인 경우 음성 위주의 144 Kbps, CDMA 2000 1x EV-DO인 경우 384Kbps)에 비해 패킷 당 높은 통신요금을 부과해야 하는 문제 때문에 이동환경의 방송통신 융합서비스의 리턴 채널로는 부적절하다.

그리고 유선 통신사업자들이 투자를 확대하고 있는 무선 LAN은 한국통신, 하나로통신에 의해 학교, 역, 공항 등 가입자가 밀집된 Hot Spot 지역에서 최대 11Mbps의 전송 속도로 무선인터넷 서비스를 제공하고 있다[4].

이 서비스는 가정 내의 컴퓨터 공유 수단이나, 노트북 등의 이용 편의성을 제공한다는 측면에서 사업성이 어느 정도 있을 것으로 판단되었다. 그러나 100m 정도의 커버리지와 이동성이 보장되지 않는 문제 때문에 이동환경의 방송통신 융합서비스를 위한 리턴 채널로는 부적절하다.

이러한 측면을 고려해볼 때 이동전화를 이용한 무선인터넷 서비스의 이동성은 보장되지만 전송속도에 비해 높은 통신요금의 문제와 무선 LAN의 이동성과 좁은 커버리지 문제를 동시에 해결할 수 있는 기술이 바로 휴대인터넷이다.

휴대인터넷은 그림 1에서 보는 것과 같이 60Km/h 이상의 이동성을 지원하고 1~2Mbps의 전송속도를 지원하는 무선 인터넷 서비스이다. 또한 휴대인터넷은 현재 유선 인터넷 정도의 통신 요금이 예상되며 셀룰러 시스템의 도입으로 전국 규모의 인터넷 서비스가 끈김 없이 제공될 것이다.

휴대인터넷은 기존의 셀룰러 시스템과는 달리 다중 접속방식으로 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)를 사용하며, 다중화 방식을 FDD가 아닌 TDD를 사용한다[5].

휴대인터넷의 기술 표준은 TTA(Telecommunications Technology Association)에서 제정하였으며 2004년 6월에 1단계 30Mbps급 TTA

WiBro(Wireless Broadband Internet) Phase-I 표준을 완성되었고, 2005년 6월에는 스마트안테나 및 MIMO(Multiple-Input Multiple-Output)등 무선 요소 기술을 반영하여 휴대인터넷의 성능향상 및 용량 증대를 통해 지구 당 최대 하향 50Mbps까지 끌어올린 TTA Wibro Phase-2규격을 완성하였다. 다음 표 1은 휴대인터넷 기술표준의 시스템 파라미터들과 필수 요구사항들을 나타낸다[6].

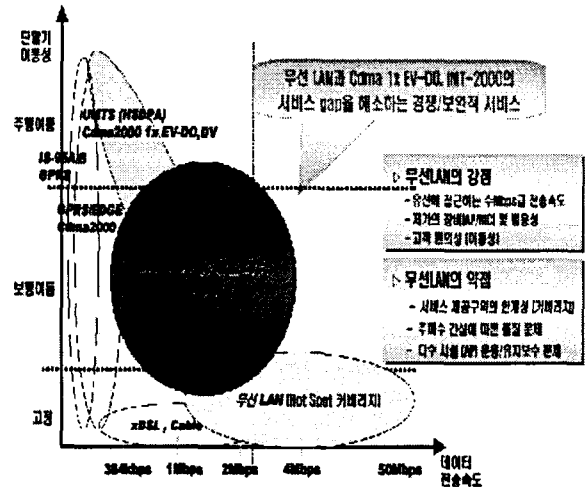


그림 1 휴대인터넷의 이동성과 속도와의 관계도

표 1 휴대인터넷 주요 시스템 파라미터 및 필수 요구사항

다중화 방식	TDD		
채널 대역폭	10MHz		
다중접속방식	OFDMA		
주파수 재사용 계수	1		
핸드오프	150ms이하		
가입자당 전송속도		최소	최대
	상향	128kbps	1Mbps
	하향	512kbps	3Mbps
이동성	60km/h		
커버리스	Pico Cell (100m)	Micro Cell (400m)	Macro Cell (1Km)

3. 고풍력 RF 스위치 설계

휴대인터넷 서비스는 기존의 셀룰러 시스템과는 달리 양방향 통신을 위해 상향과 하향에 다른 주파수 대역을 사용하는 FDD방식이 아닌 동일한 주파수 대역을 이용하여 송수신을 하는 TDD방식을 사용한다. TDD방식은 FDD보다 적은 타임슬롯을 사용하여 동일한 전송속도 지원이 가능하고, 타임슬롯의 동적 할당으로 비대칭(asymmetric)이나 버스티(bursty)한 어플리케이션의 전송에 적합하다는 기술적인 특성과 FDD에 비해 1/2 주파수로도 서비스가 가능하므로 저 가격으로 서비스를 제공할 수 있다는 특성 때문에 저렴한 무선인터넷 서비스를 제

공하는데 적합한 기술이다. TDD기반의 휴대인터넷은 하나의 안테나를 사용하여 송수신을 하기 때문에 안테나로부터 들어오는 신호를 수신 회로로 전달하고 송신 회로로부터 만들어진 신호를 안테나로 전달해 주는 TDD용 RF 스위치가 필요하다.

그러나 현재 TDD방식의 고출력 RF 스위치는 국내에서는 개발이 이루어지지 않았고, 외국에서도 국방용으로만 개발이 이루어져 있다. 따라서 현재 시스템에 필요한 고출력 RF 스위치는 개발이 이루어진 몇 개의 외국 업체에 개발을 의뢰하여 구입하고 있다. 그러므로 휴대인터넷의 국내기술이 세계시장을 선도하기 위해서는 TDD용 고출력 RF 스위치의 개발이 필요하다.

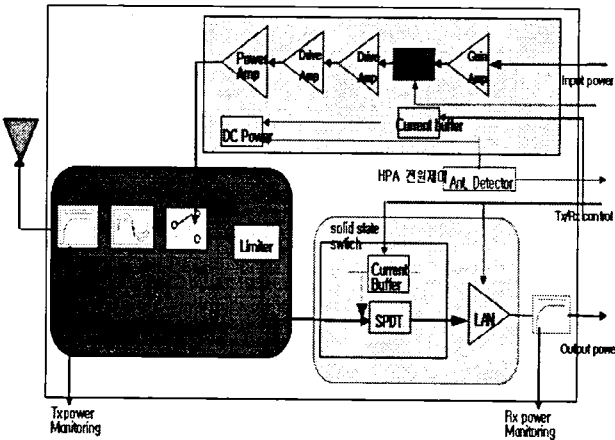


그림 2 RF 블록도

다음의 그림 2는 TDD기반의 휴대인터넷을 위한 RF부분 블록도이다. 그림에서 보는 것과 같이 고출력 RF 스위치는 송수신 시스템 안의 수신기 초단에 위치하여 송신 시 큰 전력이 안테나에 의한 반사 또는 커플링과 같은 영향으로 수신기 입력으로 유입되는 것을 전기적으로 차단하는 기능을 하는 장치이다.

즉, 고출력 RF 스위치를 수신기 앞단에 배치하고, 시스템 클럭과 동기되어 전기적인 ON-OFF를 수행하도록 하여 강한 송신 전력이 민감한 수신기의 입력으로 유입되어 수신기의 수명 뿐 아니라 과부하로 인한 수신기 파손을 방지하는 기능을 수행하도록 해야 한다.

이러한 사항을 고려하여 송신 시에는 높은 아이솔레이션을 가지도록 하여 수신기를 보호하며, 수신시에는 수신기의 수신민감도를 고려하여 낮은 삽입손실을 가지도록 고출력 RF 스위치를 설계하여야 한다.

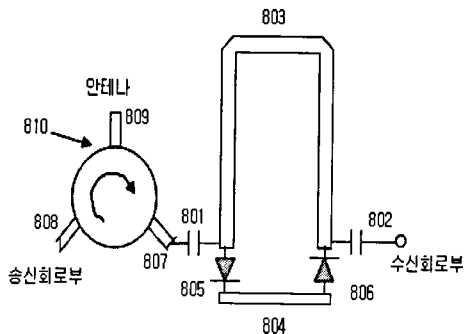


그림 3 Ring 형태의 RF 스위치 구조

그림 3은 서클레이터와 Pin Diode를 이용하여 구성된 Ring 형태의 고출력 RF 스위치의 구조이다.

본 고출력 RF 스위치는 주파수가 2.3GHz ~ 2.4GHz이고 Bandwidth는 60MHz, 삽입손실은 1.0 dB, 아이솔레이션은 30dB 그리고 Handling power 46dBm의 스위치 특성을 목표로 하고 있으며, 스위치 특성을 고려하여 Pin Diode와 서클레이터를 이용한 Ring 구조를 이용하였다.

PIN Diode는 외부 Bias Control Current에 의해 가변 저항과 같이 사용 가능하여 Limiter, 스위치 그리고 Phase Shifter와 같은 RF Control Circuit의 핵심 부품으로 사용이 용이하고, 많은 RF 스위치에서 사용되고 있기 때문에, 본 고출력 RF 스위치에도 2개의 Pin Diode를 사용하여 Ring 구조의 스위치를 설계하였다.

PIN Diode는 스위치의 아이솔레이션 과 삽입손실을 고려하여 등가 저항성분의 가변 범위가 가장 넓은 것을 선택하였고 High Power에서 동작할 수 있도록 Thermal Resistance가 비교적 낮고 Package를 하지 않은 Bare Chip 형태의 소자를 선택 하여 사용하였다.

또한 Bare Chip PIN Diode를 Wire Bonding 방법을 이용하여 Series 연결 할 때, Chip Size에 비하여 Width가 넓거나 좁을 경우 Diode 연결이 어려워지는 등의 특성을 고려하여 기판을 선정하였다.

본 고출력 RF 스위치는 선정된 소자와 기판을 이용하여 그림 3과 같은 Ring 형태의 구조로 구성하였으며, PIN Diode를 ON(Forward Biased), OFF(Reverse Biased)시켜 스위치의 Path mode로 동작하는 구조로 설계하였다.

그리고 하나의 안테나를 사용하여 송수신을 하기위해 3단자의 신호 분기 소자인 서클레이터를 통하여 송수신 신호를 분리하도록 설계하였다. 설계한 서클레이터는 삽입손실이 0.19dB, 아이솔레이션이 30dB, 반사손실 특성이 30dB의 특성을 목표로 하고 있다. 본 서클레이터는 안테나로부터 들어오는 신호를 Ring 구조의 고출력 RF 스위치로 전달하고, 송신회로로부터 만들어지는 신호를 안테나로 전달해주는 기능을 수행한다.

4. 고출력 RF 스위치 개발 및 결과

설계된 3단의 분리소자인 서클레이터는 다음 그림 4와 같은 시제품을 만들고, 아이솔레이션과 삽입손실 등의 특성을 목표한 것과 일치하는지를 모의실험하였다. 시험결과 시제품은 삽입손실 0.19dB, 아이솔레이션 30dB, 반사손실 특성 30dB로 목표한 특성과 일치하여 우리가 설계한 스위치의 송수신 분리 소자로 이용 가능함을 확인하였다.

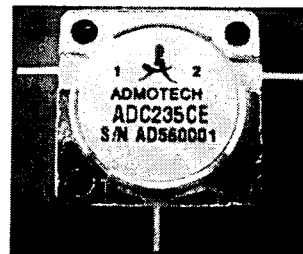


그림 4 서클레이터 시제품

설계된 고출력 RF 스위치의 아이솔레이션과 삽입손실 등이 악화되

지 않는 최적의 구조를 찾기 위해 높이 변화에 따른 영향, 폭 변화에 따른 영향, Bias Line에 따른 영향 분석의 구조 변화에 따른 영향 분석을 실험하였다.

Ring 구조를 이용한 스위치는 3/4파장 선로와 1/4파장 선로 정확하게 180도를 이룰 수 있도록 회로를 설계하여야 한다. 따라서 이러한 영향들을 알아 보기 위하여 Bias Line의 유무에 따른 경우를 실험하였다.

실험결과 1/4파장 Bias Line의 유무에 따라 약 0.1도의 위상차가 발생함을 확인하였다. 또한 1/4파장 Bias Line의 폭의 변화에 따른 마이크로스트립 선로의 위상변화를 실험하였다. 실험 결과 Bias Line의 폭이 좁으면 좁을수록 위상의 변화는 작아짐을 확인하였다.

위와 같은 실험 결과 Ring 구조 변화에 따른 변화 및 Ring 구조 내에 Bias Line이 삽입됨에 따라 1/4파장 선로의 위상이 변하게 되어 아이솔레이션 성능이 저하되고 주파수 대역 또한 약 40MHz 상승하게 되는 것을 확인하였다.

이러한 상황들을 고려하여 스위치를 개발하였고, Ring 구조내의 Bias Line의 경우 회로의 제작 후 최적의 아이솔레이션을 가지도록 미세 튜닝을 실행하여 최종적으로 스위치를 완성하였다. 완성한 스위치를 시험한 결과 다음의 그림 5와 그림 6과 같은 아이솔레이션과 삽입 손실을 확인하였다.

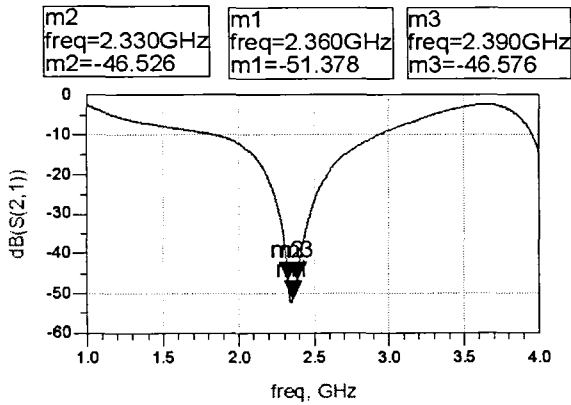


그림 5 Stop mode시 아이솔레이션

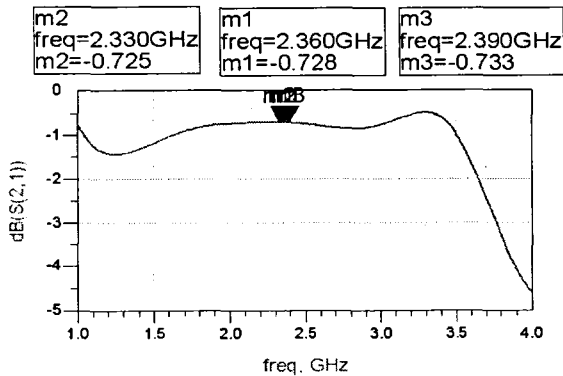


그림 6 Path mode시 삽입손실

또한 실험결과 개발한 스위치는 다음의 표에서 보는 것과 같이 목표한 스위치 사양과 일치한 결과를 확인하였다.

표 2 스위치의 목표 사양 및 Simulation 결과

Item	Specification	Simulation Result
Frequency	2.3 ~ 2.4 GHz	2.33 ~ 2.39 GHz
Bandwidth	60 MHz	60 MHz
아이솔레이션	45 dB	46.526dB @2.33GHz 51.387dB @2.36GHz 46.576dB @2.39GHz
삽입손실	0.8 dB	0.733 dB 이하

5. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 이동환경에서의 방송통신융합서비스의 리턴채널로 이용되기 알맞은 조건을 가지고 있는 휴대인터넷에 기술하였고, 휴대인터넷의 국내 기술이 세계시장을 선도하기 위해 필요한 부품 중 RF 스위치의 개발에 대하여 기술하였다.

본 고출력 RF스위치는 여러 가지 실험을 통해 최적의 값을 도출하여 스위치 구조를 설계하였고, 설계된 구조로 스위치를 개발하여 모의실험을 시행한 결과 아이솔레이션과 삽입손실이 목표한 사양과 거의 일치함을 확인하였다. 이를 통해 본 스위치가 TDD 기반의 휴대인터넷용 고출력 RF 스위치로 사용할 수 있음을 확인하였다.

향후에는 RF 부품의 최적화를 위해 고출력, 고속 RF 스위칭 기능, 송신모드에서 수신단 보호기능, 송수신 신호 여파기능, 송수신 전력 검출기능을 포함하는 RF 스위치와 Limiter, Filter, Coupler를 통합하여 하나의 모듈화한 RF FEM(Front-End Module)의 연구 및 개발을 진행할 예정이다.

참고 문헌

- [1] 임주환, "[기획-디지털 컨버전스 시대](1);통-융-결합과 미래", 디지털타임즈, 2005. 3.23
- [2] 김대호 "방송통신 융합 서비스 정책 방향", 방송통신 융합시대 제도정비 방향 마련을 위한 토론회, 방송위원회, 2004. 12. 8
- [3] 방효창, "휴대인터넷 기술(2.3GHz 대역)", 2003년 한국 전파 진흥협회 정기 간행물 6월호
- [4] 황승구, 권동승, 예종일, "2.3GHz 대역에서 초고속 휴대 인터넷 서비스", 2003년 한국 전파 진흥협회 정기 간행물 6월호
- [5] TTAS.KO-06.0065, "2.3GHz 휴대인터넷 표준 - 매체접근제어 계층", 2004. 6.25
- [6] 고종석, "휴대인터넷(WiBro) 사업 전망", IITA 간행물, 주간기술동향 통권 1154호, 2004. 7. 14