

24GHz Four-port 직접변환 송-수신기 검증을 위한 System module 구현.

문성모*, 송 준* 이문규*
서울시립대학교*

Design of System module to verify 24GHz four-port direct conversion transceiver.

Seong-Mo Moon*, Jun Song*, Moon-Que Lee*
University of Seoul*

Abstract - 본 논문에서는 실리콘 기반에 집적화 가능한 새로운 구조의 K-band 4포트 직접변환 수신기 구조를 제안하며, 복조기를 측정하기 위한 K-band 변조 신호를 구현할 수 있는 변조기 모듈을 제작, 변조 신호와 복조기를 검증하였다. 제안된 수신 구조는 CMOS와 같은 실리콘 기반의 IC에서 집적화 할 수 있는 소형화된 새로운 방법이며, 회로를 검증하기 위하여 0.18um CMOS 공정을 이용 제작, 구조의 가능성을 검증하였다. 또한 비교적 낮은 변조 신호를 이용하여 K-band 대역 이상의 변조 신호를 만들 수 있는 방법을 제안, 제작 측정하였다.

1. 서 론

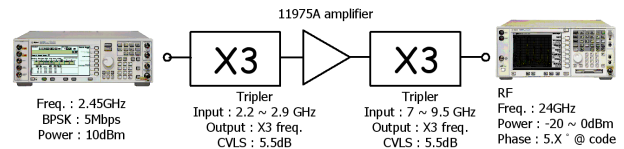
최근 무선 통신은 음성 및 데이터를 고속으로 지원하기 위한 새로운 무선 전송 기술과 기존의 유무선 통신망을 비롯한 방송망 등의 다양한 네트워크의 융합을 목표로 하고 있다. 다양한 무선 통신 서비스의 출현은 주파수 수요가 급격히 증가하게 되고, 이와 같은 주파수 수요 증가에 대비하기 위하여 세계 각국은 미개척 주파수 대역 중, 특히 밀리미터파 대역에 대한 실용화 연구와 기술개발을 적극 추진하고 있다. 밀리미터파 대역은 산소의 흡수에 의해 감쇄가 크고, 주파수 계산용 영역이 10m정도로, 매우 짧은 거리에서 매우 큰 손실과 가시거리 전송 특성으로 인해 indoor 등의 small cell에서 무선 LAN 등 근거리 통신으로 수년 전부터 활발히 연구되고 있다[1, 2]. 이러한 다양한 무선 표준과 대역을 적극적으로 융합해 가기 위해서는 송수신기는 필연적으로 유연성이 높은 디지털화를 요구하고 있으며, 저가과 높은 유연성(flexibility)을 요구하고 있다. 이러한 요구를 충족하기 위한 구조로 SDR(Software Defined Radio)이 주목 받고 있으며, 특히 최근에는 Direct Sampling mixer를 이용한 시스템 구조나, [3] 낮은 LO 신호만으로 수신단을 구현할 수 있어 저 전력과, 밀리미터파 대역에서 적용이 용이한 장점이 있는 덧셈 혼합기 방식의 6-port 구조에 대한 많은 연구가 진행되고 있다[4, 5].

본 논문에서는 BPSK와 같이 변조가 간단한 송수신에 적합하고, IC 구현에 용이한 새로운 방식의 4포트 수신기 구조를 제안하고, 저가의 CMOS 공정을 통하여 밀리미터파 대역에서 실제 가능성을 검증하였다. 또한 제작된 복조기 측정을 위한 밀리미터파 대역의 변조기 모듈 구현에 관하여 논하고자 한다.

2. 변조기 module 구현.

2.1 변조기

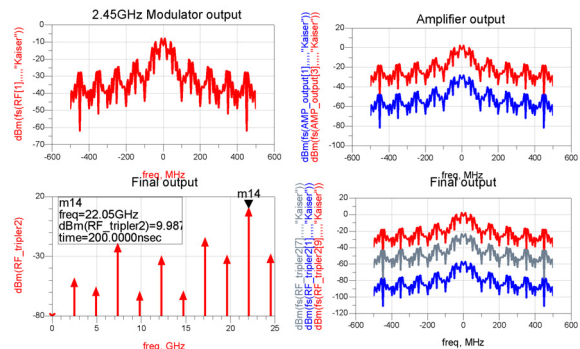
복조기의 성능을 측정하기 위해서는 복조기의 LO와 동일한 주파수를 갖는 변조 신호가 필요하다. S-band 대역 이하 변조 신호는 장비(E4438C Vector Signal Generator)를 이용하여 얻을 수 있으나, 장비에서 직접 K-band 이상의 변조신호를 만들기는 어려운 현실에 있다. 따라서 본 논문에서는 장비에서 얻을 수 있는 비교적 낮은 주파수 대역의 변조 신호를 이용하여 높은 대역의 변조 신호로 변환하는 모듈을 만들어 K-band 복조기를 실험하고자 한다. 본 논문에서 제안한 변조기는 다음 그림과 같다. 장비(E4438C)를 이용하여 L-band의 변조신호를 만든 후 주파수 체배기를 통하여 원하는 K-band 출력을 얻는 방식을 선정하였다. L-band 신호를 K-band로 체배하기 위해서는 주파수가 9배 배 되어야 한다. 9배 배기를 구현하기 위하여 본 논문에서는 APD(Anti-parallel Diode)를 이용하여 L-band (~2.6GHz)와 J-band (~8.2GHz)에서 동작하는 주파수 3배 배기 2종류를 구현하였다.[6] 또한 동기 시스템에서 복조기를 측정하기 위해서는 RF 신호와 LO 신호가 주파수와 위상이 같아야 한다. 시스템에서 이를 구현한 것이 PLL(Phase Locked-Loop)과 캐리어 복원(Carrier Recovery) 회로이다. 본 논문에서는 측정 환경에서 복조기의 RF 신호와 LO 신호의 주파수와 위상을 맞추기 위해서 Trigger된 두 개의 신호 발생기(Signal Generator)를 사용하였다.



〈그림 1〉 변조기 모듈.

2.2 변조기 모의실험.

제안된 구조[그림1]에서 체배기의 원하지 않은 불요파가 9차 변조 신호의 영향을 주는지, 변조 신호가 9배 배 후에도 동일한 특성을 갖는지를 시뮬레이터를 이용하여 검증하였다. 모의실험 결과 불요파 신호가 최종 변조 신호에 영향을 주지 않음을 스펙트럼 결과를 통하여 알 수 있다 [그림2].



〈그림 2〉 변조기 모듈 모의 실험 결과.

(a) 2.4GHz 변조신호, (b) 증폭기를 통한 변조신호, (c) 최종 출력 스펙트럼, (d) 최종 출력 변조 신호.

3. 4포트 복조기

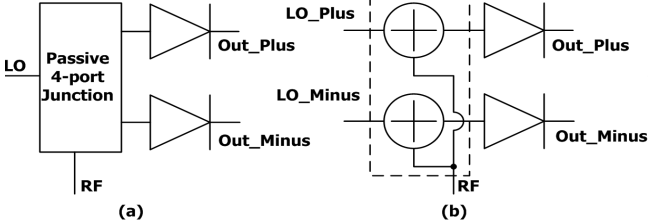
3.1 제안된 4포트 복조기

지금까지 보고된 4포트 또는 6포트 수신기를 IC로 구현함에 있어서 문제점은 접합부가 차지하는 면적이 매우 크다는 점이다. 4포트 또는 6포트 접합부에서 사용되는 $\lambda/4$ 길이의 전송선로를 실리콘 위에서 구현할 경우 마이크로파대역(1~3GHz)에서 1~30mm 정도의 길이가 된다. 이는 전송선로를 1개당 수 mm^2 영역을 차지하게 되고 4포트 혹은 6포트 접합부에 사용되는 4~10여 개의 전송선로는 총 수십 mm^2 면적을 차지하므로, 일반적인 수신기 구조 크기인 1~2 mm^2 에 비하면 IC에서 4포트 혹은 6포트 접합을 집중소자로 구현하는 데 큰 제약이 된다. 따라서 본 논문에서는 기존의 보고된 접합부를 사용하지 않고, 그림3(b)와 같이 LO에서 원하는 위상을 만들어 RF 결합기를 이용 RF 신호와 LO를 직접 결합하는 방식을 제안한다. 제안된 구조는 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

- 분포소자나 집중소자로 구현한 접합부는 사용 주파수 대역이 한정되어 있다는 단점이 있으나, 제안된 구조는 LO가 동작하는 대역은 모두 사용이 가능한 장점이 있어, 일반구조인 5포트 이상의 multi포트로 확장하면 SDR(Software Defined Radio)로 적합한 구조가 될 수 있다[7].
- IC에서 사용하는 VCO(Voltage Controlled Oscillator) 구조가 일반적으로 자동 방식이기 때문에 능동 소자를 이용한 RF 결합기만으로 기존

의 수동회로 접합부를 대체할 수 있어 회로를 구현하는 면적을 획기적으로 줄일 수 있는 장점이 있다.

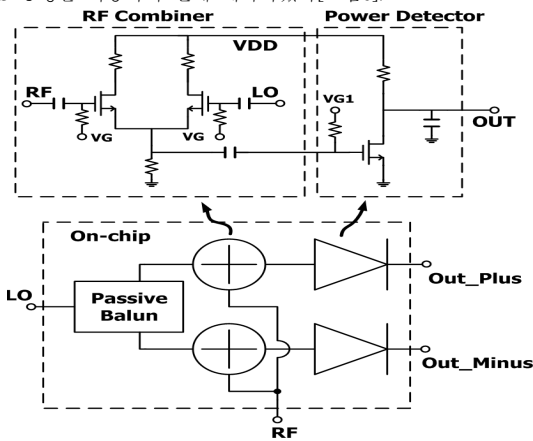
c. 수동회로의 접합부는 회로의 Isolation 특성상 LO leakage등이 발생할 수 있으나, 제안된 방식은 LO 전력의 크기가 작고 구조적으로 이상적인 경우 LO to RF isolation이 무한대가 되는 장점이 있다.



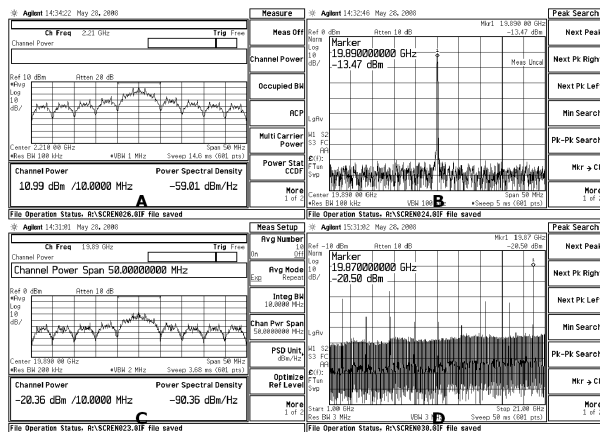
<그림 3> (a)일반적인 4포트 수신구조, (b)제안한 4포트 수신구조.

3.2 4포트 복조기 구현.

본 논문에서는 제안된 구조를 검증하기 위하여 다음 그림 4와 같이 복조기를 구현하였다. 구조의 가능성을 검증하기 위하여 RF 신호와 위상 동기를 가지는 24GHz VCO를 직접 구현하지 않았으며, 외부장비를 이용 제안된 구조를 검증하기 위해서는 RF 결합기에 차동 LO신호를 인가해야 하기 때문에 수동 발진을 사용하였다. 제안된 구조를 0.18um CMOS 공정을 이용하여 설계 제작하였다[그림6].



<그림 4> 수신기 구조 및 개별 블록 회로.



<그림 5> 변조기 출력 스펙트럼 (a) E4438C 2.21GHz 변조신호, (b)LO 스펙트럼, (c)최종 출력 변조 신호(5Mbps), (d) 최종 출력 신호(19.89GHz, -20dBm) 및 고조파.

4. 측 정

본 논문에서는 ISM 대역인 24GHz를 제작, 측정하고자 하였다. 그러나 변조기 모듈의 첫 번째 주파수 3체배기의 주파수 특성의 변화와, 복조에 필요한 LO (24GHz) signal source가 없어 측정 가능한 최고 주파수 인 19.89GHz에서 측정하여 24GHz에서 신호 검출 가능성을 확인하였

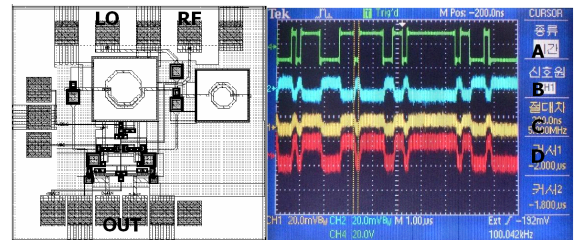
다. 복조기에 설계된 Passive balun은 19.89GHz에서 신호의 크기 및 위상 오차 특성이 24GHz에 비하여 나쁜 특성을 보여, 24GHz에서 측정한다면 보다 더 좋은 특성이 예상된다.

4.1 변조기 측정.

변조기 측정은 다음의 순서로 진행하였다. 먼저 시뮬레이터를 이용하여 5Mbps BPSK 신호를 만들고, 이를 E4438C Vector Signal Generator를 이용 2.21GHz 변조신호를 만들어 스펙트럼을 이용 검증하였다. 또한 2.21GHz CW신호를 입력하여 최종 9체배인 19.89GHz의 출력 신호를 스펙트럼 분석기로 확인하였으며, 마지막으로 입력신호에 2.21GHz로 변조된 BPSK신호를 이용하여, 최종 9체배인 출력 변조 신호를 측정하였다. 측정결과 최종 변조된 신호는 모의실험과 동일한 다른 고조파 신호에 영향을 받지 않음을 스펙트럼 분석기를 통하여 확인하였다[그림5]

4.2 복조기 측정.

4포트 복조기를 변조된 신호를 이용하여 측정 하였다. 측정된 변조기는 데이터를 5Mbps로 전송하며, 출력 전력은 -20dBm이다. LO 신호는 -13.5dBm 이다. 이를 이용 복조기를 측정하였다. 복조기의 RF 결합기에 인가되는 LO 신호는 발진의 손실특성과 케이블 및 커넥터의 감쇠를 포함하여 약 -20dBm이며, RF신호는 -22dBm정도의 신호가 인가되었다. 측정결과 그림 6에서 신호가 복조됨을 확인하였다. 전력 검출기의 출력 전압 크기가 작아 측정이 정확하지 않으나, 추후 아날로그 차동 계측 증폭기를 사용한다면 보다 정확한 측정을 할 수 있을 것이다.



<그림 6> 제작된 복조기 및 측정결과.

5. 결 론

본 논문에서는 24GHz 복조기를 CMOS 공정으로 제작 측정하였으며, 변조기는 E4338C Vector Signal Generator와 제안된 변조기 모듈을 이용하여 제작, 측정하였다. 변조기 모듈을 이용하여 19.89GHz 변조 신호와, 제작된 복조기를 이용하여 변조된 신호가 복조됨을 측정을 통하여 확인하였다.

감사의 글

본 연구보고서는 지식경제부 출연금으로 ETRI, SoC 산업진흥센터에서 수행한 IT SoC 핵심설계인력양성사업의 연구결과입니다.

[참 고 문 헌]

- [1] J. Mikkonen et al., "Emerging Wireless Broadband Networks," IEEE Commun. Mag., Feb. 1998, pp. 112-17.
- [2] Peter Smulders, "Exploiting the 60 GHz band for local wireless multimedia access: prospects and future directions," IEEE Communications Magazine, January 2002. pp. 140-147.
- [3] E. Cijvat et al., "A 1.8 GHz Subsampling CMOS Downconversion Circuit for Integrated Radio Circuits". Proceedings of the IEEE ISCAS. vol. 2, pp. 65-68. 1998.
- [4] Xinyu Xu, Bosisio, R.G. Ke Wu, "Analysis and implementation of six-port software-defined radio receiver platform", IEEE Trans. Microwave Theory & Tech., vol.54, July. 2006, pp.2937-2943.
- [5] Tatu, S.O.; Moldovan, E.; Ke Wu; Bosisio, R.G.; Denidni, T.A., "Ka-band analog front-end for software-defined direct conversion receiver", IEEE trans. Microwave Theory & Tech., vol.53, Sep. 2005, pp.2768-2776.
- [6] 문성모, 이문규, "Anti-parallel diode pair를 이용한 K-band MMIC 주파수 3체배기 설계", 2004 추계 마이크로파 및 전자전파 학술대회, vol.27, no. 2, pp. 339-342, 2004년 9월.
- [7] 삼성전자, "다중포트수신기" 출원일 2008년 2월 14일.