

융복합 차량 수신기를 위한 광대역 전압제어 발진기

Wide-band CMOS Voltage-Controlled Oscillator for Multi-mode Vehicular Terminal

최현석*, Quang Diep Bui*, 강소영**, 장주영**, 방재훈***, 오인열***, 박철순****

*: 한국정보통신대학교 공학부 지능형RF연구센터, 박사과정

** : 한국정보통신대학교 공학부 지능형RF연구센터, 석사과정

***: 한국정보통신대학교 공학부 지능형RF연구센터, 연구교수

****: 한국정보통신대학교 공학부 지능형RF연구센터, 소장

Key Words : 융복합, 전압제어 발진기, 광대역, CMOS 회로

목 차

1. 서론
2. 광대역 전압제어 발진기 설계
3. 측정결과
4. 결론

1. 서론

차세대 차량 융복합 수신기에서는 GPS(Global Positioning System), DSRC(Dedicated Short Range Communication), Cellular, CDMA, PCS, WLAN, Bluetooth, WiBro, DMB 등 여러가지 표준들을 만족해야 하는데, 이는 단일칩 설계를 통해서 소형화가 가능할 뿐 아니라 경제성 또한 향상될 수 있다.

차량 융복합 수신기의 RF 수신기 설계를 위해서는 광대역 전압제어 발진기의 설계가 필수적인데, 이는 전압제어 발진기의 설계시 공진부에 캐패시터 스위치를 병렬로 연결함으로써 광대역 특성을 얻게 된다. 한편, 광대역의 주파수 대역 설정은 각 표준들의 주파수 대역을 만족하도록 짜여진 주파수 분배 계획을 따르며, 이는 혼합기와 주파수 체감기 또는 체배기의 배치를 통해 이루어진다. 융복합 수신기에 아우를 수 있는 표준들을 고려하여 주파수 분배계획을 세운 결과, 최종적으로 광대역 전압제어 발진기가 포함할 수 있는 표준들로는 셀룰러(IS-95), PCS, W-CDMA, GSM 850, E-GSM, WLAN(802.11 a/b/g), Bluetooth, WiBro, DSRC, S-DMB(위성 DMB), 및 T-DMB/DVB-H/DMB-T/H(지상파 DBM)들이다[1]. 본 논문에서는 우선 상기 표준들을 만족시킬 수 있도록 주파수 분배

계획을 세우고, 0.18- μ m CMOS 공정을 사용하여, 그에 맞는 CMOS 광대역 전압제어 발진기의 설계 및 측정을 수행함으로써, 차량 융복합 수신기에 대한 실효성을 확인한다.

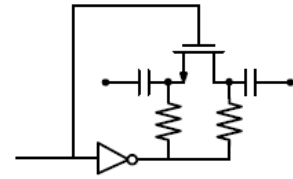
2. 광대역 전압제어 발진기 설계

1. 주파수 분배 계획

송수신기 환경에서는 다양한 소스들로 인한 주파수 끌림(Frequency pulling) 현상이 발생한다. 예를 들면, 송신기의 전력증폭기의 큰 출력이 기판과 패키지를 통하여 새어나감으로써, 그 새어나간 증폭기의 출력과 발진신호 간에 커플링 현상이 일어남으로써 주파수 끌림 현상이 발생하게 된다. 이는 전력증폭기의 출력 주파수의 신호가 발진신호와 주파수 이격이 적을 경우 발진신호의 주파수가 전력증폭기의 주파수로 끌려가는 현상을 말한다. 또 다른 예로, 전력증폭기의 커플링 현상이 아니어도 수신기에서 발진신호 주파수 대역과 인접한 큰 간섭신호가 수신될 때 역시 발진신호는 그 간섭신호의 주파수로 끌려가게 되는데 이를 인젝션 풀링(Injection pulling)이라 한다. 이러한 두가지 경우의 주파수 끌림 현상을 극복하기 위해서 발진기의 설

계시 신호의 주파수 대역에 충분히 이격된 주파수 대역에 발진기의 주파수 대역을 정하여 설계하여야 한다. 한편, 주파수 분배 계획시, 원래 신호와 수백 MHz에서 수 GHz 정도의 떨어진 발진기의 주파수를 중간 주파수(Intermediate frequency)내지는 DRC(Direct conversion)을 위한, 수신신호에 근접한 주파수로 변화시키기 위해서는 주파수 체감기 내지는 주파수 체배기를 사용하는데, 주파수 체배기의 경우 체감기보다 전력소모가 크므로, 본 설계에서는 주파수 체감기를 사용하였다(그림 1).

초점을 맞추어 설계하였다.



<그림 3> Differential형의 스위칭

또한, Varactor가 수용하지 못하는 범위의 광대역 특성(4.2~

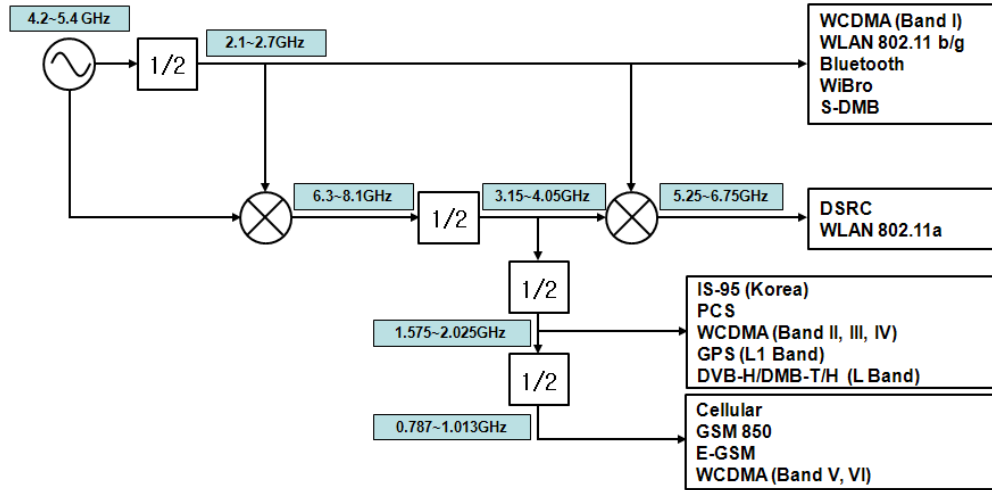


그림 1 혼합기와 1/2체감기를 사용한 주파수 분배계획

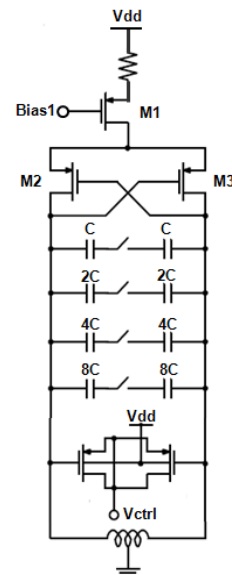
그림 1에서 광대역 전압제어 발진기는 4.2~5.4GHz의 광대역역이며, 주파수 끌림 현상을 피하기 위해, 아우르는 표준들의 신호대역과 이격되어 있음을 알 수 있다. 또한, 발진기 설계에 상정된 표준들로는 Cellular, IS-95(Korea), PCS, GSM850, E-GSM, WCDMA(Band I/II/III/IV/V/VI), WLAN(802.11 a/b/g), Bluetooth, WiBro, S-DMB, DSRC, GPS, DVB-H/DMB-T(L Band)들로 주어진 주파수 분배에 따라 각 표준들의 주파수 대역을 만족한다.

2. 광대역 발진기의 설계

광대역 발진기는 Cross-coupled 타입으로 설계되었고 그 회로도는 그림 2에서 확인할 수 있다.

<그림 2> 광대역 전압제어 발진기 회로

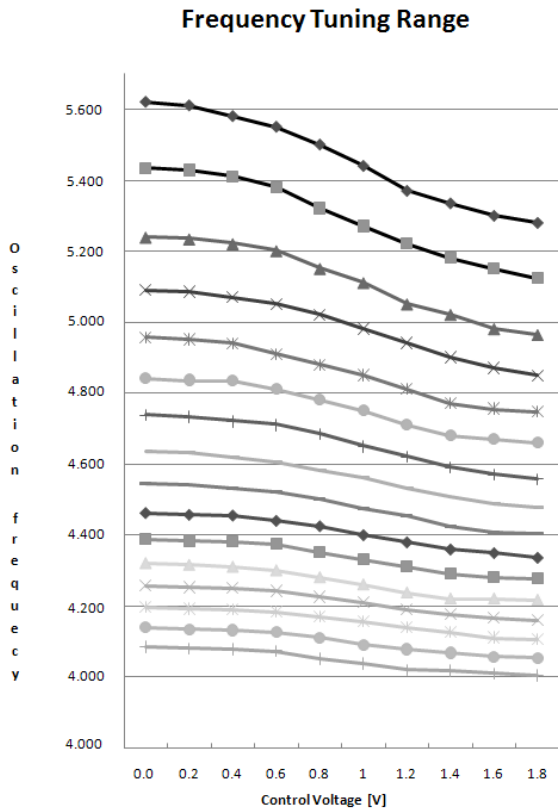
0.18-um CMOS 집적회로로 제작된 위 전압제어 발진기는 NMOS 트랜지스터를 회로에 사용했을 경우 위상잡음 특성이 좋지 않은 현상을 개선하기 위하여, 전류 소스(Current Source)로 사용된 M1 과 Cross-coupled된 M2 및 M3 모두 PMOS를 사용하였으며[2], 공진부를 구성하는 4개의 캐패시터 스위치 또한 위상잡음에 우등한 PMOS Varactor를 사용하였다. 또한, 캐패시터 스위칭 역시 Single-ended 타입의 스위칭이 아닌 위상잡음에 강한 Differential 타입의 스위칭(그림 3)을 가져감으로써 발진기의 성능지표중 가장 큰 요인이 되는 위상잡음 개선에



5.4GHz)을 가져가기 위해 총 4개의 스위치를 사용하였으며, 총 4비트의 스위치 동작을 통하여, 약 1.2GHz의 주파수 대역 범위에 걸쳐 동작하도록 하였다. 한편, 발진기의 설계 후 측정 시, 회로의 기생성분으로 인하여 주파수 하향 이동이 나타나는 바, 시뮬레이션상의 주파는 4.350~5.820GHz으로 설계하여, 측정시 주파수 하향 이동으로 인한 주파수 대역 이탈을 방지하였다.

3. 측정결과

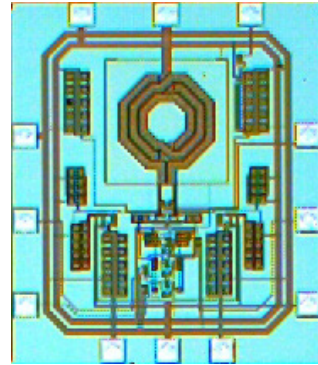
그림 4에서 보듯이 최초 설계시 설정한 4.350~5.820GHz의 주파수 대역보다 약 180~220MHz의 주파수 하향 이동 현상을 보이고 있으며, 총 4개의 스위치를 사용한 4비트, 총 16단계의 발진 주파수 변화를 확인할 수 있다. 한편, 각 단계별로 최대 150MHz의 충분한 주파수 오버랩 구간을 할애하였는데, 이는 그림 1에서 확인할 수 있듯이 많게는 총 4번의 주파수 체감이 필요하기 때문에 각 주파수 변화 단계별 오버랩 구간이 충분하지 않을 경우, 1/2 주파수 체감기를 통과할수록 오버랩 구간이 작아짐으로 해서 각 단계별 주파수대역이 끊어지지 않도록 하기 위함이다[3].



<그림 4> Varactor의 제어전압 및 캐패시터 스위칭 변화에 따른 발진 주파수

<그림 5> 4.54GHz의 중심 주파수에서 측정된 위상잡음 측정결과 (-117dBc@1MHz Offset)

그림 5는 1MHz의 offset 주파수와 4.54GHz의 중심 주파수에서 -117.13dBc/Hz의 위상잡음이 측정됐음을 보여준다. 또한 이 전압제어 발진기는 1.8V의 공급 전압을 사용하여 5.5~6.5mW의 전력을 소모한다. 한편, 집적회로로 제작된 광대역 전압제어 발진기 칩 면적은 0.78 x 1.12 mm² 이고, 칩 사진은 그림 6에서 확인할 수 있다.



<그림 6> 설계된 광대역 전압제어 발진기의 Chip 사진

4. 결론

융복합 차량 수신기의 구현을 위해서는 단일칩으로 RF 수신기를 설계함으로써 소형화와 경제성의 장점을 얻을 수 있다. 단일칩 RF 수신기에 사용되는 수신기의 멀티모드 동작을 위하여, 주파수 분배계획을 세움과 동시에 그에 따른 광대역 전압제어 발진기를 설계함으로써, 향후 차량형 단말기의 융복합 기술구현의 가능성을 검증하였다. 한편, 설계된 광대역 전압제어 발진기는 위상잡음 개선에 초점에 맞추어진 설계를 통해, 고려되어진 모든 표준들의 스펙에 적합한 1MHz offset 주파수에서 약 -117dBc/Hz의 위상잡음을 가지며, 전력소모 또한 6.5mW이하로 작다.

감사의 글

이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국 과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임

(No.R11-2005-029-05001-0).

참고문헌

1. 강경표 외 23명, “교통정보 공학론”, 한국 ITS학회, 2008.
2. Zhenbiao Li; O, K.K.A, et al., "Low-phas-noise and low-power multiband CMOS voltage-controlled oscillator," *IEEE J Solid-State Circuit Conference*, June

2005.

3. Ali Fard, et al., "A Low Power Wide Band CMOS VCO for Multi-Standard Radios", *IEEE Radio and Wireless Conference*, pp 79-82, Sep. 2004.