

2025 International Solid-State Circuits Conference

(ISSCC) Review

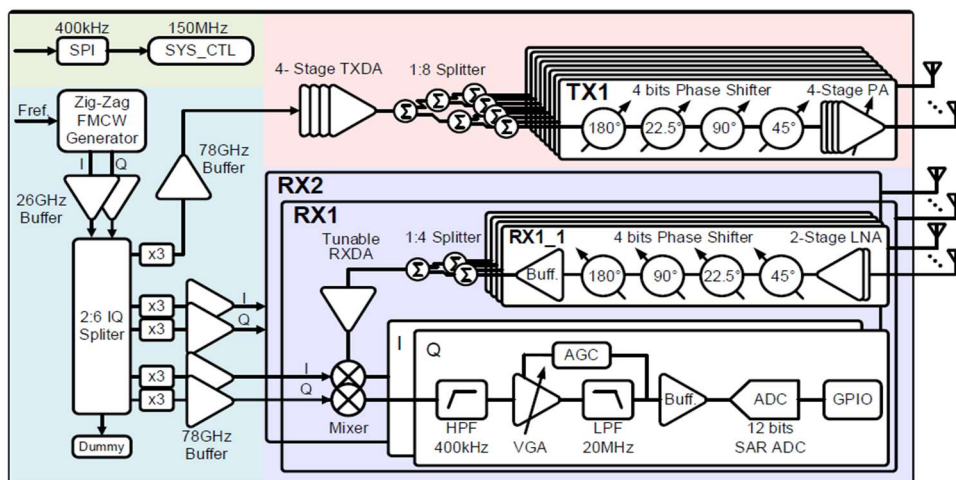
연세대학교 시스템반도체공학과 최경식 교수

Topic : RF

Session 10 : Transceiver Chipsets for Communication and Radar

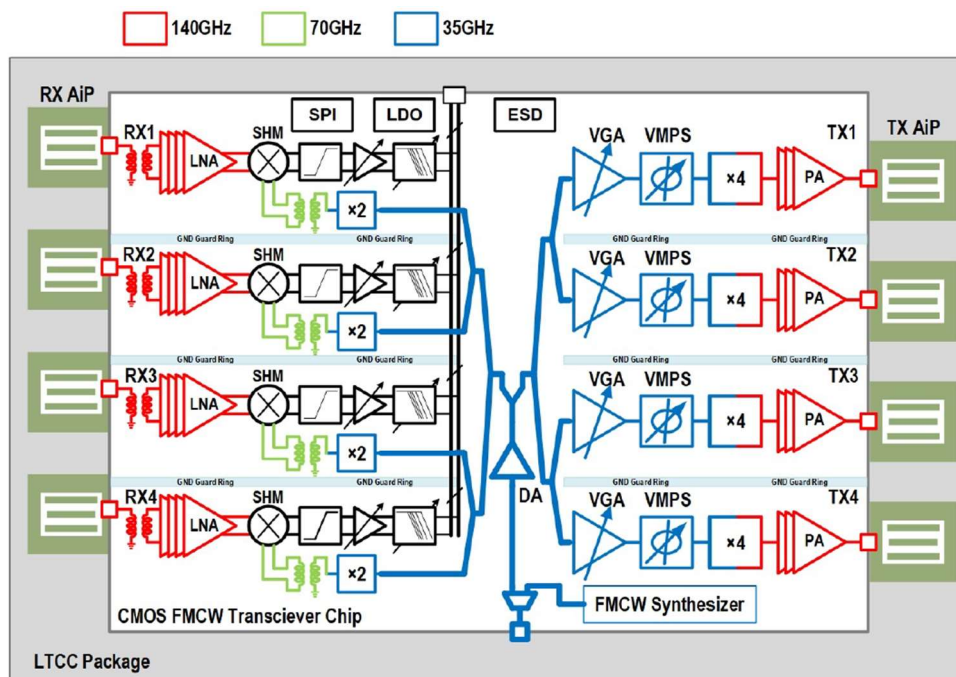
이번 ISSCC 2025의 Session 10은 **Transceiver Chipsets for Communication and Radar**라는 주제로 총 5편의 논문이 발표되었다. 이 세션에서는 무선 통신 및 레이더 센싱을 응용으로 하는 다양한 송수신기 시스템 칩셋을 조명하였다. 또한 RF Front-end 혹은 power amplifier와 phase shifter 같은 개별 블록은 Session 5, Session 11, 그리고 Session 33에서 찾아볼 수 있다.

#10-1 본 논문은 East China Normal University에서 연구한 77GHz 하이브리드 TDMA-MIMO 위상 배열 FMCW 레이더에 관한 연구이다. 기존 MIMO 및 RF 위상 배열 레이더는 긴 탐지 거리와 높은 거리 해상도를 동시에 달성하기 어려웠으며, 단일 채널 송수신 구조로는 LRR (Long-Range Radar), MRR (Medium-Range Radar), SRR (Short-Range Radar) 모드를 모두 지원하는 것이 제한적이었다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 8TX 및 2×4RX 구조를 갖춘 77GHz TDMA-MIMO FMCW 레이더를 제안하여 다양한 탐지 모드에서 최적의 성능을 제공하도록 설계하였다. 특히 Zig-Zag 다중 서브밴드 주파수 스위핑 기법을 활용하여 위상 잡음을 줄이면서 연속적인 주파수 변화를 가능하게 하였으며, 이를 통해 8GHz의 넓은 Chirping 대역폭을 확보하였다. 측정 결과, 제안된 레이더 송수신기는 32dBm EIRP 출력과 16.8dB의 잡음 지수를 달성하였으며, 186m의 탐지 범위와 3cm의 거리 해상도를 보이며 기존 대비 향상된 성능을 보여주었다.



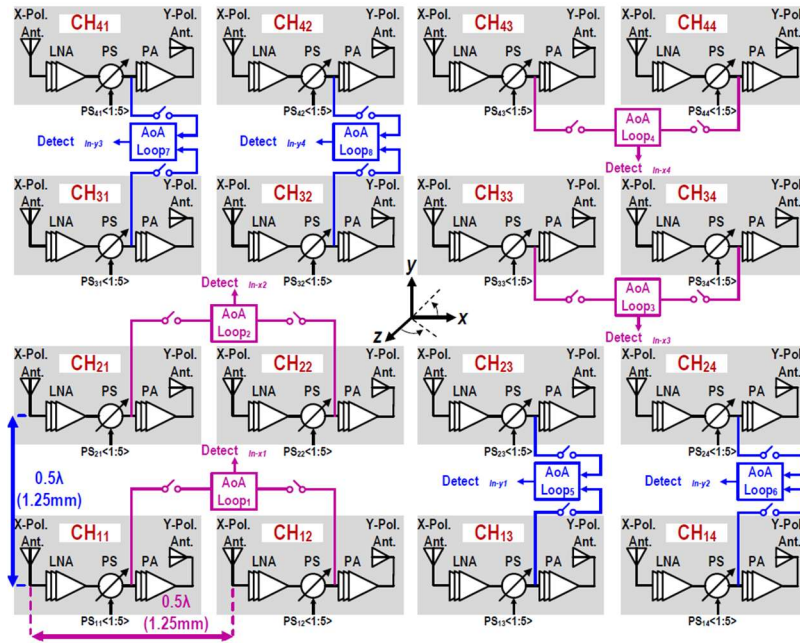
[그림 1] Session 10.1 논문에서 제안하는 하이브리드 TDMA-MIMO Phased-Array 레이더의 시스템 블록 다이어그램.

#10-2 본 논문은 Tianjin University에서 연구한 132-148GHz FMCW 레이더 송수신기에 대한 연구이다. D-밴드(110-170GHz)의 넓은 가용 대역폭을 활용한 고해상도 레이더 시스템이 주목받고 있으나, 기존 실리콘 공정(CMOS/SiGe) 기반 D-밴드 FMCW 레이더는 낮은 출력 전력과 안테나 이득으로 인해 충분한 EIRP를 제공하지 못했다. 본 논문에서는 4TX-4RX 배열을 갖춘 132-148GHz FMCW 레이더 송수신기를 제안하며, cavity-backed Antenna-in-Package (AiP)를 구현하여 방사 효율을 높이고 LTCC 패키지를 활용하여 손실을 최소화하였다. 또한 서브 하모닉 믹싱을 사용하여 전력 소비를 줄이고 효율적인 신호 처리를 가능하게 하였다. 측정 결과, 제안하는 레이더는 28.7dBm의 EIRP를 달성하였으며, 7.8dB의 최소 잡음 지수와 최대 24GHz의 Chirp 대역폭을 달성하여 기존 대비 향상된 거리 해상도를 확보하였다.



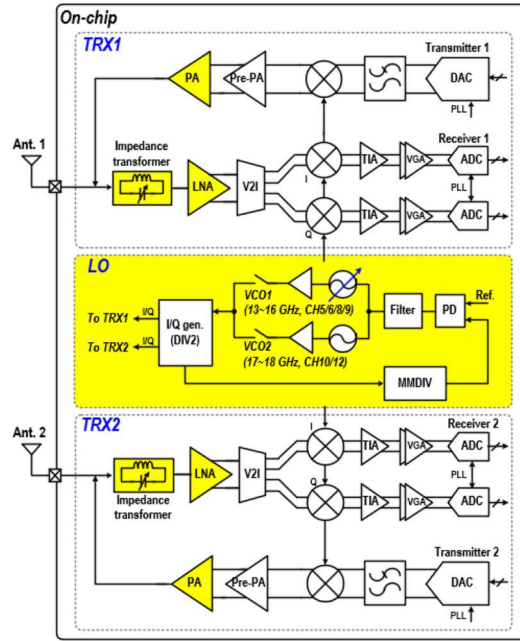
[그림 2] Session 10.2 논문에서 제안하는 140 GHz 4TX-4RX FMCW Radar 송수신기 어레이 시스템의 블록 다이어그램.

#10-3 본 논문은 ETH Zürich에서 연구한 120GHz 2D 확장형 능동 반사 릴레이에 대한 연구이다. 고주파(mmWave 및 sub-THz) 통신에서는 높은 주파수 대역의 특성상 자유 공간 손실(Free Space Path Loss)이 크며, 비가시선(Non-Line-Of-Sight) 환경에서는 신호 감쇠가 심하여 신호 전송이 어려운 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 120GHz 대역에서 동작하는 2D 확장형 능동 반사 릴레이를 제안하였다. 온칩 송수신 안테나를 직교 편광 방식으로 구성하여 송수신 간 간섭을 최소화하였다. 또한, 신속한 AoA(Angle of Arrival) 검출 기능을 내장하여 외부 디지털 백엔드 없이도 즉각적인 신호 방향 탐지가 가능하도록 설계하였다. 측정 결과, 본 릴레이는 1.3m 거리에서 6Gb/s의 데이터 전송 속도를 달성하였으며, 3.4~5% of EVM를 유지하며 안정적인 NLOS 링크를 제공하는 것을 확인하였다.



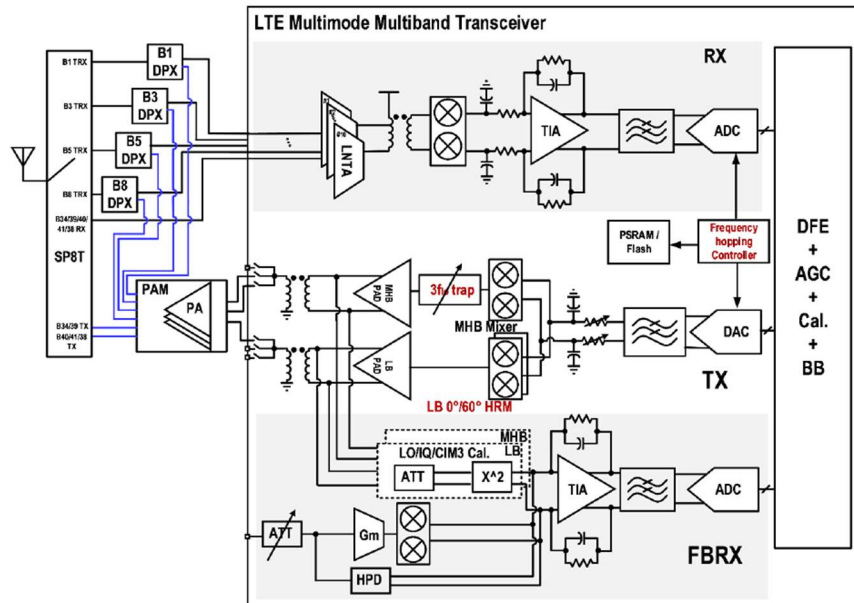
[그림 3] Session 10.3 논문에서 제안하는 120 GHz 2-D scalable 4×4 active reflective relay 시스템의 블록 다이어그램.

#10-4 본 논문은 삼성전자에서 연구한 2-TRX IR-UWB 송수신기 구현에 관한 연구이다. 기존 IR-UWB 송수신기는 한정된 채널 (ch5, ch9)만을 지원하며, 구현 측면에서는 TX/RX 안테나 공유를 위해 RF 스위치를 주로 사용되었다. 따라서 이 스위치의 높은 삽입 손실로 인해 수신 감도가 저하되는 문제가 있었다. 본 논문에서는 LC passive 네트워크를 활용하여 RF 스위치 없이 TR와 RX가 하나의 포트를 공유하는 구조를 제안함으로써 삽입 손실을 최소화하고 수신 성능을 향상시켰다. 또한, 총 6개의 UWB 채널(6.5~9GHz)을 지원하며, 저전력 동작을 고려하여 두 개의 LC-VCO를 활용한 전력 최적화 기법을 적용하였다. 측정 결과, 본 연구에서 구현한 송수신기는 최대 14dBm의 송신 출력과 4.2dB 이하의 잡음 지수를 기록하였으며, IEEE 802.15.4/4z 표준을 준수하면서도 모바일 및 자동차 응용에 적합한 성능을 입증하였다.



[그림 4] Session 10.4 논문에서 제안하는 IR-UWB용 2-TRX Transceiver 시스템의 블록 다이어그램.

#10-5 본 논문은 XINYI Information Technology에서 연구한 LTE Cat1bis 지원 멀티모드 RF 송수신기에 관한 연구이다. IoT 기기에서 LTE Cat1bis는 비용 효율적인 저속 데이터 전송 옵션으로 주목받고 있으나, 기존 송수신기 모듈은 패키징 및 보드 설계의 복잡성으로 인해 비용 절감이 어려웠다. 본 논문에서는 QFN 패키지를 적용하여 저비용 LTE Cat1bis RF 송수신기를 구현하였다. 먼저, RX 체인에서 단일 발룬 설계를 통한 10개의 저잡음 증폭기(LNTA) 공유 기법을 도입하여 전체 시스템 비용을 줄였다. 또한, 수신 감도 저하 문제를 해결하기 위해 ADC 주파수 호핑 기법을 활용하여 스퍼 노이즈를 차단하였다. 송신의 경우에는, 인덕터의 최적화 설계를 통해 3차 상호변조 왜곡(CIM3)을 억제하는 자동 보정 기능을 포함하여 선형성을 개선하였다. 측정 결과, 제안된 송수신기는 0.6~2.7GHz 대역의 동작 주파수 범위에서 우수한 수신 감도(~ -100dBm)를 달성하여 IoT 응용에 최적화된 성능을 제공하는 것을 확인하였다.



[그림 5] Session 10.5 논문에서 제안하는 LTE Cat1bis를 지원하는 multimode multiband RF transceiver 시스템의 블록 다이어그램.

저자정보



최경식 교수

- 소 속 : 연세대학교 시스템반도체공학과
- 연구분야 : RF/mmWave/Sub-THz circuits and systems
- 이 메 일 : kyungsik@yonsei.ac.kr
- 홈페이지 : <https://sites.google.com/view/year-yonsei/home>