

2026 VLSI Review

고려대학교 전기전자공학과 석사과정 심승우

Session 1 High-Frequency Arrays for 6G and SATCOM

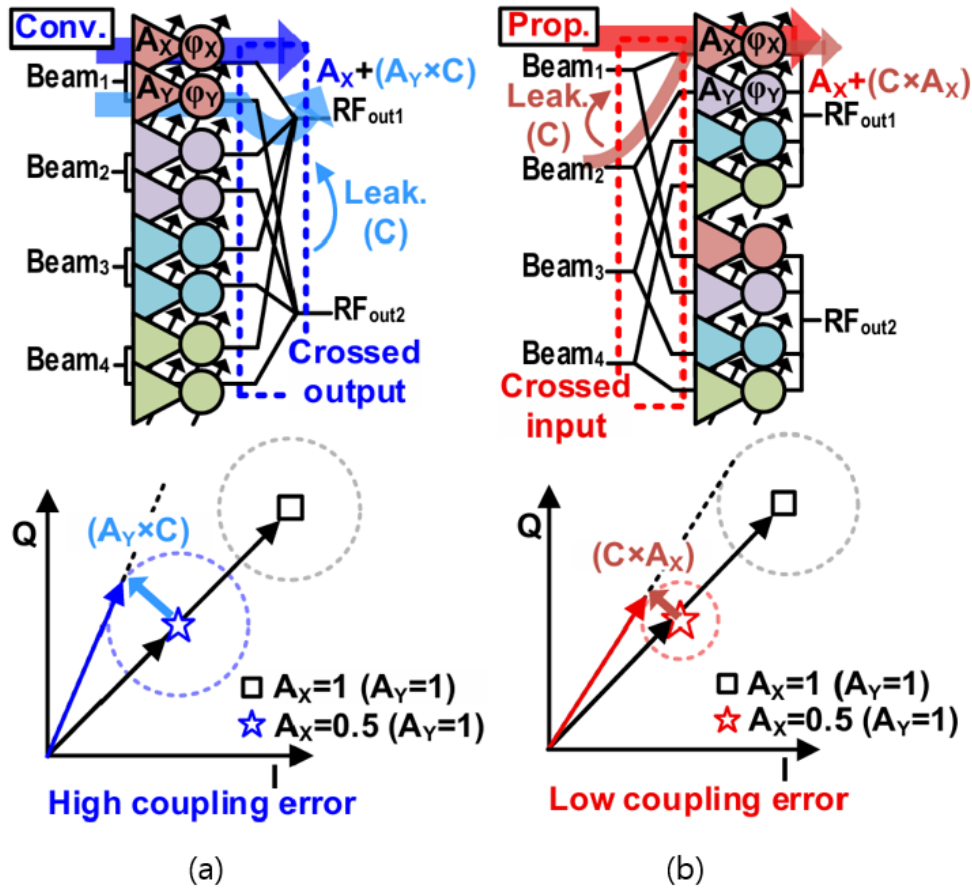
이번 2026 IEEE VLSI에서는 Session 1 "High-Frequency Arrays for 6G and SATCOM"과 Session 14 "Adaptive and Agile Radio Architectures"에서 각각 5편과 4편의 논문이 발표되었습니다. 두 세션에서는 6G 및 SATCOM을 위한 다양한 주파수 대역의 transceiver와 phased-array 기술이 소개되었으며, 이번 글에서는 그중 흥미로운 아이디어를 제안한 Q-band transceiver와 V-band transceiver 논문을 각각 한 편씩 소개하고자 합니다.

#1-1 이번에 소개할 논문은 전남대학교 박진석 교수님 연구팀에서 발표한 "An Ultra-Compact 4-Element 4-Beam Q-band Multibeamformer IC with IQ Pre-weighted Phase Shifter for VLEO SATCOM"입니다. 최근 low-latency SATCOM에 대한 수요가 증가하면서 very low earth orbit(VLEO) 위성통신이 주목받고 있으며, 높은 data capacity 확보를 위한 Q/V-band 활용도 활발히 연구되고 있습니다. 본 논문에서는 이러한 VLEO SATCOM을 위한 4-element 4-beam Q-band multibeamformer IC를 제안하였습니다.

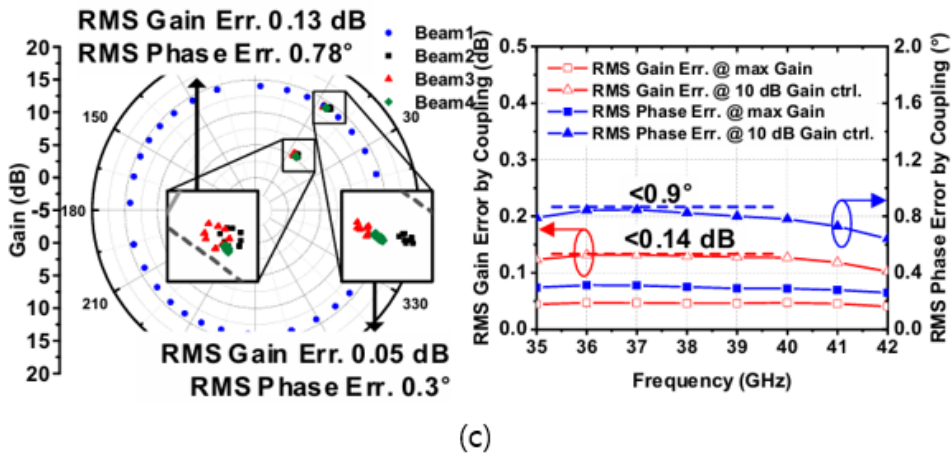
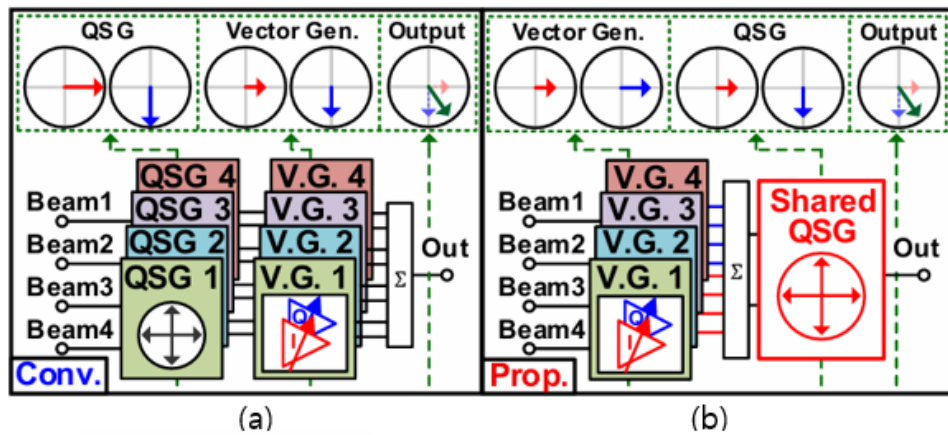
Fig. 1(a)의 conventional fully-connected multibeamformer에서는 divider/combiner network가 gain/phase control 이후에 배치됩니다. 이 경우 다른 beam에서 coupling된 신호가 desired signal과 서로 다른 gain/phase weighting을 받기 때문에, beam의 gain을 조절할수록 coupling에 의한 gain/phase error가 증가하게 됩니다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 Fig. 1(b)와 같이 divider/combiner network와 gain/phase control block의 순서를 변경하였습니다. 이에 따라 desired signal과 coupled signal이 동일한 gain/phase control을 받게 되어, gain control에 따른 coupling error를 효과적으로 줄일 수 있습니다. 하지만 이러한 구조에서는 하나의 antenna element가 여러 beam 신호를 동시에 처리해야 하므로 multi-beam phase shifter가 필요합니다. Fig. 2(a)의 conventional phase shifter에서는 각 beam마다 별도의 quadrature signal generator(QSG)가 필요하기 때문에 beam 수가 증가할수록 회로 면적 또한 크게 증가합니다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 IQ pre-weighted phase shifter를 제안하였습니다. Fig. 2(b)와 같이 기존의 QSG와 vector generator의 순서를 변경하여 vector generator를 먼저 배치하고 하나의 QSG를 공유하도록 구성하였습니다. 각 beam에서 I/Q 성분이 될 신호의 amplitude를 먼저 pre-weighting한 뒤 shared QSG에서 quadrature phase를 생성함으로써, multi-beam phase shifter를 보다 compact하게 구현할 수 있습니다.

즉, 이 논문의 핵심은 beam-to-beam coupling을 줄이기 위해 divider/combiner network

와 gain/phase control의 배치 순서를 변경하고, 이로 인해 발생하는 multi-beam phase shifter의 area penalty를 IQ pre-weighting 기반의 shared-QSG 구조로 해결한 것입니다. 제안된 구조는 simulation에서 10-dB gain control 시에도 coupling에 의한 RMS gain 및 phase error를 각각 0.14 dB와 0.9° 이하로 유지하였습니다. 특히 기존 회로의 성능을 단순히 개선하는 것이 아니라, block 배치 자체를 재구성하고 그에 따른 penalty를 새로운 phase-shifter architecture로 해결했다는 점에서 흥미로운 접근이라고 볼 수 있습니다.



[Fig 1] Coupling error according to the location of the multibeam divider/combiner in a multibeamformin IC (a) Conventional, (b) Proposed structure.



[Fig 2] (a) Conventional PS structure, (b) Proposed IQ pre-weighted PS structure, (c) Simulated results about coupling effect.

저자정보



심승우 석사과정 대학원생

- 소속 : 고려대학교 전기전자공학과
- 연구분야 : mm-Wave IC design
- 이메일 : lisang@korea.ac.kr
- 홈페이지 : <https://arfst.korea.ac.kr>