

6G 빔포밍 모듈 제어를 위한 통합 컨트롤 보드 설계

남승구, 최세환, 이호준, 홍석연, 이보영

한국전자기술연구원

senggu@keti.re.kr

Design of an Integrated Control Board for 6G Beamforming Module Control

Seunggoo Nam, Sehwan Choi, Hojun Lee, Seokyeon Hong

Korea Electronics Technology Institute

요약

본 논문은 6G 이동통신 시스템의 커버리지 확장을 위한 NCR(Network Controlled Repeater) 전용 빔포밍 모듈 컨트롤 보드를 설계하고 구현하였다. CM5 MCU 기반으로 고성능 연산 및 무선 제어 기능을 통합하였으며, RF 소자의 안정성을 위한 전원 시퀀싱 기술과 배터리 기반 단독 동작 환경을 구축하였다. 또한 전용 제어 소프트웨어를 개발하여 실시간 모니터링 및 위상 제어가 가능하다.

I. 서론

6G 통신은 초고주파 대역을 활용함에 따라 직진성이 강하고 회절 손실이 커지는 특성이 있으며, 이를 극복하기 위해 NCR과 같은 중계 기술이 필수적이다[1]. NCR 시스템 내 빔포밍 모듈을 효율적으로 운용하기 위해서는 바이어스 순서 제어와 안정적인 고전력 공급, 그리고 원격 관리 기능이 통합된 컨트롤 보드가 필요하다. 본 논문에서는 고성능 MCU와 전원 관리 시스템을 단일 보드에 통합하여, 무선 환경에서 독립적으로 동작 가능한 6G 빔포밍 컨트롤 보드 설계를 제안하였다.

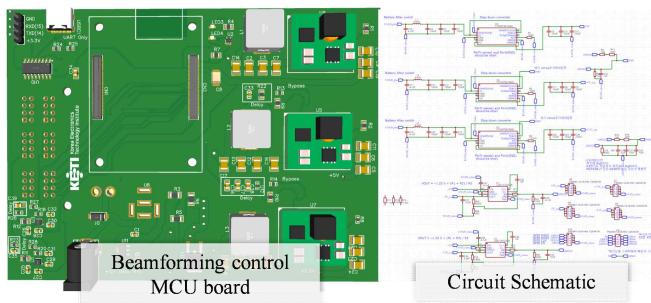


그림 1 빔포밍 컨트롤 통합 MCU 보드 및 회로도

II. 본론

그림 1은 개발된 통합 컨트롤 보드의 시스템 구성도를 보여준다. 보드는 Compute Module 5를 메인 프로세서로 탑재하여 빔포밍에 필요한 알고리즘을 처리할 수 있는 연산 능력을 갖추었으며, Look-up table 저장이 가능하다. 내장된 Wi-Fi 및 Bluetooth 모듈을 통해 외부 콘솔과 무선으로 연결 가능하고, 명령을 송수신하여 제어가 가능하다.

핵심 기능 중 하나인 전원 관리 시스템은 RF 소자(FEM, BFIC)의 손상을 방지하기 위해 바이어스 순서 제어(Bias Sequencing) 로직을 포함한다. 다채널 레귤레이터를 설계하여 빔포밍 모듈에 필요한 다양한 전압을 안정적으로 공급하며, 배터리 구동이 가능하도록 설계하여 외부 전원 없이도 독립적인 동작이 가능하다.

그림 2는 제작된 보드와 빔포밍 모듈을 연결한 구성을 보여준다. 개발된

소프트웨어를 통해 각 안테나 소자의 위상과 진폭을 실시간으로 조절하고 전원 상태를 점검할 수 있는 기능을 갖추고 있다.

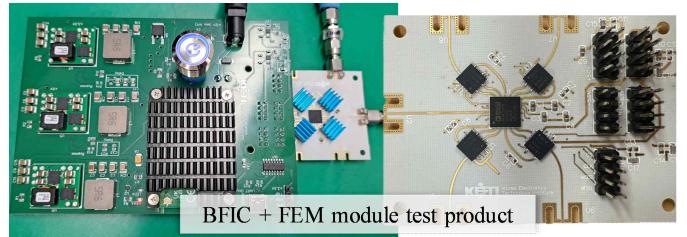


그림 2 제작된 통합 컨트롤 보드 및 빔포밍 모듈 결합도

III. 결론

본 논문에서는 6G NCR 시스템에 적용 가능한 통합 컨트롤 보드를 설계하고 성능을 검증하였다. 고성능 MCU를 통한 연산 처리와 무선 제어 기능의 통합을 통해 시스템을 간결하게 구성하였으며, 안정적인 전원 공급 및 시퀀싱 제어로 RF 모듈이 안정적으로 구동할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 배터리 기반의 독립 구동 방식과 원격 제어 소프트웨어의 결합으로 현장 테스트 및 실증 연구의 절차를 간소화 하였다. 향후 다양한 빔포밍 알고리즘을 탑재하여 실제 NCR 환경에서의 전송 효율을 측정할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 차세대네트워크(6G) 산업 기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [RS-2024-00395366, Upper-mid Band Smart 중계기용 RIS 및 NCR 부품기술개발]

참고문헌

- [1] F. I. G. Carvalho et al., "Network-Controlled Repeater - An Introduction," in IEEE Communications Standards Magazine