

2024 IEEE CICC Review

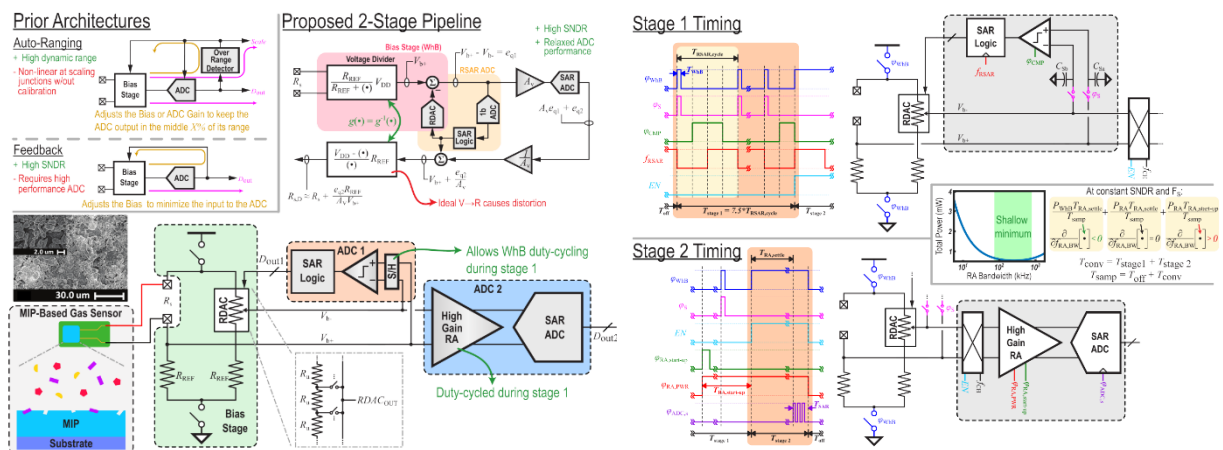
DGIST 전기전자컴퓨터공학과 박사과정 위정윤

Session 15 Innovations in Sensing, Communication, and Imaging Technologies

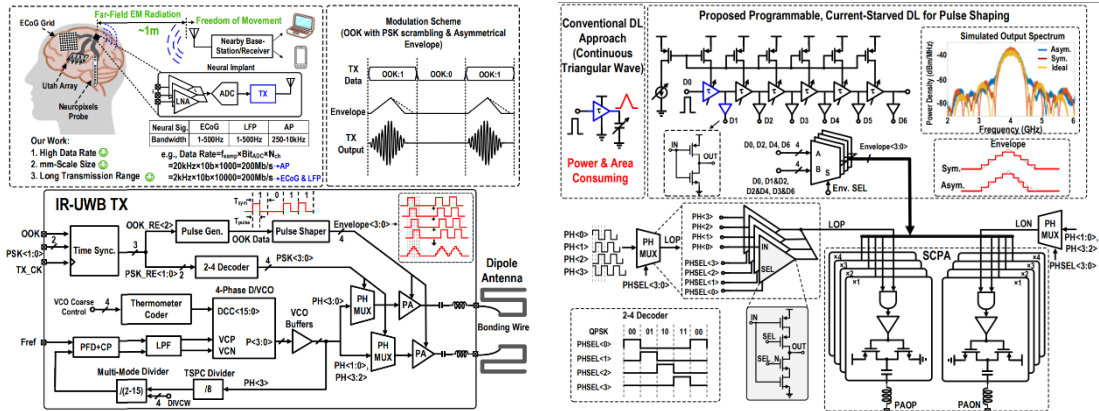
이번 2024 IEEE CICC Session 15는 감지, 통신, 영상 기술과 관련된 기술이 소개되었다. 저 전력 가스 센서, 색상 센터 제어/감지 시스템이 제안되었고, 뇌 임플란트용 광학 위상 배열 및 IR-UWB 송신기를 사용한 통신 기술의 발전을 볼 수 있었다. 마지막으로 플렉서블 초음파 트랜시버, 마이크로 LED가 포함된 무선 광학 피질 인터페이스, Flash LiDAR SPAD 센서를 특징으로 하는 이미징 기술에 관한 논문들도 발표됐다.

#15-1

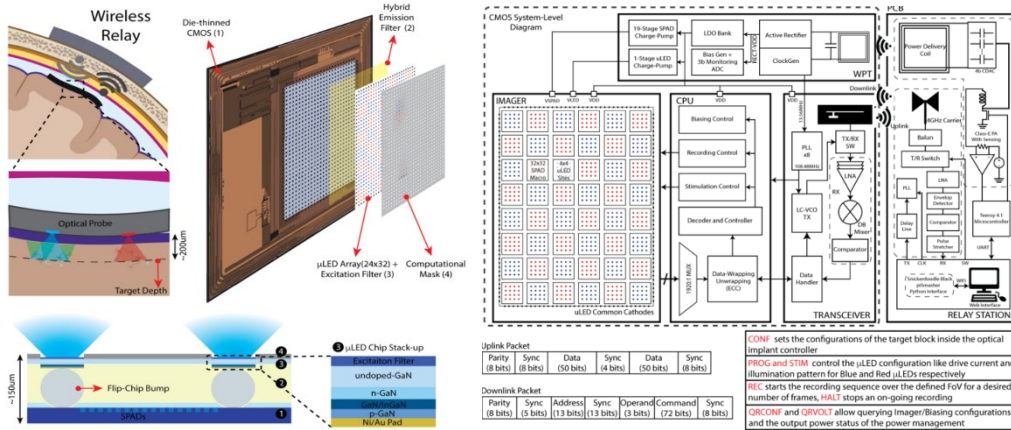
미국의 UCSD에서 발표한 본 논문은 발열이나 기타 전력소모가 큰 센서 조정회로 없이 동작하는 MIP (Molecularly Imprinted Polymer) gas 센서 시스템으로 sub-k Ω 임피던스를 측정하도록 설계되었다 (그림 1). 해당 시스템은 24.4 μ W의 저전력으로 94dB SNR과 80.1dB 선형성을 달성하였다. 또한 실제 가스 테스트에서는 SARS-Cov-2와 D-glucose를 각각 1copy/ μ L 및 0.01ppm의 감도 검출에 성공했다.



[그림 1] 제안된 가스센서 시스템



[그림 2] 제안된 완전 통합형 IR-UWB 송신기



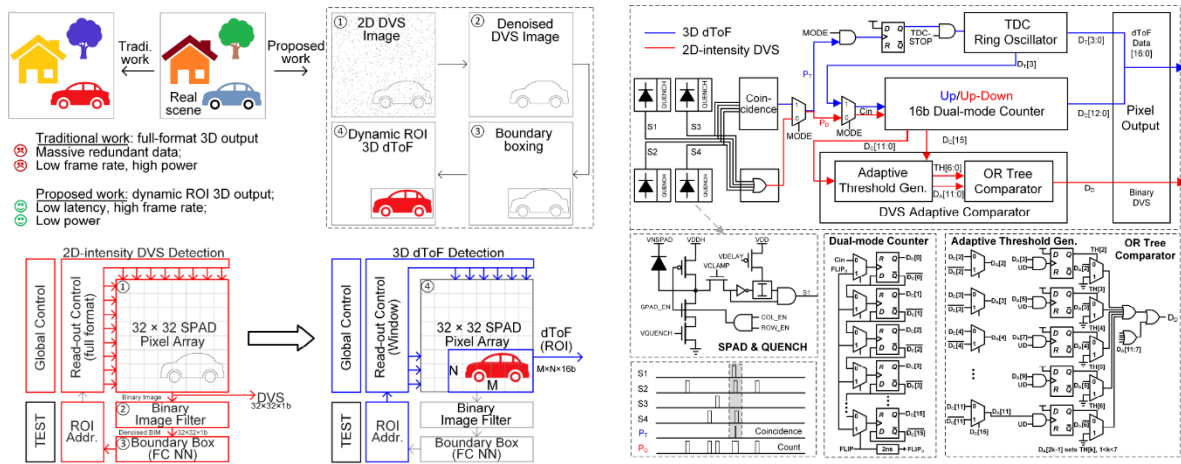
[그림 3] 제안된 플렉서블 경질막 광학 신경 프로브

#15-4

스위스의 EPFL에서 발표한 본 논문은 이식형 TX의 전송 범위를 확장하는 동시에 회로의 크기와 전력 소비 문제를 최소화하기 위해 경피적, 높은 데이터 속도, 완전 통합형 IR-UWB 송신기를 제안했다 (그림 2). 해당 기술을 통해 최첨단 IR UWB TX 에 비해 49.8mm²의 가장 작은 공간과 1.5m의 가장 긴 전송 범위를 달성했다.

#15-6

미국의 콜롬비아대학교에서 발표한 본 논문은 형광 이미징 및 광유전학적 자극을 위한 최초의 무선, 완전 이식 가능한 플렉서블 경질막 광학 신경 프로브를 구현했다 (그림 3). 12x12mm² 사이즈로 구현된 해당 장치는 130nm BCD 기술로 설계되었으며, SPAD를 192x256 어레이 및 24x32µLED 어레이에 통합하여 5.76x7.68mm² FoV를 구현했다. 또한 칩 안테나를 통해 시스템의 무선 전력 공급 및 양방향 UWB 무선 링크를 구현했다.



[그림 4] 제안된 LiDAR SPAD 센서

#15-7

중국의 푸단대학교에서 발표한 본 논문은 2D intensity 이미징, 2D intensity dynamic vision sensing (DVS), 그리고 3D depth imaging 모드를 사용하여 32x32 flash LiDAR SPAD 센서를 구현했다 (그림 4). 2D DVS는 dynamic 픽셀 추출과 region of interest (ROI) 식별에 사용되고, 픽셀의 듀얼모드 카운터를 다른 모드에서 재사용한다. 또한 노이즈 처리를 위해 adaptive threshold generator와 binary imaging filter (BIF)를 사용했다. 해당 기술들을 통해 구현한 센서는 1kHz 프레임속도를 달성했다.

Session 27 Advanced Neural Interfaces

이번 2024 IEEE CICC Session 27은 신경 장애를 모니터링, 진단 및 치료하는 데 도움이 되는 무선 폐쇄루프 신경 임플란트를 위한 다양한 기술과 고급 통합 시스템이 제안됐다. 이 중 일부 논문들은 모션 아티팩트에 강인한 기록 회로를 제안했고, 다른 일부 논문들은 저 전압 표준공정으로도 고전압에서 동작 가능한 신경 자극기를 제안했다.

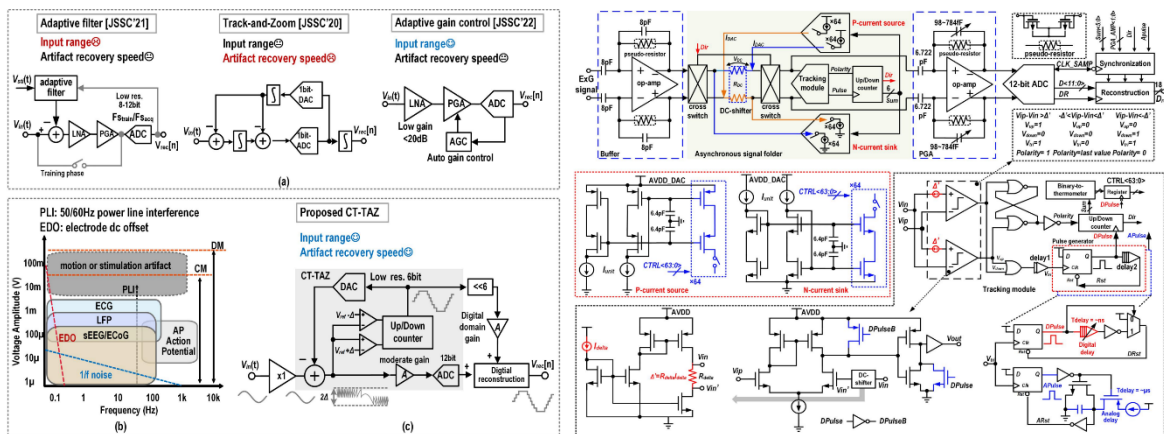
#27-2

중국의 상하이 자오퉁 대학에서 발표한 본 논문은 모션 및 자극 아티팩트로 인해 발생하는 saturation 현상을 피하기 위한 기술을 제안하고, ExG 신호 기록회로를 구현했다 (그림 5). 신호 기록 시에 발생하는 아티팩트는 공통, 차동, 공통과 차동의 혼합 신호로 발생하는데, 본 논문에서는 CT-track and zoom 동작을 구현하여 아티팩트로 인해 시스템이 saturation 되는 현상을 제거했다. 해당 기술을 통해 구현된 시스템은 3.6V 의

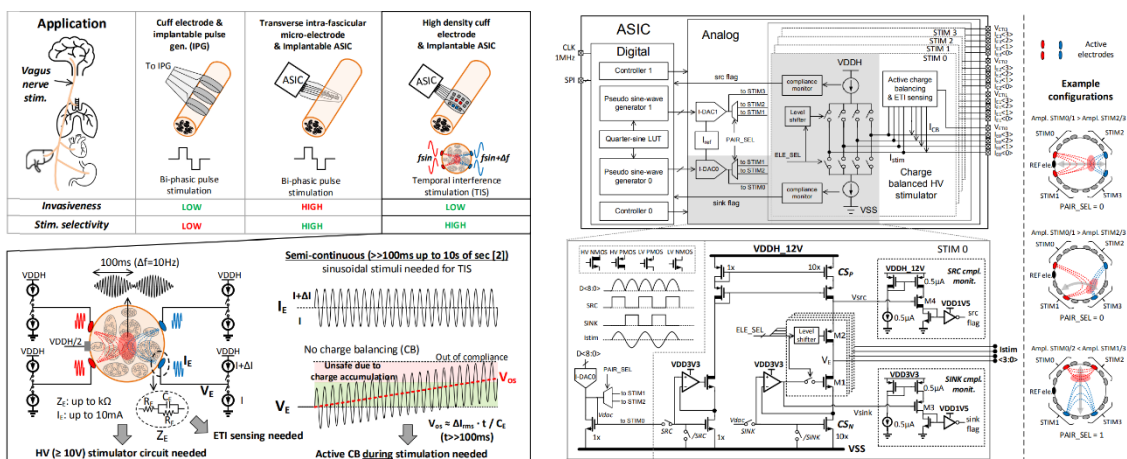
차동모드 및 1.8V 의 공통모드 입력범위를 갖고, 46.6mV/μs 의 아티팩트 회복속도를 달성했다.

#27-3

미국의 UCSD 에서 발표한 본 논문은 closed-loop neuromodulation 시스템에서 신경 기록신호 digitization 이 가능한 8 채널 2 차 DSM ADC 를 구현했다. 해당 시스템은 fast-recovery, over-range detecting phase quantizer 를 사용하여 sub-ms 수준의 빠른 자극 아티팩트 회복 시간을 달성했다.



[그림 5] 제안된 아티팩트에 강인한 ExG 기록회로



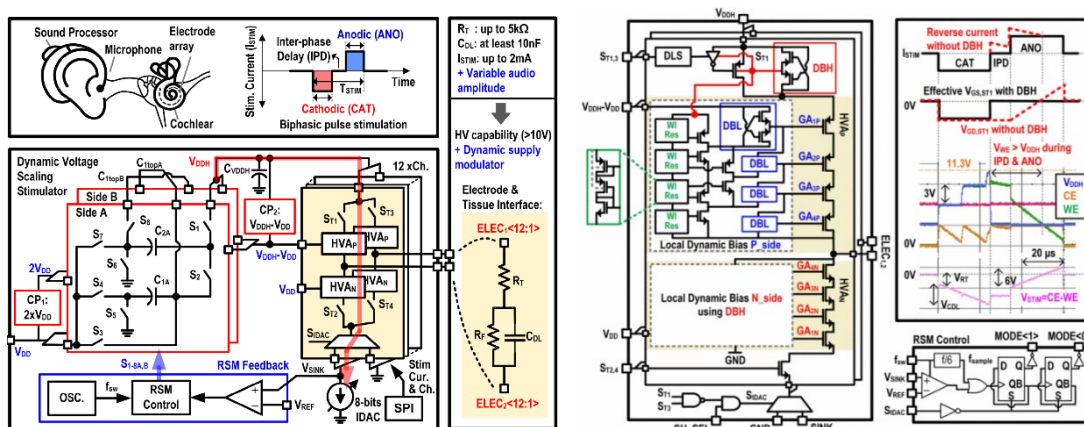
[그림 6] 제안된 자극 및 ETI 동시측정 시스템

#27-4

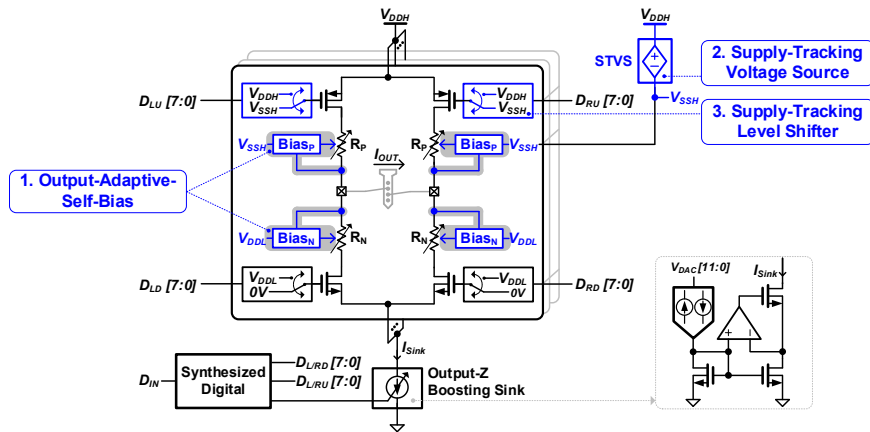
IMEC에서 발표한 본 논문은 BCD공정을 사용하여 10V에서 구동가능한 자극과 동시에 ETI (Electrode-Tissue Impedance) 측정이 가능한 시스템을 구현했다 (그림 6). 자극 selectivity를 높이면서 동시에 비침습형 전극으로 구현하기 위해 기존 cuff 타입의 전극과 침습형 전극의 장점을 융합한 고밀도 cuff 전극을 사용하고, 높은 임피던스의 전극을 구동하기 위해 고전압 동작이 가능하도록 구현했다. 또한 TIS (Temporal Interference Stimulation) 시에 발생하게 되는 조직 손상의 위험성을 없애기 위해 active charge balancer를 함께 집적했다. 이렇게 제안된 기술들로 구현된 시스템은 50mV 이하의 낮은 전압 오프셋을 달성했으며, 10nA 수준의 mismatch를 달성했다.

#27-5

KAIST에서 발표한 본 논문은 초소형 reconfigurable 전원전압 변조기와 채널 드라이버를 제안하여 저전압 표준공정으로도 저-고전압에서 동작 가능한 완전 집적 동적 전압 조절 자극기를 구현했다 (그림 7). H-bridge 구조 기반의 채널 드라이버는 local dynamic bias 회로를 제안하여 저-고전압에서 모두 안정적인 동작 가능하도록 설계했고, 이를 통해 매우 작은 채널 면적을 갖는 자극기를 구현했다. 또한 내부에 charge pump를 집적하여 저전압 입력으로도 고전압 구동이 가능하도록 구현하였으며, 추가적인 charge pump를 사용하여 PMOS 부분의 local dynamic bias 회로에 필요한 전압을 생성하도록 구현했다. 언급된 기술들을 통해 구현된 자극기는 2.6V에서 11.3V까지 넓은 전원전압에서 동작 가능하도록 구현되었으며, 추가적인 외부 회로나 IC를 요구하지 않아 매우 작은 면적으로도 자극기를 구동시킬 수 있다는 장점을 지닌다.



[그림 7] 제안된 완전 집적 자극 시스템



[그림 8] 제안된 자극기 시스템

#27-6

DGIST에서 발표한 본 논문은 output-adaptive-self-bias 및 supply-tracking 기술을 제안하여, 저전압 표준공정으로도 고전압에서 동작가능한 자극기를 구현했다 (그림 xx). Output-adaptive-self-bias 기술은 저항분배회로와 다이오드 clipper를 이용하여 구현되었으며, 저-고전압에서 MOS-resistor를 적절한 전압으로 동적 바이어싱을 수행함과 동시에 자체적으로 높은 전원전압을 견딜 수 있다는 특징을 지닌다. Supply-tracking 기술은 자극기의 PMOS 부분을 제어하기 위해 제안한 기술로, 전원전압에서부터 일정한 전압강하를 생성하는 회로이다 (그림 8). 해당 기술은 고전압에서 견디는 아날로그 버퍼와 결합되어 저전력 supply-tracking voltage source를 구현했다. 또한 래치 구조와 결합하여 PMOS 스위치 제어가 가능한 저전력 supply-tracking level shifter 구현에 성공했다. 해당 기술들을 통해 구현된 자극기는 별도 외부 매뉴얼 튜닝 없이도 3.3V에서 11V까지 넓은 전원전압 범위에서 동작이 가능하며, $10\mu\text{W}/\text{Ch}$ 이하의 대기전력을 달성하였고, 고전압 상황에서도 임의파형 구동에 성공했다.

저자정보



박사과정 대학원생

- 소속 : DGIST 전기전자컴퓨터공학과
- 연구분야 : Analog ICs for biomedical application
- 이메일 : wiejung@dgist.ac.kr
- 홈페이지 : <http://ins.dgist.ac.kr>