

HOME

[초대의 말씀](#)

[준비위원소개](#)

[논문안내사항](#)

[종합일정표](#)

[종합안내](#)

[논문보기](#)

[논문검색](#)

[뷰어 프로그램 다운로드](#)

2009 하계 종합학술발표회 논문집

2009년 6월 22일(월) 15:00 ~ 6월 24일(수) 12:00

라마다프라자 제주호텔

한국통신학회

HOME

초대의 말씀

준비위원 소개

논문안내 사항

종합일정표

종합안내

논문보기

논문검색

뷰어 프로그램 다운로드

Session 3B : Microwave Photonics 기술

10:50-12:20

좌 장: 한상국(연세대)

3-5	유무선 시스템을 위한 광전자 프리디스토션 광송신기의 선형성 향상 및 광대역 동작특성 이태경, 문연태, 최영환(중앙대)	
3-6	CMOS Avalanche 광검출기를 이용한 Radio-over-Fiber 시스템 윤진성, 최우영(연세대)	
3-7	DWDM용 100 Gbps급 고속 광전송 구현을 위한 기술 김광준, 장순혁, 정환석(ETRI)	
3-8	High-Speed Optical Transmitter and Receiver Technologies for 40G and 100G Optical Transport Networks 권용환, 최종선, 윤천주, 김종희, 김기수, 최광성, 남은수(ETRI)	
3-9	HP T/EAM 집적소자의 수동형 피코셀 radio-over-fiber 시스템에의 응용 신동수(한양대)	
3-10	Radio over Fiber기반 가입자망에서 방송신호 오버레이 기법 연구 김현승, 홍문기, 원용욱, 한상국(연세대)	

CMOS Avalanche 광검출기를 이용한 Radio-over-Fiber 시스템

윤진성, 최우영
연세대학교
wchoi@yonsei.ac.kr

CMOS Avalanche Photo-detector for Radio-over-Fiber Systems

Yonsei Univ.

요 약

본 논문에서는 0.13 μm CMOS 공정을 이용하여 avalanche 광검출기 (avalanche photo-detector, APD)와 트랜스 임피던스 증폭기 (TIA)를 집적한 광수신기를 설계 및 구현하였다. 구현된 광수신기는 850nm 대역의 광신호를 사용하는 저가형 Radio-over-Fiber (RoF) 시스템의 기지국에 핵심 소자로 활용될 수 있으며 CMOS 공정을 기반으로 구현되었기 때문에 기지국 집적화 및 저가화에 용이하다. 일반적으로 CMOS 광검출기가 낮은 responsivity 특성을 갖는데 비해 본 논문에서는 APD 를 사용하여 광검출기의 responsivity 특성을 개선하였으며, 부성 캐패시턴스를 활용해 넓은 대역폭을 갖는 트랜스 임피던스 증폭기를 구현하여 2.4GHz 대역에서 광수신기의 sensitivity 특성이 향상되었다. 또한, 구현된 광수신기를 기지국에 사용하는 RoF downlink 를 구성하고 IEEE 802.11g 표준의 54Mb/s 신호 전송을 시연하였으며, 이를 통해 RoF 시스템 응용 가능성을 검증하였다.

I. 서론

CMOS 기술은 높은 집적도와 낮은 공정 가격으로 인해 디지털 및 아날로그 회로 그리고 RFIC 구현에 까지 광범위하게 응용되고 있다. 이러한 CMOS 기술의 다른 응용 분야로 최근 각광받고 있는 것이 Si(Silicon) photonics 로서 CMOS 공정 기반의 광검출기를 이미 성숙된 전자회로 기술과 결합 및 집적하여 저가격, 고집적 광수신기를 구현하려는 시도이다. Si CMOS 기반 집적화 광수신기는 vertical-cavity surface-emitting laser(VCSEL), multimode fiber(MMF) 와 결합하여 850nm 대역 저가격 단거리 광통신 시스템 또는 Radio-over-Fiber (RoF) 시스템 등에 광범위하게 응용이 가능하다 [1-2]. 특히 RoF 시스템은 많은 수의 기지국을 필요로 하기 때문에 CMOS 기반 집적 광수신기를 이용한 저가 기지국 구현 기술이 무엇보다 중요하다.

일반적으로 CMOS 기반 광검출기는 GaAs 등 화합물 반도체 기반 광검출기에 비해 responsivity 가 낮고 동작 속도가 느린 단점이 있다. 이에 비해 APD 는 광검출시 avalanche multiplication 을 통해 신호를 증폭하는 효과가 있어 높은 reponsivity 를 얻을 수 있다. 이러한 장점을 이용해 CMOS APD 를 기지국의 광검출기로 사용하는 RoF 시스템 및 2.4GHz 대역 cellular 및 WLAN 신호 전송 결과를 보고한 바 있다 [3].

본 논문에서는 0.13 μm standard CMOS 공정을 이용하여 avalanche 광검출기 (APD) 와 트랜스 임피던스 증폭기 (TIA)를 포함하는 집적 광수신기를 구현하였다. TIA 는 부성 캐패시턴스를 활용해 높은 이득 및 대역폭을 갖도록 구현되었으며 특히 대역폭 향상으로 통해 2.4GHz 대역에서 광검출기의 sensitivity 를 개선하였다. 또한 구현된 광검출기를 이용해 RoF downlink 를 구성하고 IEEE 802.11g 표준에 따른 54Mb/s 64 QAM OFDM 신호를 전송하여 그 성능을 검증하였다. 본 논문 내용의 일부는 2009 APMP 에 발표된 바 있다 [4]

II. 본론

CMOS APD 는 p^+ doping 된 소스/드레인과 n-well 영역 사이의 p-n junction 으로 구현되었으며 동작 속도 향상을 위해 0.5 μm 간격의 multi-finger electrode 를 사용하였다. 자세한 구조는 [5] 나타나 있다. 구현된 APD 는 역바이어스 전압이 10.1V 이상일 때 avalanche breakdown 이 일어나며 이때 광신호를 입력하면 검출된 광신호는 avalanche multiplication 에 의해 증폭된다. 측정 결과 역바이어스가 10.24V 일 때 avalanche gain 은 234 로 가장 높으며 이 때 CMOS APD 의 optical responsivity 는 0.324A/W 로 나타났다.

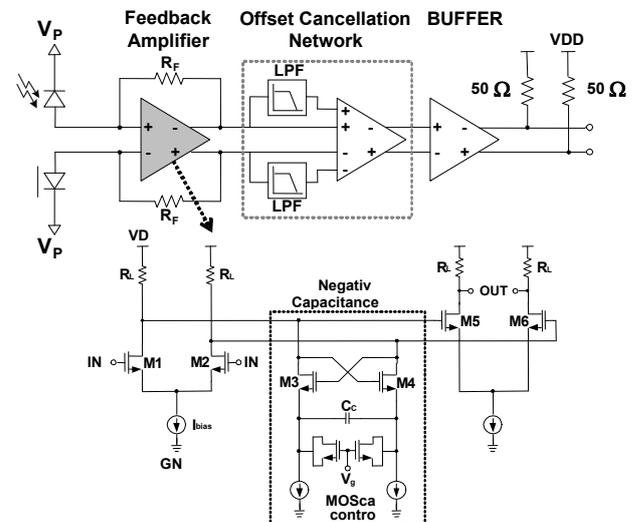


그림 1 CMOS 집적화 광수신기의 구조 및 feedback 증폭기의 schematic

그림 1은 구현된 광수신기의 간략한 구조도이다. 집적화 광수신기에서 TIA는 APD의 출력 전류를 전압 신호로 변환 및 증폭하는 역할을 한다. TIA의 성능은 feedback 증폭기의 R_F 에 의해 크게 좌우되며, R_F 가 크면 잡음특성이 개선되는 대신 대역폭이 제한된다. 낮은 sensitivity와 넓은 대역폭의 특성을 함께 갖도록 하기 위해 구현된 TIA는 2K Ω 의 높은 R_F 를 갖도록 설계하고, 이에 따른 대역폭 제한을 보상하기 위해 부성 캐패시턴스를 추가하였다. 부성 캐패시턴스는 MOS 캐패시턴스의 게이트 전압을 통해 조절이 가능하며 0.6V에서 1.2V로 전압을 높이면 점차 대역폭이 향상된다

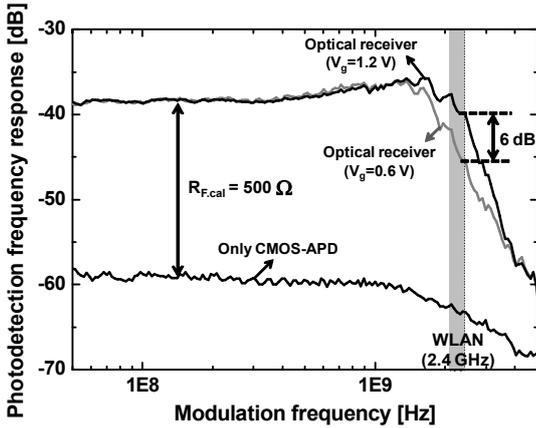


그림 2 CMOS APD 및 집적된 광수신기의 주파수 응답.

구현된 광수신기의 주파수 응답은 그림 2와 같다. TIA의 트랜스 임피던스 이득은 500 Ω 으로 측정되었으며 이것은 buffer와 single-ended 측정 방식으로 인해 2K Ω 인 R_F 의 1/4 값을 갖는다. CMOS APD의 3-dB 대역폭은 약 1.85GHz이며 TIA의 부성 캐패시턴스에 의해 전체 광수신기의 대역폭은 MOS 캐패시턴스의 게이트 전압이 0.6V일 때 2.01GHz, 1.2V일 때 2.51GHz로 늘어난다. 이러한 대역폭 개선은 목표로 하는 2.4GHz 대역에서 광수신기의 sensitivity 개선으로 이어지며 결과적으로 sensitivity는 6dB 이상 향상되었다.

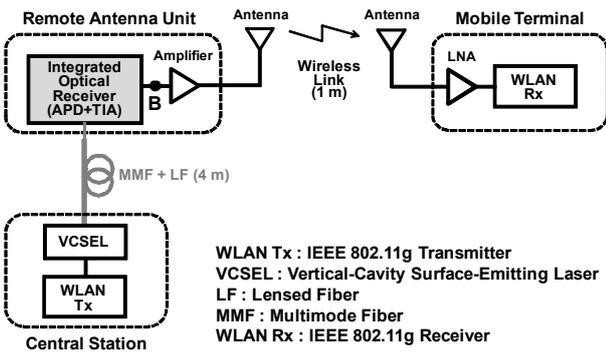


그림 3 RoF 하향전송을 위한 실험도

집적화된 광수신기를 이용하여 그림 3과 같이 RoF 하향전송 링크를 구성하였으며 이를 통해 IEEE 802.11g의 WLAN 신호를 전송하였다. 중앙국에서는 52개의 부반송파를 사용하는 54Mb/s 64QAM OFDM 신호가 VCSEL을 직접 변조하여 광신호를 생성하고 4m 길이의 850nm MMF를 통해 전송되어 기지국에 입력된다. 광수신기의 출력 신호는 24dB의 이득을 갖는 증폭기를 통과한 후 4dBi의 이득을 갖는 무방향성 안테나를 통해 무선전송되었다.

이동국에 수신된 신호는 24dB 이득의 LNA로 증폭된 후 vector signal analyzer를 이용하여 복조하였다.

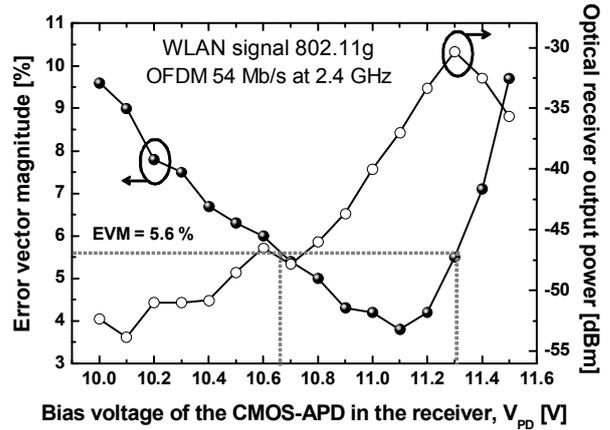


그림 4 CMOS APD의 바이어스 조건에 따른 광수신기의 출력 신호 크기 및 복조된 WLAN 신호의 EVM

복조된 신호의 Error Vector Magnitude (EVM)은 광신호 입력 파워가 1dBm일 때 3.89%로 802.11g 표준에서 요구하는 5.6%의 RMS error를 충분히 만족시킨다. 또한 구현된 광수신기의 성능 최적화를 위해 APD의 바이어스 전압이 전송 성능에 미치는 영향을 측정하였으며 그 결과는 그림 4와 같다. 802.11g 표준에서 요구하는 5.6%의 EVM은 10.6~11.3V의 바이어스 전압에서 만족하는 것으로 나타났다. 측정결과 EVM이 최적값을 보이는 바이어스 전압과 APD 출력 신호가 최대가 되는 전압은 약간 차이를 보인다. 이것은 APD 출력 신호가 큰 바이어스 전압에서 dark current에 의한 잡음성분 또한 증폭되기 때문이며, 이로 인해 signal-to-noise(SNR)이 제한되기 때문으로 분석된다.

본 논문에서는 standard CMOS 공정을 이용하여 APD와 TIA를 집적한 광수신기를 제작하였다. 또한 이를 이용하여 1m 거리의 무선 링크를 포함하는 RoF downlink를 구성하고 이를 통해 IEEE 802.11g 표준에 따른 54Mb/s 64 QAM OFDM 신호를 전송함으로써, 저비용 RoF 링크의 실현 가능성을 보였다.

[1] T. Niho, M. Nakaso, K. Masuda, H. Sasai, K. Utsumi, and M. Fuse, "Multi-channel wireless LAN distributed antenna system based on radio-over-fiber techniques," The 17th annual meeting lasers and Electro-optics society., pp. 57–58, November 2004.
 [2] K. A. Persson, C. Carlsson, A. Alping, A. Haglund, J. S. Gustavsson, P. Modh, and A. Larsson, "WCDMA radio-over-fibre transmission experiment using singlemode VCSEL and multimode fibre," Electron Lett., vol. 42, pp. 372–374, March 2006.
 [3] H.-S. Kang, M.-J. Lee, and W.-Y. Choi, "Multi-standard radio-over-fiber systems using CMOS-compatible Si avalanche photodetectors," IEEE Topical Meeting on Microwave Photonics, pp. 302–305, September 2008.
 [4] J.-S. Yoon, H.-S. Kang, M.-J. Lee, K.-Y. Park, and W.-Y. Choi, "CMOS Integrated Optical Receivers for Radio-over-Fiber Transmission of IEEE 802.11g WLAN Signals," Asia-Pacific Microwave Photonics Conference, 22–24 April 2009
 [5] H.-S. Kang, M.-J. Lee, and W.-Y. Choi, "Si avalanche photodetectors fabricated in standard complementary metal-oxide-semiconductor process," Applied Physics Letters, vol. 90, pp. 151118-1–151118-3, April 2007.