

# 포토다이오드의 정전용량에 따른 버스트모드 광 수신소자의 수신감도 연구

이정문<sup>†</sup>

(주)엑스엘, 광전자연구소  
☎ 305-343 대전시 유성구 장동 59-8

김창봉

공주대학교 전파공학과  
☎ 330-717 충남 천안시 공업대길 34

(2008년 6월 26일 받음, 2008년 9월 7일 수정본 받음, 2008년 9월 8일 게재 확정)

본 논문은 E-PON용 버스트모드 광 수신소자를 개발하여 FTTH의 상용화에 기여하고자 연구되었다. 수신소자는 1.25 Gb/s 데이터 전송속도에서 E-PON의 10, 20 Km OLT Rx규격에 만족할 수 있도록 수신감도를 향상 시키기 위해 정전용량을 최소화하여 제작하였다. 수신감도는 비트 오류율이  $10^{-12}$ 이고 PRBS가  $2^5-1$ 일 때 -26 dBm, loud/soft ratio는 23 dB으로 측정되었다. Preamble time과 guard time은 각각 102.4 ns(128 bit)로 설정하였다. 일반적으로 광 수신소자에 주로 사용되는 정전용량이 0.53 pF인 포토다이오드와 정전용량이 최소화된 0.26 pF인 포토다이오드를 비교한 결과 정전용량이 0.26 pF인 포토다이오드로 제작된 버스트모드 광 수신소자가 수신감도는 0.7 dBm, 대역폭은 190 MHz 더 향상되었다.

주제어: Ethernet passive optical network(E-PON), Burst mode, TIA(Transimpedance Amplifier), Photodiode(PD), Capacitance, Sensitivity

## I 서 론

다양한 서비스의 보급으로 유무선 통신망에서의 정보량은 큰 폭으로 증가 하였으며, 향후에도 더욱 빠른 초고속 인터넷의 보급과 멀티미디어 서비스가 가능한 3세대 이동통신의 보급은 유무선 통신망의 트래픽을 더욱 증가 시킬 것으로 예상된다. 특히 가입자망에서 수백 Mb/s 이상의 가입자 사용 대역을 제공할 수 있는 것은 광통신 기술만이 가능하다.<sup>[1]</sup> 이 제는 광케이블을 가입자의 집까지 설치함으로써, 방송과 통신을 아우르는 대용량 멀티미디어 서비스를 자유롭게 향유할 수 있는 FTTH(Fiber To The Home)에 대한 관심이 최근 일반인에게까지 부쩍 높아졌다.

FTTH는 초기의 100 Mb/s급의 A-PON, B-PON 보급을 거쳐 Gb/s급의 E-PON(passive optical network) 및 G-PON이 표준화 되었으며, 그 가격도 xDSL의 가격과 경쟁할 수 있는 수준으로 하락하여 본격적으로 보급되고 있다.<sup>[2]</sup> 이중 2004년 6월에 표준화가 완성된 E-PON기술은 최근 4년간 PON시장에서 성공적으로 정착된 기술이며 가입자망의 대역폭 향상으로 인해 디지털 서비스를 가입자에게 제공할 수 있게 되었다.<sup>[3]</sup> 이러한 기가급 PON 시스템의 보급에 필수적인 수신소자가 버스트모드(burst mode) 광 수신소자이며 기가급 PON 시스템 구성에서 OLT(optical line terminal)에 필수적으로 사용된다. 이전까지 사용되었던 일반적인 연속모드(continuous mode) 광 수신소자는 PON과 같은 점 대 다점 구조에서 OLT

와 각 ONU(optical network unit)간의 거리가 서로 다르고 이에 따라 발생하는 광 손실 차이 등으로 인해, 각각의 ONU에서 OLT로 전송되어진 데이터간의 크기와 위상이 서로 달라 신호가 심하게 왜곡되거나 올바른 데이터의 복구가 어려워져서 데이터가 유실될 수 있다.<sup>[4,5]</sup> 그런데, 버스트모드 광 수신소자의 경우에는 패킷의 길이와 광 세기의 다양한 변화에 관계없이 낮은 수신감도, 짧은 정착시간, 충분한 동작영역을 갖는 수신소자를 구현하는 것이 용이하지 않다.<sup>[2]</sup> 그래서 PON 방식의 OLT에서 사용되는 광 수신기는 수신감도가 낮으며, 또한 버스트모드로 동작하고, 동시에 가격이 저렴한 버스트모드 광 수신소자의 개발이 기가급 PON 시스템의 보급에 필수적으로 요구된다. 이에 본 논문에서는 광 수신기의 수신감도를 향상시키기 위해 정전용량이 다른 포토다이오드를 사용하여 광 수신소자를 제작하고 대역폭과 정전용량에 따른 수신감도의 변화를 측정하였다.

## II 버스트모드 광 수신소자 제작

### 2.1. 버스트모드 광 수신소자

PON의 일반적인 구조는 그림 1과 같다. 이 중 버스트모드 광 수신소자는 OLT의 버스트모드 수신기의 핵심 부품이다. 버스트모드 광 수신소자는 그림 2와 같이 포토다이오드와 버스트모드 TIA(transimpedance amplifier)로 구성된다. 버스트모드 광 수신소자는 여러 ONU에서 다양한 크기와 위상으로 보낸 광 신호를 전기적인 신호로 바꾸어 주는 역할을 한다. 그래서 OLT의 광 수신소자는 서로 다른 크기의 신호에

<sup>†</sup>E-mail: jmlee@xl-photonics.com

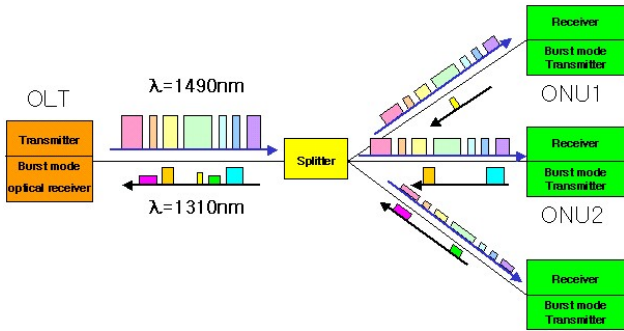


그림 1. PON의 구조.

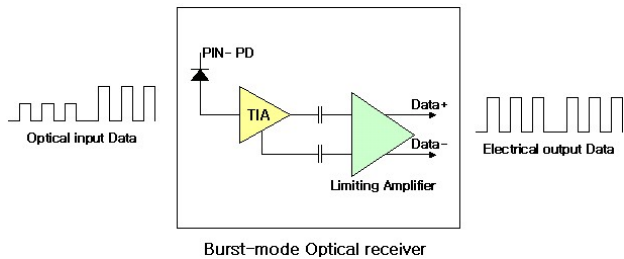


그림 2. 버스트모드 광 수신소자의 구조.

대한 기준전압을 빠른 시간(수 ns) 내에 자동으로 설정해 주어야 하며 수신감도가 좋고 넓은 광 입력 동작영역(optical input dynamic range)에서 동작해야 한다.<sup>[5]</sup> 그렇게 하기 위해서 포토다이오드는 응답도가 좋고 정전용량이 작아야 하며 버스트모드 TIA는 자동 이득제어(auto gain control)구조로 구성되어야 한다. 버스트모드 신호의 경우 한 패킷에서 다른 패킷으로 전환될 때 짧은 시간에 신호 레벨이 변화하여 이득 제어도 짧은 시간 안에 이루어져야 한다. 자동 이득제어에 필요한 시간인 정착시간(settling time)은 데이터를 복구하기가 어려워져서 데이터를 유실할 수 있다. 그래서 자동 이득 제어의 정착시간을 줄이는 것은 채널 대역폭의 효율을 증가시키는 것이고 버스트모드 광 수신소자의 주요 성능 평가 요소이다.<sup>[4]</sup> 이와 같이 버스트모드 광 수신소자는 수신감도, 광 입력 동작영역, 정착시간 등의 성능을 향상 시켜야 FTTH의 상용화에 기여할 수 있다.

2.2. 버스트모드 광 수신소자의 패키징

버스트모드 광 수신소자의 대역폭을 보장하기 위하여 0.6 pF 이하의 작은 정전용량과 6 G 이상의 대역폭을 가진 PIN-PD를 사용하여 5핀 TO-46 패키지 형태로 제작하였다. TO 패키지는 2개의 데이터 출력, 포토다이오드의 전원, TIA의 전원, 그리고 패키지 전체의 그라운드 단자로 이루어 진다. 패키지의 공정순서는 버스트모드 광 수신소자의 인덕턴스 성분을 작게 하기 위하여 소자의 부품을 적절히 배치하여 다이 본딩을 한 후 와이어의 길이를 최대한 짧게 하여 와이어 본딩을 한다. 패키지 내부에 커패시터를 사용하여 포토다이오드와 TIA 전원 잡음을 제거 한다. 그 후 신뢰성 향상을 위

하여 질소가 충전된 렌즈캡을 씌운 후 레이저 웰딩 시스템을 이용하여 X-Y-Z축 정렬하면서 응답도(responsivity)가 0.9이상 이 되도록 정밀하게 패키징 한다.

III. 버스트모드 광 수신소자의 특성

3.1. 포토다이오드 측정

광 수신기의 수신감도를 좋게 하기 위해서는 광 수신소자의 정전용량이 작아야 하고 광 수신소자의 정전용량은 크게 두 가지가 기여한다. 하나는 포토다이오드의 정전용량과 다른 하나는 전치 증폭기의 정전용량 이다. 그리고 또 고려해야 할 것은 광 수신기의 수신감도를 저해하는 잡음 성분이다. 광 수신기의 잡음은 포토다이오드의 누설전류 및 전치 증폭기의 누설전류에 의한 산탄잡음(shotnoise), 바이어스 저항에 의한 열잡음, 유도잡음과 상관잡음 등이 있다. 주어진 전송 속도에서 수신감도를 좋게 하기 위해서는 포토다이오드의 정전용량과 누설전류가 작아야 한다. 그런데 누설전류가 수신감도에 미치는 영향이 작아 무시할 수 있고 정전용량은 수신감도에 크게 기여한다. 그러나 소자의 수명 및 신뢰도가 누설전류에 크게 의존하기 때문에 누설전류는 작을수록 좋다.<sup>[9]</sup> 버스트모드 광 수신기가 최적의 성능을 내기 위한 포토다이오드의 측정항목은 암전류, 정전용량, 응답도(responsivity), 응답속도 등이 있다.

암전류(dark current)는 광 신호 없이도 포토다이오드에 흐르는 전류를 말하는 것으로 누설전류(leakage current)라고도 부른다. 누설전류는 광 검출 시 산탄잡음(shot noise)의 원인이 되고 누설전류가 크면 소자의 수명이 짧아지므로 낮을수록 좋다. 실제 암전류 측정은 Cats장비(Keithley 4200)를 사용하여 I-V를 측정하여 실제사용 전압에서의 암전류값과 항복 전압(breakdown voltage)을 측정하였다. 측정된 포토다이오드의 암전류는 -3 V일 때 상온에서 25 pA였고 항복전압은 -32 V 이상에서 10 nA 이상의 암전류가 발생하였다.

정전용량은 확산에 의해 생긴 P형 도핑영역의 넓이와 공핍층의 두께, 와이어 본딩을 위한 본딩 패드의 면적에 의해서 결정된다. 실제 정전용량의 크기는 C-V 미터를 사용하여 포토다이오드에 1 MHz의 역전압을 걸어주어 전압에 따른 정전용량을 측정한다. C-V 미터는 Keithley 590을 사용하였고 포토다이오드의 정전용량은 -3 V에서 0.45 pA로 측정되었다.

응답도는 입사 시킨 광 전력에 대해 외부 회로에서 측정된 전류로 정의되며 식 1과 같다.

$$R(\text{amp/Watt}) = \text{출력 전류} / \text{입력 광 전력} \quad (\text{식 1})$$

실제 응답도를 측정하기 위해서는 포토다이오드에 -3.3 V의 역전압을 가한 후 레이저 광원(laser source)에서 출력된 광 전력을 광 감쇄기를 통하여 -10 dBm의 광 전력으로 조정 한 후 포토다이오드에서 출력되는 전류를 측정하여 식 1에 대입하여 환산한다. 포토다이오드의 응답도는 X-Y-Z 3축 정

떨어져 측정하였기 때문에 0.92(A/W)이상의 높은 수광 효율을 갖는다.

포토다이오드의 응답속도는 PIN 접합의 정전용량, 전극 패드에 의한 기생 정전용량과 생성된 캐리어가 공핍층(depletion layer)을 지나는데 걸리는 시간(transit teime)이 응답속도를 결정한다. 실제 포토다이오드의 응답속도 측정은 대역폭을 측정함으로써 얻을 수 있다. 대역폭 측정은 Network analyzer인 Agilent 8703B를 사용하여 50 MHz의 출력전력보다 3 dB 감소하는 지점을 대역폭으로 정하고 측정한 결과 PIN-PD의 대역폭은 그림 3과 같이 6.8 GHz로 측정 되었다.

**3.2. E-PON용 PIN-TIA 버스트모드 광 수신소자 측정**

E-PON용PIN-TIA 버스트모드 광 수신소자의 측정은 그림 4와 같은 구성으로 버스트모드 측정 장비인 Agilent ParBERT 81250을 사용하여 측정하였다. ONU 송신기의 on/off 시간은 13 ns이고 광 감쇄기로 인해 -3 dBm이 최고 출력이었다. 1.25 Gb/s의 PRBS 2<sup>5</sup>-1 데이터를 ONU1과 ONU2에서 광 변조한 후, 광 감쇄기로 광의 세기를 조정하여 커플러를 통해 두 신호를 섞어 광 수신소자에 입력하였다. E-PON의 선로 전송 규격은 연속적으로 발생하는 DC신호의 발생을 억제하기 위

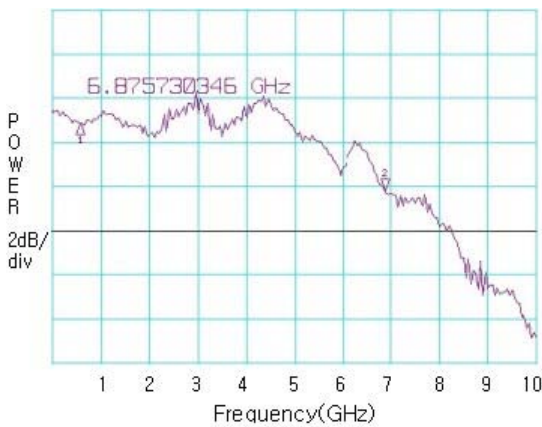


그림 3. PIN-PD의 대역폭.

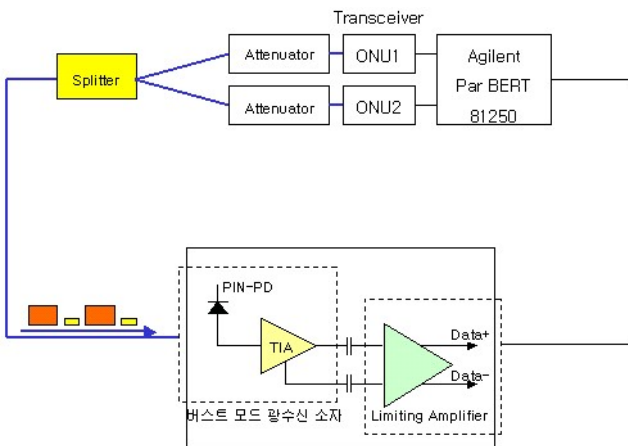


그림 4. 버스트모드 광 수신기의 측정도.

하여 ANSI FC 8B/10 규정하였으며 8B/10B코딩을 패턴 발생기에서 PRBS 2<sup>5</sup>-1 모사하여 측정하였다. IEEE 802.3 ah 표준 1.25 Gb/s OLT 수신기의 10 Km 전송 규격은 수신감도 -24 dBm, overload -1 dBm, BER 10<sup>-12</sup>, 최대 guard time 512 ns와 최대 preamble time 400 ns로 정했다.<sup>[6]</sup>

먼저 버스트모드 특성을 테스트 하기 전 두 ONU중 하나의 ONU만 사용하여 연속모드에서 BER을 테스트 하였다. 그 결과 수신감도는 -28 dBm, overload는 +1.5 dBm 그리고 동작 영역은 29.5 dB였다. ONU의 광 출력 한계로 overload는 +1.5 dB이상의 측정은 불가능했다. 버스트모드 측정의 guard time과 preamble time은 각각 102.4 ns(128 bit)로 하여 작은 신호(soft power signal)는 ONU1에 큰 신호(loud power signal)는 ONU2에 각각 인가하여 수신감도와 loud/soft ratio를 측정하였다. ONU2에 -3 dBm의 큰 신호를 인가하고 ONU1에 -24 dBm이하의 작은 신호를 점차 낮게 인가하여 수신감도를 측정하였다. 그림 5와 같이 수신감도는 BER 10<sup>-12</sup>일 때 ONU2의 큰 신호가 -3 dBm이면 -26 dBm이고 loud/soft ratio는 23 dB였다. ONU1과 ONU2 패킷의 중간과 끝은 깨끗한 아이(eye)가 생성되는 반면 시작 부분의 eye는 그림 6과 같이 부분적으로 찌그러지는 것을 볼 수 있다. 이 문제는 ONU1과 ONU2 패킷의 광 입력 파워가 급격히 변하면서 버스트모드 TIA의 자동 이득제어에서 이득이 바뀌면서 정착시간을 거친

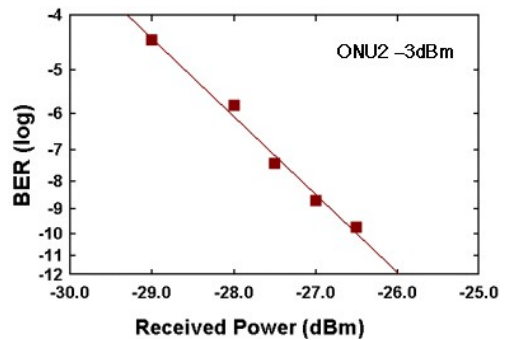


그림 5. PIN-PD 버스트모드 광 수신소자의 수신감도.

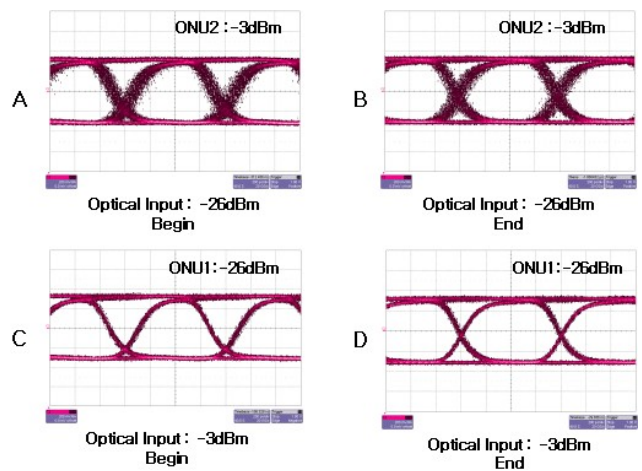


그림 6. ONU가 바뀌면서 신호가 복원되는 과정.

후 신호의 복원이 안정화 되는 과정이다. 이것은 preamble time이나 guard band를 늘려줌으로써 해결 할 수 있으나 BER에 문제가 되지 않아 guard time, preamble time은 각각 102.4 ns(128 bit)로 변화 없이 설정하였다.

위와 같은 측정 조건으로 데이터 전송속도를 2.5 Gb/s로 상향하고 버스트모드 측정 전에 ONU1하나만 사용하여 연속모드에서 수신감도를 측정한 결과 -26 dBm였다. 버스트모드 측정은 guard time과 preamble time은 각각 102.4 ns(256 bit)로 그대로 유지하여 측정한 결과 ONU2의 큰 신호가 -3 dBm이고 ONU1의 작은 신호가 -22 dBm일 때 BER  $10^{-12}$ 을 만족하였으며 수신감도는 -22 dBm, loud/soft ratio는 19 dB였다.

**3.3. E-PON용 APD-TIA 버스트모드 광 수신소자 측정**

E-PON용APD-TIA 버스트모드 광 수신소자의 측정은 PIN-TIA 버스트모드 광 수신소자와 마찬가지로 그림 4와 같은 구성으로 PIN-TIA 대신 APD-TIA를 사용하여 측정 하였다. IEEE 802.3 ah 표준 1.25 Gb/s OLT 수신기의 20 Km 전송규격은 수신감도 -27 dBm, overload -6 dBm, BER  $10^{-12}$ , 최대 guard time 512 ns와 최대 preamble time 400 ns로 정했다.<sup>[6]</sup>

먼저 버스트모드 특성을 테스트 하기 전 두 ONU중 하나의 ONU만 사용하여 연속모드에서 BER을 테스트 하였다. 그 결과 수신감도는 -35.5 dBm, overload는 +1.5 dBm 그리

고 동작영역은 37 dB였다. ONU의 광 출력 한계로 overload는 +1.5 dB 이상의 측정은 불가능했다. 버스트모드 측정의 guard time과 preamble time은 각각 102.4 ns(128 bit)로 하여 작은 신호(soft power signal)는 ONU1에 큰 신호(loud power signal)는 ONU2에 각각 인가하여 수신감도와 loud/soft ratio를 측정하였다. ONU2에 -6 dBm의 큰 신호를 인가하고 ONU1에 -27 dBm 이하의 작은 신호를 점차 낮게 인가하여 수신감도를 측정하였다. 이와 다른 방법으로 ONU2에 -4 dBm의 큰 신호를 인가하고 ONU1에 -25 dBm 이하의 작은 신호를 점차 낮게 인가하여 수신감도를 측정하였다. 수신감도는 BER  $10^{-12}$ 일 때 ONU2의 큰 신호가 -6 dBm이면 -34 dBm이고 loud/soft ratio는 28 dB였다. ONU2의 큰 신호가 -4 dBm일 때 수신감도는 -32 dBm이고 loud/soft ratio는 28 dB이었다. 그림 7의 BER curve에서 보이듯이 ONU1의 광 파워에 따른 광 수신소자의 수신감도는 연속모드 일 때와 버스트모드 일 때 차이를 나타낸다. 이것은 연속모드 보다 버스트모드로 동작할 때 수신감도가 낮아지는 것을 볼 수 있다.<sup>[7]</sup> ONU2에 -4 dBm을 인가하는 것보다 -6 dBm을 인가하는 것이 수신감도가 향상된다. 그리고 그림 8과 같이 작은 신호의 데이터 패킷에서 큰 신호의 데이터 패킷으로 변할 때 작은 신호의 복원은 큰 신호의 데이터 패킷에서 작은 신호의 데이터 패킷으로 바뀔 때 보다 신호의 복원이 ac-커플링 효과에 의해 더 천천히 복구된다.<sup>[8]</sup>

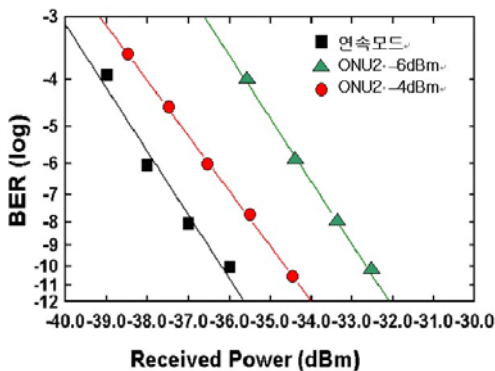


그림 7. 버스트모드와 연속모드의 BER 비교.

**3.4. 포토다이오드의 정전용량에 따른 수신감도와의 상관관계**

버스트모드 광 수신소자의 수신감도를 향상 시키기 위하여 그림 9와 같이 정전용량이 서로 다른 PIN-PD를 사용하여 버스트모드 광 수신소자를 제작하였다. 정전용량을 다르게 하기 위해서 PN정선의 넓이와 광흡수층의 두께가 다른 포토다이오드를 사용하였다.

수신감도는 응답도와 밀접한 관계가 있기 때문에 제작된 광 수신소자의 응답도를 0.88(A/W)로 동일하게 레이저 웰딩 하였다. 응답도를 일정한 값으로 고정 시켰기 때문에 수신감도에 영향을 주는 포토다이오드의 특성은 정전용량과 누설

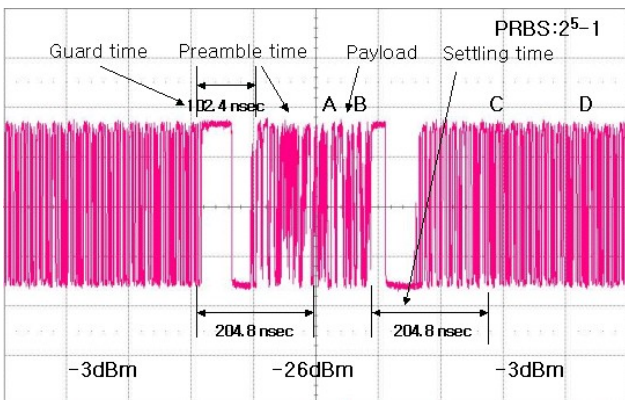


그림 8. 버스트모드 광 수신기의 복원된 데이터 패킷.

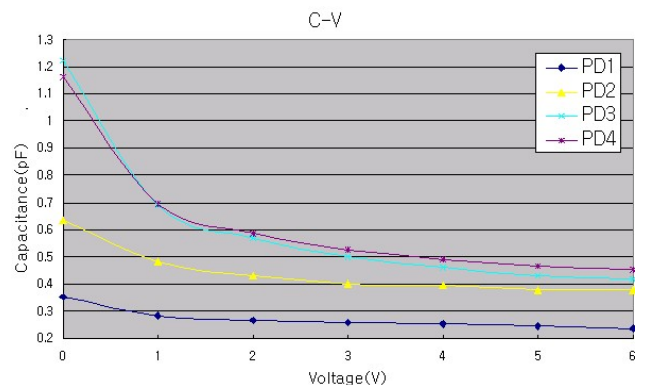


그림 9. PIN-PD의 정전용량.

전류이다. 그러나 그림 10을 보면 알 수 있듯이 사용된 모든 포토다이오드의 누설전류값은 사용 전압에서 200 pA를 넘지 않는다. 수광소자의 누설전류가 1  $\mu$ A 이하면 수신감도에 미치는 누설전류의 영향은 무시할 수 있다.<sup>[9]</sup> 그렇기 때문에 수신감도에 가장 큰 영향을 미치는 것은 포토다이오드의 정전용량이다.

수신감도를 향상시키는 가장 쉬운 방법은 TIA의 저항을 증가시켜 신호의 크기를 크게 하면 되지만 RC 시정수에 의해 대역폭이 줄어든다. 그래서 대역폭을 줄이지 않으면서 광 수신소자의 수신감도를 향상시키는 방법은 포토다이오드의 정전용량을 줄이는 것이다. 포토다이오드는 역전압을 크게 할수록 공핍층이 넓어져 정선의 경계면이 멀어지고 정전용량이 그림 9와 같이 줄어든다. 그 결과 그림 11와 같이 PIN-PD에 가해지는 역전압이 커질수록 대역폭이 커져 응답속도가 빨라진다. 그림 12는 PD4를 사용해 제작한 버스트모드 광 수신소자의 BER을 측정된 것이다. 측정 조건은 1.25 Gb/s의 데이터 전송속도, PRBS 2<sup>7</sup>-1, PIN-PD의 역전압을 -1 V에서 점차 크게 증가시켜 -5 V까지 인가하고 BER 10<sup>-12</sup>로 하여 측정하였다. 역전압이 커질수록 수신감도가 향상되는 것을 확인할 수 있으며 광 수신소자의 대역폭은 PD에 가해진 역전압이 2 V일 때 보다 5 V일 때 120 MHz 증가하고 수

신감도는 0.5 dBm 향상되었다.

그림 13은 정전용량이 다른 PIN-PD로 제작된 광 수신소자의 BER을 측정된 것이다. 측정 조건은 1.25 Gb/s의 데이터 전송속도, PRBS 2<sup>7</sup>-1, PIN-PD에 -3 V의 역전압을 인가한 후 BER 10<sup>-12</sup>로 하여 측정하였다. -3 V에서 정전용량이 작은 PIN-PD를 사용한 버스트모드 광 수신소자일수록 수신감도가 향상되는 것을 확인할 수 있다. -3 V에서 정전용량이 0.53 pF인 PD4 보다 0.26 pF인 PD1을 사용한 버스트모드 광 수신소자의 수신감도가 0.7 dBm 향상되었고 그림 12와 같이 PD4보다 PD1의 수신소자의 대역폭이 190 MHz 증가하였다.

#### IV. 결 론

이 연구에서 1.25 Gb/s 버스트모드 광 수신소자를 개발하는데 있어 PIN-PD, APD의 포토다이오드와 버스트모드 TIA를 사용하여 광 수신소자를 제작하고 1.25 Gb/s OLT 수신기의 10, 20 Km 전송 규격인 IEEE 802.3 ah 표준에 만족하는지 특성을 측정하였다. 제작된 버스트모드 광 수신소자의 수신감도는 BER 10<sup>-12</sup>일 때 연속모드로 측정 시 PIN-PD를 사용한 광 수신소자의 수신감도는 -28 dBm, overload는 +1.5 dBm, 그리고 동작영역은 29.5 dB이다. 버스트모드로 동작 시 수신감도는 ONU2의 큰 신호가 -3 dBm이면 -26 dBm이고 loud/soft ratio는 23 dB이다.

APD를 사용하여 제작된 버스트모드 광 수신소자의 연속

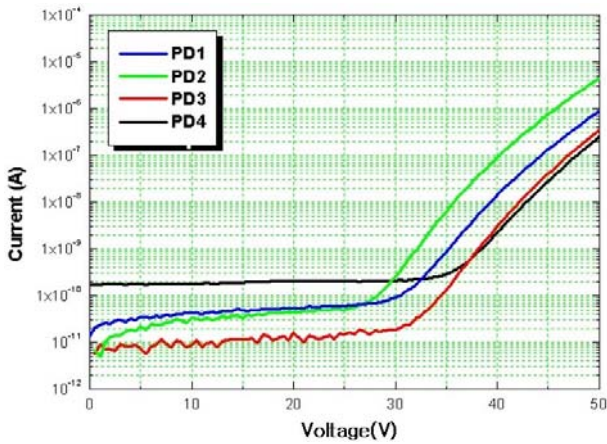


그림 10. PIN-PD의 암전류.

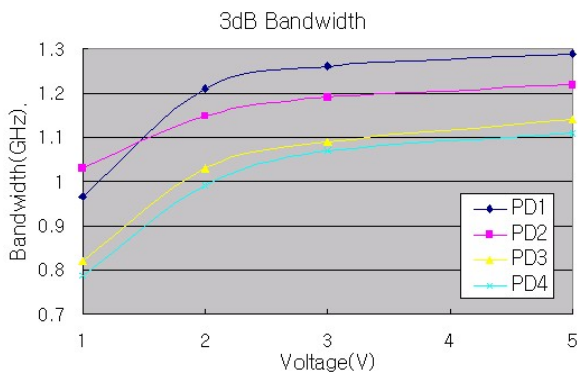


그림 11. 역전압에 따른 대역폭.

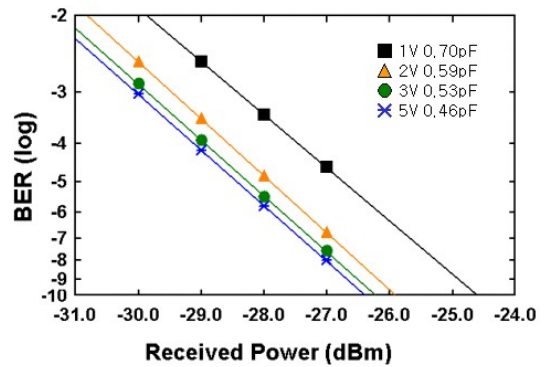


그림 12. PIN-PD의 역전압에 따른 수신감도.

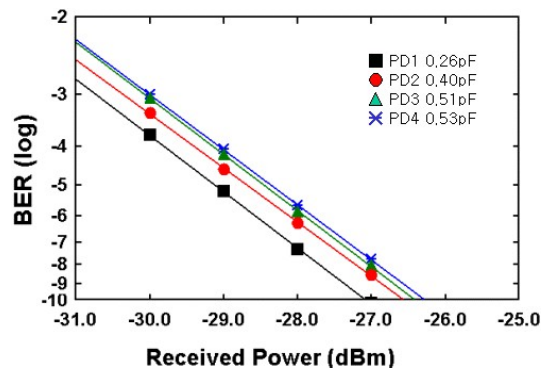


그림 13. 정전용량이 다른 PIN-PD의 수신감도.

표 1. 버스트모드 광 수신소자의 특성

Guard time 102.4 ns, preamble time 102.4 ns			
포토다이오드	ONU2 power (dBm)	Sensitivity (dBm)	loud/soft ratio (dB)
PIN-PD	-3	-26	23
APD	-6	-34	28

모드에서 수신감도는 -35.5 dBm, overload는 +1.5 dBm 그리고 동작 영역은 37 dB였다. 그리고 버스트모드에서의 수신감도는 ONU2의 큰 신호가 -6 dBm이면 -34 dBm이고 loud/soft ratio는 -28 dB이다. 이때의 guard time과 preamble time은 각각 102.4 ns(128 bit)로 설정하였고 버스트모드 광 수신소자의 특성은 표 1에 요약하였다.

정전용량이 0.26 pF인 PIN-PD를 사용한 광 수신소자는 수신감도가 -27 dBm이고 대역폭은 1.26 GHz였다. 정전용량이 0.53 pF인 PIN-PD를 사용한 광 수신소자는 수신감도가 -26.3 dBm이고 대역폭은 1.11 GHz로 측정되었다. 정전용량을 0.27 pF 작은 버스트모드 광 수신소자가 수신감도는 0.7 dBm, 대역폭은 190 MHz 향상되었다. 버스트모드 광 수신소자의 수신감도를 향상 시키기 위하여 정전용량이 다른 PIN-PD를 사용하여 제작한 광 수신소자는 정전용량이 작을수록 수신감도가 향상되었으며 대역폭도 증가하였다.

#### 감사의 말

본 연구는 산업자원부의 산업기술 개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

- [1] 박정우, 백용순, "PON 기반 가입자망을 위한 광소자의 표준화 현황 및 기술", *전자통신동향분석*, 제20권, 제6호, pp. 77-86, 2005.
- [2] 유태환, "TDMA-PON 광가입자망 기술", *한국통신학회지*, 제22권, 제6호, pp. 22-43, 2005.
- [3] Glen Kramer, "Passive optical networking update," *IEEE Communication Magazine*, vol. 45, no. 3, pp. S6-S8, 2007.
- [4] 기현철, "버스트모드 광 신호 수신을 위한 자동 이득 제어 회로", *전자공학회논문지*, 제40권 SD편, 제12호, pp. 31-38, 2003.
- [5] 박태성, 김아정, "버스트모드 동작의 광 트랜시버 기술", *전자공학회지*, 제30권, 제3호, pp. 73-80, 2003.
- [6] IEEE Standard for Information and Technology, IEEE Standard 802.3ah, Sep. 2004.
- [7] J. M. Baek and J. W. Kwon, "Low-Cost and High-Performance APD Burst-Mode Receiver Employing Commercial TIA for 1.25-Gb/s E-PON," *IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS*, vol. 17, no. 10, pp. 2170-2172, 2005.
- [8] J. W. Kwon, J. H. Lee, J. M. Beak, J. C. Cho, J. W. Seo, S. S. Park, J. K. Lee, Y. K. Oh, and D. H. Jang, "AC-Coupled Burst-Mode OLT SFP Transceiver for Gigabit Ethernet PON System," *IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS*, vol. 17, no. 7, 2005.
- [9] 박찬용, 남은수, 박경현, 김상배, 박문수, 이영탁, 홍창희, "LPE에 의한 GainAS/InP PIN Photodiode의 제작 및 특성", *전자공학회논문지*, 2005, 제27권, 제5호, 1990.

### Study on Sensitivity of Burst-Mode Optical Receiver Depending on Photodiode Capacitance

Jung Moon Lee<sup>†</sup>

Photoelectronic laboratory, XL-Photonics, Inc 59-8 Jang-Dong, Yuseong-Gu, Daejeon 305-343, Korea

<sup>†</sup>E-mail: jmlee@xl-photonics.com

Chang Bong Kim

Department of Radio-wave Engineering, Kongju National University 34 Kongupdae street, Cheonan 330-717, Korea

(Received June 26, 2008; Revised manuscript September 7, 2008; Accepted September 8, 2008)

This study was carried out to commercialize FTTH by developing a burst mode optical receiver for E-PON. The optical receiver was manufactured by minimizing the capacitance of a photodiode to improve sensitivity for meeting 10, 20 km OLT Rx standard of E-PON at the transmission speed of 1.25 Gb/s. When bit-error ratio is  $10^{-12}$  and PRBS is  $2^5-1$ , sensitivity is -26 dBm, loud/soft ratio is 23 dB. Both preamble time and guard time were set to 102.4 ns (128 bit). After comparing a photodiode whose capacitance is 0.53 pF with another photodiode whose capacitance has been minimized to 0.26 pF, we could see that sensitivity improved to 0.7 dBm and so did bandwidth to 190 MHz of burst mode for the optical receiver manufactured by the photodiode whose capacitance is 0.26 pF.

OCIS codes: (060.2330) Fiber optics communications; (230.5160) Photodetectors; (230.5170) Photodiodes.