韓國컴퓨터情報學會 論文誌
第16卷 第12號, 2011. 12.

2011-16-12-3-5

맨체스터 부호로 코딩된 하향신호의 재변조를 이용한 광가입자 망에서 상향속도개선을 위한 임계치의 설정

박 상 조 *

Threshold Level Setting of a Receiver in Optical Subscriber Network with Manchester Coded Downstream and NRZ Upstream Re-modulation for the Improvement of Upstream Data Ratios

SangJo Park *

요 약

대화형 멀티 미디어 서비스와 요구 오차율에 따라 상향속도와 광송신전력을 설정하는 광가입자망에서 시스템의 단순화 및 상향속도 개선을 위해 임계치의 설정을 분석한다. 상향과 하향 데이터 속도비가 1:1/2, 1:1/4, 1:1/8, 1:1/16인 맨체스터 부호로 코딩된 하향신호의 재변조를 이용한 비대칭 광 가입자망에서 4가지 하향 데이터의 형태에 따라서 재변조한 상향신호의 평균오차율을 이론적으로 분석하여, 매트랩을 이용한 시뮬레이션으로 수치 결과를 분석한다. 상하향 데이터 속도비가 1:1/16, 1/8 및 1/4 의 경우 광수신전력에 관계없이 최적 임계치를 사용한 광수신기 보다 성능을 크게 악화시키지 않고 임계치가 1/2인 종래의 광수신기를 적용할 수 있음을 알 수 있다. 상하향 데이터 속도비가 1:1/2의 경우 광 수신기의 임계치를 1/3로 고정시키고 평균 광수신전력이 증가하면 최적 임계치를 사용한 광수신기 보다 성능을 크게 악화시키지 않음을 알 수 있다.

▸ Keyword : 광가입자망, 맨체스터 부호, 광 네트워크 유니트, 광선로 단국장치, 재변조

Abstract

The threshold level of a receiver is analyzed for the simplification of system and the improvement of upstream data ratios in optical subscriber network of which the upstream date rate and the optical transmitted power are changed to meet the requested BER (Bit Error Rate) defined per interactive multimedia services. In asynchronous optical subscriber network of which

• 제1저자 : 박상조 • 교신저자 : 박상조
• 투고일 : 2011. 07. 29, 심사일 : 2011. 09. 28, 게재확정일 : 2011. 10. 11.
* 서원대학교(Seowon University) 교수

the upstream to downstream data ratios are 1:1/2, 1:1/4, 1:1/8 and 1:1/16 with manchester coded downstream and NRZ (Non Return to Zero) downstream re-modulation, the BER performance is theoretically analyzed and it is performed by simulation with MATLAB according to the four types of downstream data for four models. The results have shown that in the cases which the upstream to downstream data ratios are 1:1/4, 1:1/8 and 1:1/16 the conventional receiver with threshold level of 1/2 can be applied regardless of average received optical powers and the BER is not much deteriorated compared with using the optimal threshold level. In the case that the upstream to downstream data ratio is 1:1/2 the threshold level in an optical receiver could be fixed at 1/3 and the BER is not much deteriorated compared with using the optimal threshold level as the average received optical power increases.

▸ Keyword : Optical subscriber network, Manchester code, ONU(Optical Network Unit), OLT(Optical Line Termination), Re-modulation

I. 서론

현대의 가입자 망은 영상전화, 고화질 VDO(Video On Demand) 서비스, 고속 데이터 등의 대화형 멀티 미디어 서비스를 제공하는 광대역 통신네트워크는 가입자까지 광섬유로 연결되어 있다. 그리고 광가입자망은 버스 형태또는 트리 형태로 구성되는데, 경제적으로 설계하기 위하여 1개의 광선로 단국장치 (OLT:Optical Line Termination)에 다수의 광네트워크 유니트(ONU:Opticl Network Unit)가 연결되어 있는 구조가 널리 제안되어 있다 [1]-[3].

광가입자망은 경제적으로 설계하기 위하여 광분기기를 사용하여 수동 광가입자 망(PON: Passive Optical Network)으로 설계된다. 그리고 일반적인 수동 광가입자망에서 OLT와 ONU간에 상하향신호를 송수신하기 위하여 광송신기 및 광수신기가 필요하다. 고속 데이터 전송을 위하여 외부 광변조가 필요하기 때문에 OLT와 ONU에 각각의 광원을 필요로 하고 있다. 광가입자망의 단가를 낮추기 위하여, OLT에서 ONU로 송신한 하향신호를 재변조하여 상향신호로 사용하는 방식의 연구가 국내외에서 수행되고 있다 [4]-[9]. 특히 다른 방식들에 비하여 비동기가 가능하다는 장점이 있는 OLT에서 NRZ 데이터가'0'과'1'이면 각각'01'과'10'의 맨체스터 부호[10]~[13] 와 0'일 때 '11'로 코딩되는 역 RZ(Return-to-Zero) 부호[14]~[18]로 코딩하여 송신한 하향신호를 ONU에서 재변조하여 OLT 방향의 상향신호로 다시 사용하는 방식이 제안되었다. ONU에서 OLT로 송신하는 상향신호는 고속 데이터를 제공하는 하향신호에 비해 저속이므로 하향신호를 재변조하여 상향신호로 사용하는 방식은 비대칭 광가입자망이 주로 사용되어 진다. 상향속도는 하향속도에 비하여 저속이고 대화형 멀티 미디어 서비스에 따라 상향속도를 가변시킬 필요가 있다. OLT에서 10Gbps NRZ(Non-Return-to-Zero) 하향 데이터를 맨체스터 부호로 코딩하여 ONU에 송신하고, ONU에서 하향신호의 재변조를 이용하여 5 Gbps, 2.5 Gbps, 1.25 Gbps 그리고 622 Mbps의 NRZ 상향 데이터를 송신하는 수동 광가입자망을 고려하고 있다. 서비스에 따라 요구되는 오차율을 만족시키기 위하여 광송신전력을 변동시켜야 하고, 변동되는 광수신전력에 따라 임계치를 최적으로 제어하는 것은 광가입자망에서 성능을 향상시킬 수 있으나, 시스템을 복잡하게 하고 단가도 높아지는 문제점이 있다. 그리고 실제적인 시스템에서 상향과 하향 데이터 속도비에 따라 광수신전력도 변동하기 때문에 광수신기의 임계치의 값을 제어하지 않고 고정 임계치의 수신기의 적용이 가능한지를 분석하고자 한다. 상향과 하향 데이터 속도비가 1:1/2, 1:1/4, 1:1/8, 1:1/16인 4가지 형태에 따른 임계치의 설정을 위한 성능분석을 위하여, 하향 데이터의 형태에 따른 재변조한 상향신호의 평균오차율을 이론적으로 분석하고, 매트랩을 이용한 시뮬레이션에서 얻어진 수치 결과를 분석한다.

II. 10 Gbps 맨체스터 부호로 코딩된 하향신호의 재변조를 이용한 10Gbps/5Gbps, 2.5Gbps, 1.25 Gbps, 622 Mbps 광가입자망

(그림 1)과 같이 1개의 광선로 단국장치 (OLT:Optical Line Termination)에 다수의 광네트워크 유니트 (ONU:Opticl Network Unit)가 라우팅 노드로 연결되어

있는 수동 광가입자망을 적용한다. OLT에서 10 Gbps NRZ의 데이터를 맨체스터 부호로 코딩하여 송신한 하향신호를 ONU에서 재변조하여 OLT 방향의 상향신호로 다시 사용하는 광가입자망은 4가지의 상향 데이터의 속도, 5 Gbps, 2.5 Gbps, 1.25 Gbps, 622 Mbps 를 수용한다.

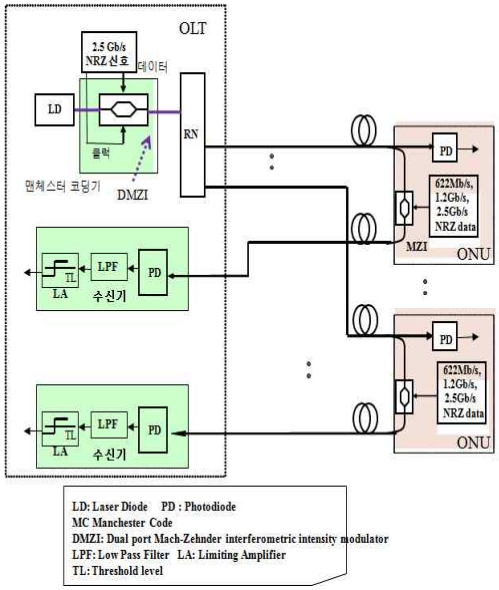

그림 1. 맨체스터 부호로 코딩한 하향신호를 재변조한 10 Gbps/5 Gbps, 2.5 Gbps, 1.25 Gbps, 622 Mbps 비대칭 광가입자망
Fig. 1. Asymmetrical 10Gbps/5Gbps, 2.5Gbps, 1.25Gbps, 622Mbps asymmetrical optical network with manchester coded downstream and upstream re-modulation

OLT에서 10Gbps의 하향 NRZ 신호는 레이저 다이오드(LD:Laser Diode)를 광원으로 사용하고 이중 포트 마하젠더 간섭계(DMZI:Dual port Mach Zehnder Interfero metric intensity modulator)에서 하향 데이터가 '0'과'1' 이면 각각'01'과'10'의 맨체스터 부호인 광신호로 변조되어 라우팅 노드를 통하여 ONU에 전송된다.

하향 광신호는 ONU에 있는 포토 다이오드 (PD:Photo Diode)에서 검파되어 하향정보를 제공하고, 광분기기에서 분기된 일부 광신호는 상향신호의 광원으로 다시 사용된다. ONU에서 OLT로 송신하는 상향신호는 마하젠더 간섭계(MZI)에서 맨체스터 광신호로 변조된다.

상향신호가 5Gbps의 NRZ 신호인 경우 상향 데이터가'1' 이면 (그림 2)와 같이 맨체스터 부호로 재변조한 상향신호는 펄스폭이 50ps인 펄스가 최소 1개에서 최대 3개가 존재한다.

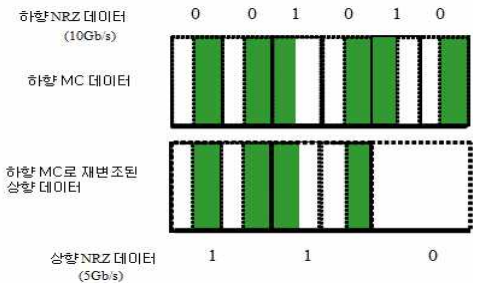

그림 2. 맨체스터 부호로 코딩된 하향신호로 재변조한 5Gbps NRZ 상향신호
Fig. 2. remodulated upstream of 5Gbps NRZ signal with manchester coded downstream

상향신호가 2.5 Gbps의 NRZ 신호인 경우 상향 데이터가'1'이면 (그림 3)과 같이 맨체스터 부호로 재변조한 상향신호는 펄스폭이 50 ps인 펄스가 최소 3개에서 최대 5개가 존재한다.

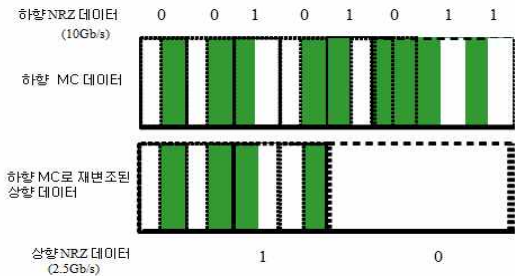

그림 3. 맨체스터 부호로 코딩된 하향신호로 재변조한 2.5Gbps NRZ 상향신호
Fig. 3. remodulated upstream of 2.5Gbps NRZ signal with manchester coded downstream

상향신호가 1.25 Gbps의 NRZ 신호인 경우 상향 데이터가'1'이면 (그림 4)와 같이 맨체스터 부호로 재변조한 상향신호는 펄스폭이 50 ps인 펄스가 최소 7개에서 최대 9개가 존재한다.

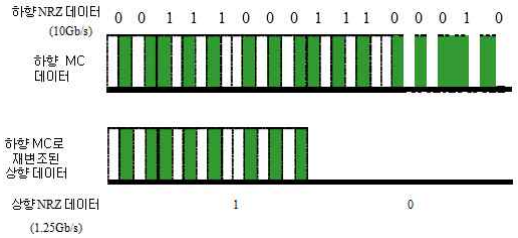

그림 4. 맨체스터 부호로 코딩된 하향신호로 재변조한 1.25Gbps NRZ 상향신호
Fig. 4. remodulated upstream of 1.25Gbps NRZ signal with manchester coded downstream

상향신호가 622 Mbps의 NRZ 신호인 경우 상향 데이터가'1'이면 (그림 5)와 같이 맨체스터 부호로 재변조한 상향신호는 펄스폭이 50 ps인 펄스가 최소 15개에서 최대 17개가 존재한다.

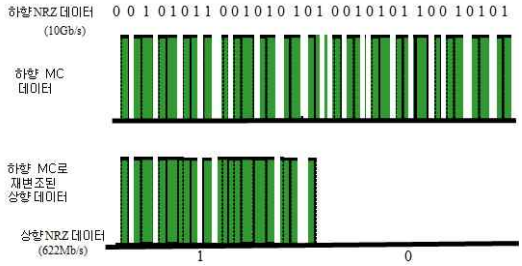

그림 5. 맨체스터 부호로 코딩된 하향신호로 재변조한 622Mbbps NRZ 상향신호
Fig. 5. remodulated upstream of 622Mbps NRZ signal with manchester coded downstream

맨체스터 부호로 변조된 상향 광신호는 OLT에 있는 포토 다이오드(PD:Photo Diode), 전치 증폭기(PA: Pre Amplifier), 리미팅 증폭기(LA: Limiting Amplifier)등으로 구성된 광수신기에 의해 데이터와 클럭이 검파된다.

III. 상/하향 데이터 속도비가 1:1/m인 비대칭 광가입자 망에서 오차 발생 모델링

수동형 광가입자망에서 ONU를 단순화시켜 단가를 낮추기 위하여 동기회로가 필요하지 않도록 하향신호와 상향신호가 서로 비동기인 가입자망에 대하여 성능을 분석한다.

OLT에서 10 Gbps NRZ 하향 데이터를 맨체스터 부호로 코딩하여 ONU에 송신하고, ONU에서 622 Mbps, 1.25 Gbps, 2.5 Gbps, 5 Gbp의 NRZ 상향 데이터를 하향신호로 재변조하여 송신하는 비대칭형 쌍방형 광가입자망에서 하향 데이터의 형태에 따른 재변조한 상향신호의 평균 오차율을 이론적으로 분석한다. 상하향 데이터 속도비가 1:1/m일 경우, NRZ 하향 데이터의 형태에 따라 ONU에서 맨체스터로 부호로 재변조하여 OLT로 송신하는 상향신호의 형태와 확률은 (표 1)과 같이 구분할 수 있다.

표 1. 상하향 데이터 속도비가 1:1/m일 경우 하향 데이터에 따른 재변조한 상향신호의 분류
Table 1. classification of remodulated upstream with manchester coded downstream according to downstream data in the case of the upstream to downstream data ratio of 1:1/m

형 태	(m+1)비트의 특징	확률 P1(Tk)	펄스 개수 pn(Tk)
T0	모든 비트 동일	2/2^(m+1)	m
T1	연속2비트 중에서 01이 1개, 그 외 동일	m/2^(m+1)	m ~ (m+1)
T2	연속2비트 중에서 10이 1개, 그 외 동일	m/2^(m+1)	(m-1) ~ m
T3	연속2비트 중에서 01과 10이 1개이상	(2^(m+1)-2-2m) /2^(m+1)	m

상향 NRZ 데이터가 '1'인 5Gbps의 경우 맨체스터 부호로 재변조한 상향신호는 펄스폭이 50ps인 펄스가 최소 1개에서 최대 3개가 존재하고, 상향신호 1비트 안에서 검출되는 펄스의 수는 하향 데이터의 값에 따라 적분하면 최소 1개에서 최대 3개를 가진다. 하향 데이터의 형태에 따라 상향신호의 정규화된 전류의 확률밀도는 (그림 6)과 같다. 상향 NRZ 데이터가 '0'이면 맨체스터 부호로 재변조한 신호는 없기 때문에 하향 데이터에 관계없이 확률 분포는 P_0 이 된다.

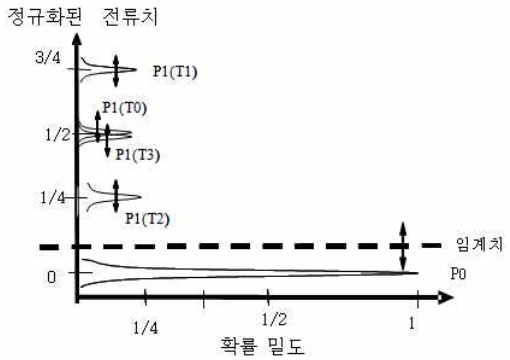

그림 6. 상향신호가 5Gbps의 NRZ 신호인 경우 맨체스터 부호로 재변조한 상향신호의 정규화된 전류의 확률밀도
Fig. 6. power density function of remodulated upstream with manchester coded downstream in the case of the upstream data of 5Gbps

상향 NRZ 데이터가 '1'인 2.5Gbps의 경우 맨체스터 부호로 재변조한 상향신호는 펄스폭이 50ps인 펄스가 최소 3개에서 최대 5개가 존재하고, 상향신호 1비트 안에서 검출되는 펄스의 수는 하향 데이터의 값에 따라 적분하면 최소 31개에서 최대 5개를 가진다. 하향 데이터의 형태에 따라 상향신호의 정규화된 전류의 확률밀도는 (그림 7)과 같다.

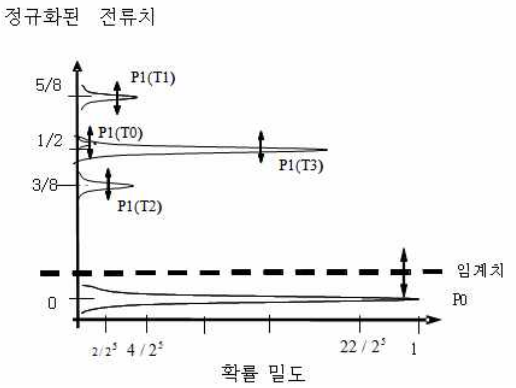

그림 7. 상향신호가 2.5Gbps의 NRZ 신호인 경우 맨체스터 부호로 재변조한 상향신호의 정규화된 전류의 확률밀도
Fig. 7. power density function of remodulated upstream with manchester coded downstream in the case of the upstream data of 2.5Gbps

상향 NRZ 데이터가 '1'인 1.25Gbps의 경우 맨체스터 부호로 재변조한 상향신호는 펄스폭이 50ps인 펄스가 최소 7개에서 최대 9개가 존재하고, 상향신호 1비트 안에서 검출되는 펄스의 수는 하향 데이터의 값에 따라 적분하면 최소 7개에서 최대 9개를 가진다. 하향 데이터의 형태에 따라 상향신호의 정규화된 전류의 확률밀도는 (그림 8)과 같다.

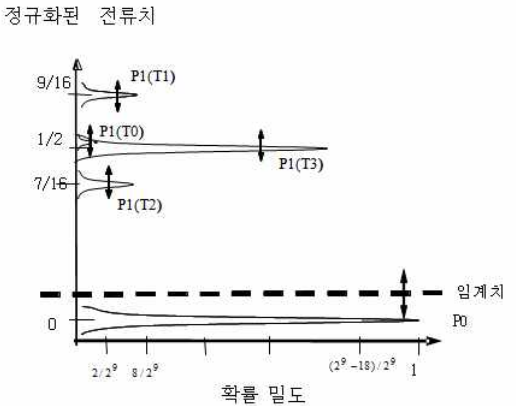

그림 8. 상향신호가 1.25Gbps의 NRZ 신호인 경우맨체스터 부호로 재변조한 상향신호의 정규화된 전류의 확률밀도
Fig. 8. power density function of remodulated upstream with manchester coded downstream in the case of the upstream data of 1.25Gbps

상향 NRZ 데이터가 '1'인 622Mbps의 경우 맨체스터 부호로 재변조한 상향신호는 펄스폭이 50ps인 펄스가 최소 15개에서 최대 17개가 존재하고, 상향신호 1비트 안에서 검출되는 펄스의 수는 하향 데이터의 값에 따라 적분하면 최소 15개에서 최대 17개를 가진다. 하향 데이터의 형태에 따라 상향신호의 정규화된 전류의 확률밀도는 (그림 9)와 같다.

OLT의 광수신기에서 P(0/1)와 P(1/0)가 각각 데이터가 '1'과 '0'일 때 데이터를 '0' 및 '1'로 잘못 읽는 확률을 나타낼 경우 오차율(BER: Bit Error Ratio)은 다음과 같이 정의된다.

$$BER = \frac{1}{2}[P(0/1) + P(1/0)] \quad \cdots\cdots (1).$$

상향 데이터가 '0'인 경우 '1'로 잘못 읽는 오차율은 다음과 같이 정의된다 [19].

$$P(1/0) = \frac{1}{2} erfc\left(\frac{I_D - I_0}{\sigma_0\sqrt{2}}\right) \quad \cdots\cdots (2),$$

여기서 σ_0, I_D, I_0는 각각 상향 데이터가 '0'일 때 RMS (root mean square) 노이즈 전류세기, 데이터 판단용 수신기 임계치, 상향 데이터가 '0'일 때 수신 전류 세기를 나타낸다.

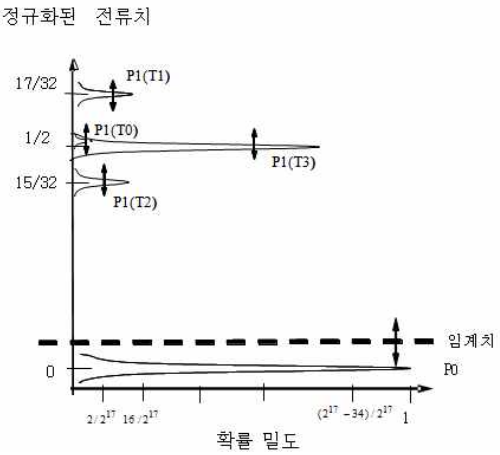

그림 9. 상향신호가 622Mbps의 NRZ 신호인 경우 맨체스터 부호로 재변조한 상향신호의 정규화된 전류의 확률밀도
Fig. 9. power density function of remodulated upstream with manchester coded downstream in the case of the upstream data of 622Mbps

수신단의 리미팅앰프에서 임계치는 임계전류와 잡음전류의 표준편차로 설정한다. 암전류는 상대적으로 적기 때문에 무시하고, 잡음전류는 산탄잡음(shot Noise), σ_{shot}^2와 열잡음, σ_{th}^2의 잡음전류의 합이며, 각각 다음과 같다 [19].

$$\sigma_{shot}^2 = 2e\alpha P_r \Delta f \quad \text{..... 3),}$$

$$\sigma_{th}^2 = \frac{4k_B T}{R_L}\Delta f \quad \text{..... (4),}$$

여기서 $e, \alpha, P_r, \Delta f, k_B, T$과 R_L는 각각 전하, PD의 광전 변환률, 수신광전력, 수신기 밴드폭, 볼츠만상수, 절대온도, 그리고 부하저항을 나타낸다.

그리고 데이터가'0'과 '1'일 때 잡음전류의 표준편차, σ_0과 σ_1는 각각 다음과 같다 [19].

$$\sigma_0 = \sigma_{th} \quad \text{..... (5),}$$

$$\sigma_1 = \sqrt{\sigma_{th}{}^2 + \sigma_{shot}{}^2} \quad \text{..... (6).}$$

상향 NRZ 데이터가 '1'인 경우 OLT의 광수신기에서 수신한 평균 광전력은 (표 1)의 데이터의 형태에 따라 평균하면 다음과 같다.

$$P_{r_av} = \frac{P_t}{2^{m+1}}\left(2P_1(T_0) + mP_1(T_1) + mP_1(T_2) + \left(2^{m+1} - 2 - 2m\right)P_1(T_3)\right) \quad \text{..... (7),}$$

여기서 P_t는 송신 광출력을 나타낸다.

상향 데이터가 '0'인 경우 OLT의 광수신기에서'1'로 검파하여 오차가 발생할 확률을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P(1/0) = \frac{1}{2}erfc\left(\frac{\alpha P_{r_av} I_{th} - I_0}{\sigma_{th}\sqrt{2}}\right) \quad \text{..... (8),}$$

여기서 I_{th}는 정규화된 임계전류치이고, $I_0 = 0$이다.상향 데이터가 '1'인 경우 OLT의 광수신기에서'0'으로 검파하여 오차가 발생할 확률을 다음과 같이 나타낸다.

$$P(0/1) = \sum_{k=0}^{3} P_1(T_k)_{0/1} \quad \text{..... (9),}$$

여기서 $P_1(T_k)_{0/1}$는 상향 NRZ 데이터가 '1'일 때 데이터의 형태 T_k에서 오차가 발생할 확률을 나타내며, 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_1(T_0)_{0/1} = P_1(T_0)\frac{1}{2}erfc\left(\frac{\left(I_{10} - \alpha P_{r_av} I_{th}\right)}{\sigma_{10}\sqrt{2}}\right) \quad \text{..... (10),}$$

$$P_1(T_1)_{0/1} = P_1(T_1)\int_{I=m/2m}^{(m+1)/2m} \frac{1}{2}erfc\left(\frac{\left(I - \alpha P_{r_av} I_{th}\right)}{\sigma_{11}\sqrt{2}}\right)dI, \quad \text{.... (11),}$$

$$P_1(T_2)_{0/1} = P_1(T_2)\int_{I=(m-1)/2m}^{m/2m} \frac{1}{2}erfc\left(\frac{\left(I - \alpha P_{r_av} I_{th}\right)}{\sigma_{12}\sqrt{2}}\right)dI, \quad \text{. (12)}$$

$$P_1(T_3)_{0/1} = P_1(T_3)\frac{1}{2}erfc\left(\frac{\left(I_{13} - \alpha P_{r_av} I_{th}\right)}{\sigma_{13}\sqrt{2}}\right) \quad \text{..... (13)}$$

여기서

$$\sigma_{1k} = \sqrt{\sigma_{th}{}^2 + 2eI_{1k}\Delta f}\text{, for } k = 0,1,..,3 \quad \text{..... (14)}$$

$$I_{10} = \alpha P_t \times 1/2 \quad \text{..... (15)}$$

$$I_{11} = \alpha P_t \times (2m+1)/4m \quad \text{..... (16)}$$

$$I_{12} = \alpha P_t \times (2m-1)/4m \quad \text{..... (17)}$$

$$I_{13} = \alpha P_t \times 1/2 \quad \text{..... (18)}$$

IV. 시뮬레이션에 의한 10Gbps/5Gbps, 2.5Gbps, 1.25 Gbps, 622 Mbps 비대칭 광가입자망의 오차율 분석

상하향 데이터 속도비가 1:1/m일 경우 III장에서 이론적으로 정의한 평균오차율을 매트랩을 이용한 시뮬레이션으로 분석한다 [20]. 시뮬레이션에 사용한 상수는 (표 2)에 나타내고 있다.

표 2. 시뮬레이션에 사용한 상수
Table 2. Parameters for simulation

PD 광전 변환률	α	0.8A/W
부하저항	R_L	50 Ω
잡음온도	T	300 K
수신기 밴드폭	Δf	상향데이터속도의 50%

(그림 10)은 상향 데이터가 각각 5 Gbps, 2.5 Gbps, 1.25 Gbps, 622 Mbps인 경우 평균 광 수신전력에 대하여 평균 오차율이 최소가 되는 최적 임계치를 보여 주고 있다.

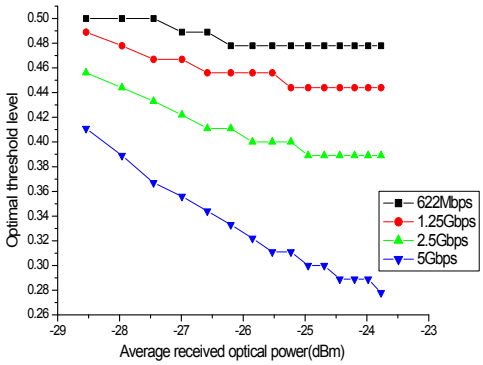

그림 10. 평균 광 수신전력에 대한 최적 임계치
Fig. 10. Relationship between the optimal threshold level and the average received optical power

(그림 11)은 상향 데이터가 각각 5 Gbps, 2.5 Gbps, 1.25 Gbps, 622 Mbps인 경우 평균 광수신전력에 대하여 최적 임계치로 제어한 최소 평균 오차율을 보여 주고 있다.

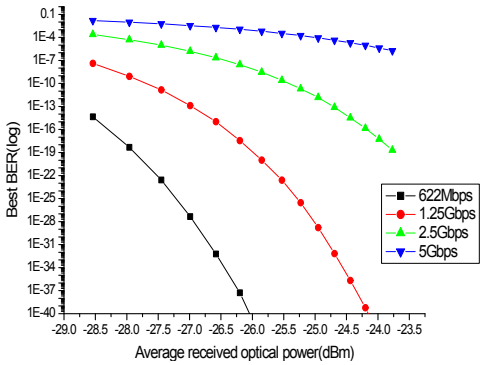

그림 11. 평균 광수신전력에 대한 최소 오차율
Fig. 11. Relationship between the BER and the average received optical power

상향 데이터가 622 Mbps, 1.25 Gbps, 2.5 Gbps인 경우 평균 광수신전력이 증가함에 따라 최적 임계치가 0.4와 0.5의 사이에서 평균 오차율이 최소가 된다. 상향 데이터가 5 Gbps인 경우 평균 수신전력이 증가함에 따라 최적 임계치가 0.28과 0.41의 사이에 존재한다.

상향과 하향 데이터 속도비가 1:1/2, 1:1/4, 1:1/8, 1:1/16인 맨체스터 부호로 코딩된 하향신호의 재변조를 이용한 비대칭 광 가입자 망에서 평균 광수신전력의 변동에 따라서 평균 오차율이 최소가 되도록 광 수신기의 임계치를 최적으로 제어하는 것은 시스템의 복잡성을 고려할 때 바람직하지 않다.

평균 광 수신전력에 관계없이 상하향 데이터 속도비에 따라 광수신기의 고정 임계치의 설정을 분석하기 위하여, 고정 임계치가 1/2 및 1/3의 경우와 최적 임계치와의 평균 오차율을 비교하였다.

(그림 12)는 상향 데이터가 5 Gbps일 때 최적 임계치와 1/2 및 1/3 고정 임계치에서 평균 광수신전력과 평균 오차율의 관계를 보여 주고 있다.

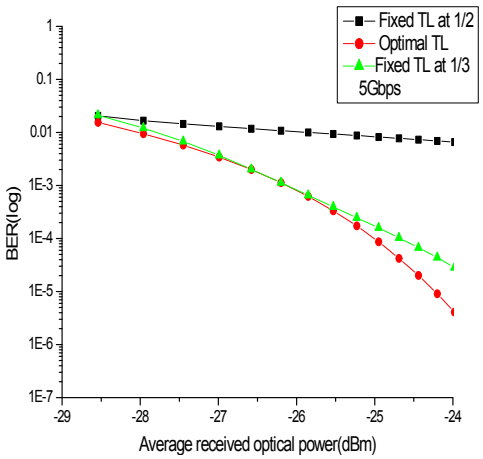

그림 12. 최적 임계치와 1/2 및 1/3 고정 임계치에서 평균 광수신전력과 평균 오차율의 관계 (상하향 데이터 속도비가 1:1/2)
Fig. 12. Relationship between the BER and the average received optical power in the case of the optimal threshold level and fixed threshold levels at 1/2 and 1/3(the upstream to downstream data ratio of 1:1/2)

(그림 13)은 상향 데이터가 2.5 Gbps일 때 최적 임계치와 1/2 및 1/3 고정 임계치에서 평균 광수신전력과 평균 오차율의 관계를 보여 주고 있다.

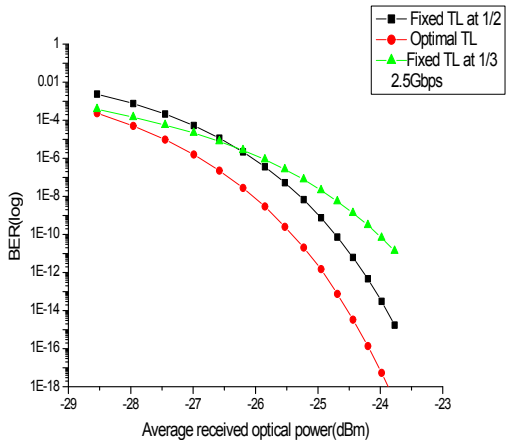

그림 13. 최적 임계치와 1/2 및 1/3 고정 임계치에서 평균 광 수신전력과 평균 오차율의 관계 (상하향 데이터 속도비가 1:1/4)
Fig. 13. Relationship between the BER and the average received optical power in the case of the optimal threshold level and fixed threshold levels at 1/2 and 1/3(the upstream to downstream data ratio of 1:1/4)

(그림 14)는 상향 데이터가 1.25 Gbps일 때 최적 임계치와 1/2 및 1/3 고정 임계치에서 평균 광수신전력과 평균 오차율의 관계를 보여 주고 있다.

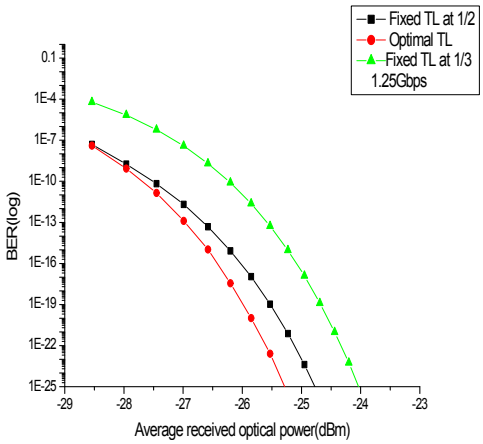

그림 14. 최적 임계치와 1/2 및 1/3 고정 임계치에서 평균 광 수신전력과 평균 오차율의 관계 (상하향 데이터 속도비가 1:1/8)
Fig. 14. Relationship between the BER and the average received optical power in the case of the optimal threshold level and fixed threshold levels at 1/2 and 1/3(the upstream to downstream data ratio of 1:1/8)

(그림 15)는 상향 데이터가 622 Mbps일 때 최적 임계치와 1/2 및 1/3 고정 임계치에서 평균 광수신전력과 평균 오차율의 관계를 보여 주고 있다.

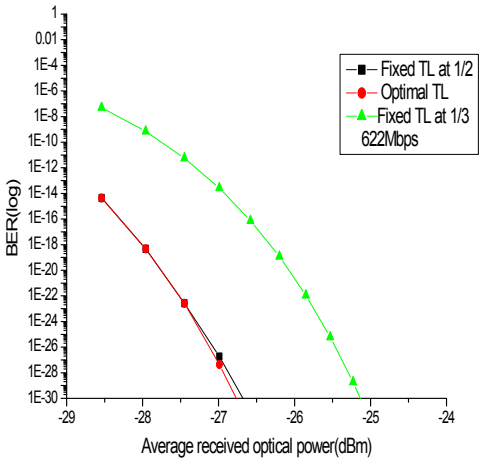

그림 15. 최적 임계치와 1/2 및 1/3 고정 임계치에서 평균 광수신전력과 평균 오차율의 관계 (상하향 데이터 속도비가 1:1/16)
Fig. 15. Relationship between the BER and the average received optical power in the case of the optimal threshold level and fixed threshold levels at 1/2 and 1/3(the upstream to downstream data ratio of 1:1/16)

수치해석을 분석한 결과 상하향 데이터 속도비가 각각 1:1/2의 경우 임계치를 1/3로 설정하면 임계치가 1/2인 경우보다 평균 광 수신전력에 관계없이 최적 임계치를 사용한 경우에 접근하는 것을 알 수 있다. 10^{-5}의 평균 오차율을 얻기 위하여 임계치가 1/3과 최적 임계치를 사용할 경우 필요한 평균 광수신전력은 각각 -23.8dBm과 -24.3dBm이다. 따라서 평균 오차율이 10^{-5}인 경우 임계치가 1/3인 광수신기를 사용하면 최적 임계치로 제어한 경우와 비교하여 0.5dB 정도 열화되는 것을 알 수 있다,

상하향 데이터 속도비가 각각 1/8과 1:1/16의 경우 임계치를 1/2로 설정하면 임계치가 1/3인 경우보다 평균 오차율은 최적 임계치를 사용한 경우에 접근하는 것을 알 수 있다. 상하향 데이터 속도비가 1/8일 때 10^{-12}의 평균 오차율을 얻기 위하여 임계치가 1/2과 최적 임계치를 사용할 경우 필요한 평균 광수신전력은 각각 -27dBm과 -27.2dBm으로 임계치가 1/2인 광수신기를 사용하면 최적 임계치로 제어한 경우와 비교하여 0.2dB정도 열화되는 것을 알 수 있다,

상하향 데이터 속도비가 1/16일 때 10^{-15}의 평균 오차율을 얻기 위하여 임계치가 1/2과 최적 임계치를 사용할 경우 필요한 평균 광수신전력은 각각 -28.5dBm과 -28.5dBm으로 성능이 같음을 알 수 있다,

(그림 13)의 상하향 데이터 속도비가 1:1/4의 경우 임계치가 1/2 및 1/3인 경우 평균 광수신전력의 변동에 따라 평균 오차율이 최적 임계치를 사용한 경우에 접근하지 않고 있다. 구체적으로 분석하기 위하여 최적 임계치와 1/2 및 1/3 고정 임계치를 사용한 경우 평균 오차율이 각각 10^{-5}, 10^{-9} 및 10^{-12}가 되기 위하여 필요한 평균 광수신전력을 (표 3)과 (그림 16)에 보여 주고 있다.

표 3. 상하향 데이터 속도비가 1:1/2인 경우 평균 오차율이 각각 10^{-5}, 10^{-9} 및 10^{-12}가 되기 위하여 필요한 평균 광수신전력
Table 3. The average received optical power verse specific BER in the case of the optimal threshold level and fixed threshold levels at 1/2 and 1/3(the upstream to downstream data ratio of 1:1/4)

BER	최적 임계치	½ 임계치	1/3 임계치
10^{-5}	-27.96dBm	-26.99dBm	-26.58dBm
10^{-9}	-25.85dBm	-24.44dBm	-25.23dBm
10^{-12}	-24.95dBm	-23.57dBm	-24.44dBm

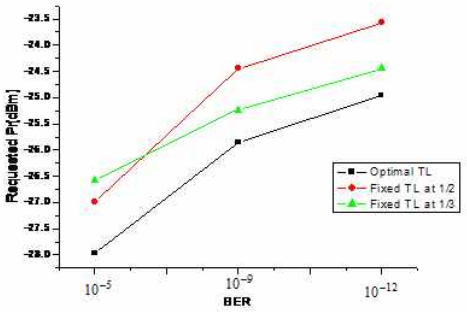

그림 16. 최적 임계치와 1/2 및 1/3 고정 임계치에서 특정 평균 오차율과 평균 광수신전력과의 관계 (상하향 데이터 속도비가 1:1/4)
Fig. 16. Relationship between the specific BER and the average received optical power in the case of the optimal threshold level and fixed threshold levels at 1/2 and 1/3(the upstream to downstream data ratio of 1:1/4)

상하향 데이터 속도비가 1:1/4의 경우 평균 오차율이 10^{-9} 과 10^{-12}일 때 임계치가 1/3인 광수신기를 사용하면 최적 임계치로 제어한 경우와 비교하여 각각 0.62dB 와 0.51dB가 열화 되지만, 각각 1.41dB와 1.38dB가 열화되는 임계치가 1/2인 광수신기의 경우 보다는 성능이 향상되는 것을 알 수 있다,

IV. 결론

맨체스터 부호로 코딩된 하향신호의 재변조를 이용한 10Gbps/622 Mbps, 1.25 Gbps, 2.5 Gbps, 5 Gbps의 비대칭 광 가입자 망에서 임계치를 설정하기 위하여 4가지 하향 데이터의 형태에 따라서 재변조한 상향신호의 평균오차율을 이론적으로 분석하여, 매트랩을 이용한 시뮬레이션으로 수치 결과를 분석하였다. 대화형 멀티 미디어 서비스에 따라 상향속도와 요구 오차율이 달라지고 광수신전력도 변동하는 광가입자망에서 최적 임계치를 제어하는 방법이 성능개선 위해서는 최선의 방법이지만, 저가형 단순한 광가입자망을 설계하기 위하여 고정 임계치를 분석하였다.

상하향 데이터 속도비가 1:1/16과 1/8의 경우 평균 광수신전력의 변동에 따라 최적 임계치를 제어하지 않고 사임계치가 1/2인 광수신기를 사용하여도 평균 오차율은 거의 차이가 없음을 알 수 있었다.

상하향 데이터 속도비가 1:1/4의 경우 임계치가 1/2인 종래의 수신방식을 사용할 경우 평균 오차율이 10^{-12}일 때 평균 광수신전력의 변동에 따라 최적 임계치를 제어할 경우보다는 0.51dB정도 열화되지만 사용이 가능하다는 것을 알 수 있었다.

상하향 데이터 속도비가 1:1/2의 경우 임계치가 1/3인 광수신기를 사용할 경우 평균 오차율이 10^{-5}일 때 평균 광수신전력의 변동에 따라 최적 임계치를 제어할 경우보다는 0.5dB정도 열화되지만 사용이 가능하고, 임계치가 1/2인 광수신기보다 평균 오차율이 향상되는 것을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] ITU-T Recommendation G.983.1,Broadband optical access systems based on PON, Oct. 1998.

[2] M D. Prycker, W. Verbiest and D. Mestdagh, "ATM passive optical networks: preparing the access network for BISDN", Proc. of ISS, pp.380-384, Oct. 1992.

[3] T. Pfeiffer, B. Deppisch, M. Kaiser and R. Heide mann, "High speed optical network for asynchrono

us multiuser access applying periodic spectral coding of broadband sources", Electronics Letters, vol.33, no.25, pp.2141-2142, Dec. 1997.

[4] N. J. Frigo, P. P. Iannone, P. D. Magill, T. E. Darcie, M. M. Downs, B. N. Desai, U. Koren, T. L. Koch, C. Dragone, H. M. Presby, and G. E. Bodeep, "A wavelength-division multiplexed passive optical network with cost-shared component", IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 6, no. 11, pp.1365-1367, Nov. 1994.

[5] S. Narikawa, H. Sanjoh, N. Sakurai, and K. Kumozaki, "Gbit-class transmission using SOA data rewriter for WDM-PON", IEICE Trans. Commun., vol.E91-B, no. 2, pp.399-408, Feb. 2008.

[6] W. Hung, et al., "An optical network unit for WDM access networks with downstream DPSK and upstream re-modulated OOK date using injection-locked FP laser", IEEE Photonics Technol. Lett., 15,(10),pp.1476-1478 2003.

[7] J. Prat, V. Polo, C. Bock, C. Arellano, and J. J. V. Olmos, "Full-duplex single fiber transmission using FSK downstream and IM remote upstream modulators for fiber-to-the-home", IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 17, no. 3, pp.702-704, Mar. 2005.

[8] N. Deng, et al., "Data remodulation on downstream OFSK signal for upstream transmission in WDM passive optical network", Electron. Lett., 39,(24), pp1741-1743 2003.

[9] O. Akanbi, J. Yu, and G.-K. Chang, "A new scheme for bidirectional WDM-PON using upstream and downstream channels generated by optical carrier suppression and separation technique", IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 18, no. 2, pp.340-342, Jan. 2006.

[10] B. K. Kim, H. Park, S. Park, and K. Kim, "Optical access network scheme with downstream Manchester coding and upstream NRZ re-mod ulation", Electron. Lett., vol.42, no.8 , pp.484-4 85, Apr. 2006.

[11] B. Kim, S. J. Park, et. al, "Performance Enhanc ement by threshold level control of a receiver in WDM-PON system with Manchester coded downstream and NRZ upstream re-modulation", IEICE(Institute of Electronics, Information and Communication Engineers) Trans. on Commun.E91-B pp2994-2997, Sept, 2008.

[12] J. Zhang, N. Chi, P. V. Holm-Nielsen, C. Peuche ret, and P. Jeppesen, "Method for high-speed Manchester encoded optical signal", in Proc. Opt. Fiber Commun. (OFC2004), Los Angeles, CA, USA, Paper MF76. pp.361-366.

[13] S. J. Park and B. K. Kim, "Performance Analysis of Asynchronous 2.5Gbps/622Mbps Optical Sub scriber Network with Manchester coded Downstream and NRZ upstream re-modulation", Journal of the Optical Society Korea, vol. 20, no. 3, pp143~147, June 2009.

[14] S. J. Park and B. K. Kim, "Performance Analysis for Optimizing Threshold Level Control of a Receiver in Asynchronous 2.5 Gbps/1.2 Gbps Optical Subscriber Network with Inverse Return to Zero(RZ) coded Downstream and NRZ upstream re-modulation", Journal of the Optical Society Korea, vol. 13, no. 3, Sep. 2009,

[15] S. J. Park,"Improvement of Received Optical Powe r Sensitivity in Asymmetric 2.5Gbps/1.2Gbps Passive Optical Network with Inverse Return to Zero(RZ) coded Downstream and NRZ upstream re-modulation", Journal of KSCI,vol. 15, no. 3, pp.65-72, March 2010.

[16] S. J. Park and B. K. Kim, "Performance Analysis for Optimizing Threshold Level Control of a Receiver in Asymmetric Optical Subscriber Network with Inverse Return to Zero (RZ) Coded Re-modulation Scheme ", Telecommunications Review, vol. 21, No 1, pp. 118-131, Feb. 2011.

[17] G.-W., Lu, et al.; 'Use of down stream inverse-RZ signal for upstream data re-modulation in a WDM passive optical network', OFC'05, Anaheim,CA,USA,2005, OFI8.

[18] H. Chung, B. K. Kim, and K. Kim, "Effects of upstream bit rate on a wavelength-remodulated

WDM-PON based on Manchester or Inverse-Return-to-Zero coding", ETRI Journal, vol.30, no.2, pp.255-260, Apr. 2008.

[19] G. P. Agrawal, "Fiber-Optic Communication Systems", 2nd ed., (John Wiley & Sons, Inc., 1997), pp. 170-173.

[20] J. G. Proakis and M. Salehi, Contemporary communication systems using MATLAB, Thomson learning, 1998.

저 자 소 개

박 상 조

1983년 : 서울대학교 제어계측공학과 (학사)

1985년 : 서울대학교 대학원 제어계측공학과(공학석사)

1999년 : 일본 오사카대학 통신공학 (공학박사)

1984년~1991 : 삼성전자 종합연구소 선임연구원

1995년~1996년 : 오사카대학 연구생

1992년~2000년 : 한국전자통신연구원 선임연구원

2003년~2006년 : 한국전자통신연구원 초빙책임연구원

2007년 : 캐나다 University of Victoria 객원교수

2000년~현재 : 서원대학교 정보통신공학과 교수

관심분야 : 광무선 액세스 네트워크, 광 CDMA 방식, 센서네트워크

E-mail : parks@seowon.ac.kr