

직접변조된 Semiconductor Laser 를 사용한 기저대역 신호와 부반송파의 전송에서의 상호간섭에 대한 분석

Analysis of Interference in Simultaneous Transmission of Baseband and Subcarrier Signals with a directly modulated Semiconductor Laser

정형근, 서영광, 최우영

연세대학교 전기 전자공학과

Abstract

The simultaneous transmission of baseband and subcarrier signals using the direct intensity-modulation of semiconductor laser is demonstrated. From the analysis of crosstalks in dual-band signal transmission, the optimal operating conditions are investigated.

광통신에서 제공하는 대역폭을 효율적으로 사용하기 위한 방법으로 다수의 신호를 부반송파에 다중화 시켜서 하나의 파장을 통해 전송하는 부반송파 다중화 (subcarrier multiplexing: SCM) 기법이 있다[1,2]. 이 기법은 광소자에 비해 오래전부터 발달되어온 마이크로파 소자를 사용하고, 하나의 파장을 유연하게 사용하여 디지털신호와 아날로그 신호를 동시에 전송할 수 있다는 장점이 있다. 또, 파장의 효율을 높이기 위해서 아날로그 신호는 부반송파에 싣고, 이를 디지털 기저대역 신호와 합쳐서 함께 전송하는 연구도 진행되고 있다[1,2]. 이러한 연구의 응용으로 라벨을 부반송파에 싣어서 전송하는 optical packet experimental routing architecture (OPERA) 방식과[3], 인터넷에서 사용할 디지털 신호와 이동통신이나 TV 방송에 사용할 아날로그 신호를 동시에 전송하는 방식을 생각할 수 있다. 아날로그 부반송파 신호와 디지털 기저대역 신호를 동시전송하는 방식은 변조방식에 따라 laser diode (LD)를 직접 변조하는 방식[1]과 외부 변조기를 사용하는 방식[2]이 있다. LD 를 직접 변조할 경우 값싼 링크를 구성할 수 있는 반면, LD 의 bias 조건, 기저대역과 부반송파 신호의 대역폭과 변조지수등에 따라서 성능이 크게 좌우되므로 이들의 최적화가 필요하다. 특히 대역폭의 효율을 높이기 위해서는 기저대역과 부반송파 신호의 대역폭과 변조지수에 대한 최적화에 대한 연구가 필요하다.

부반송파신호와 기저대역 신호를 동시에 전송하는 경우 기저대역의 송·수신단에서는 저역통과 필터를 사용한다. 이러한 필터들이 원하는 대역만을 완전하게 통과시키는 이상적인 필터가 아니기 때문에 각각의 신호가 서로 간섭을 일으키게 된다. [그림 1]은 기저대역신호와 부반송파 신호를 동시에 전송할 경우 상호 간섭을 나타낸 그림이다. 기저대역의 신호는 송신단에서 저역통과 필터를 통과시켜서 부반송파 신호와 더해지게 된다. 이때 저역통과 필터가 이상적으로 통과 대역만을

통과시키지 않고 일부 저지대역의 신호까지 통과를 시키게 되면 부반송파의 주파수 대역에 일부 기저대역 신호가 간섭으로 작용하게 된다. 또, 수신단에서 광신호가 광검출기를 거치고나서 기저대역신호를 복원할 때 저역통과 필터를 통과시키는데, 이때에는 부반송파의 일부가 기저대역 신호에 간섭으로 작용하게 된다. 즉, 부반송파의 주파수와 electrical power 에 따라서 두 신호의 간섭이 달라지게 된다. 본 논문에서는 기저대역 신호와 부반송파를 다중화하여 DFB LD 의 직접변조를 통해 전송했고, 이때 기저대역 신호와 부반송파에서 일어나는 상호간섭을 분석하였다.

[그림 2]는 이러한 간섭의 정도를 알아보기 위해서 두 신호를 전송한 실험의 구조도이다. 펄스패턴 발생기(pulse pattern generator : PPG)에서 만들어진 디지털 신호(622Mb/s, 2Vpp)는 저역통과필터를 통과해서 RF 신호 발생기에서 만들어진 부반송파 신호와 더해졌다. 이때 부반송파의 주파수와 electrical power 를 변화시키면서 간섭의 정도를 보았다. 더해진 신호는 1550nm 에서 발진하는 DFB LD 를 직접 변조시켜서 수신단으로 전송이 되었다. DFB LD 의 bias 조건은 $3.7 \cdot I_{th}$ ($I_{th}=5.8mA$)로 주어졌다. 수신단에서 두 신호는 3dB 분배기로 나뉘어서, 기저대역의 신호는 광검출기와 OC-12 용 저역통과 필터를 내장한 communication signal analyzer 에서 복원되었고, 부반송파는 광검출기를 통과한 후 스펙트럼 분석기로 보내졌다.

수신단의 저역통과 필터가 이상적이지 않아서 기저대역 신호가 부반송파에 의해서 겪는 간섭을 분석하기 위해서 복원된 기저대역 신호의 extinction ratio 와 Q-factor 를 살펴 보았다. Q-factor 는 복원된 기저대역 신호의 성능을 수치화한 값으로 BER 과 비례하는 함수관계에 있다. Q-factor 가 6.0 이면 10^{-9} 의 BER 을 나타낸다[4]. 본 실험에서는 실험을 간결하게 하기 위해서

부반송파에는 신호를 실지 않았다. 그래서, 송신단의 저역통과 필터가 이상적이지 않아서 부반송파가 기저대역 신호에 의해서 겪는 간섭을 보기 위해서는 수신된 부반송파의 carrier to noise ratio(CNR)를 살펴 보았다.

[그림 3]은 복원된 기저대역의 Q-factor 를 나타낸 그래프이다. 부반송파의 power 가 -5dBm 이면 주파수에 관계없이 Q-factor 는 8.3 (extinction ratio : 11.5dB)의 값을 가졌다. 그러나, 부반송파의 power 가 5dBm 일때 낮은 주파수의 부반송파가 전송되면 기저대역과의 간섭으로 인해서 Q-factor 가 작아지는 것을 볼 수 있었다. 또, 부반송파의 power 가 15dBm 으로 주어지면 부반송파의 주파수가 1.4GHz 일때 Q-factor 가 6.0 (extinction ratio : 9.15dB)으로 떨어지고, 1GHz 이하일때는 기저대역 신호와 부반송파와의 간섭이 심해져서 Q-factor 가 측정되지 않았다. [그림 4]는 수신된 부반송파의 CNR 을 나타낸 그래프이다. 부반송파의 power 가 작을수록 기저대역 신호와의 간섭에 의한 왜곡이 심해졌다. 또, 900MHz 주변에서 CNR 이 낮아졌는데 이는 송신단에서 기저대역의 두 번째 lobe 성분이 부반송파에 잡음으로 작용했기 때문이다. 두 그림으로부터 기저대역의 두 배인 1200MHz 이상의 부반송파 주파수에서는 5dBm 의 부반송파 power 에 대해서 높은 Q-factor 와 CNR 을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

본 논문에서는 기저대역 신호와 부반송파를 DFB LD 를 직접변조하여 동시에 전송할 경우 두 신호의 상호 간섭에 대한 분석이 기저대역 신호의 Q-factor 와 부반송파의 CNR 을 통해서 행해졌다. 이 실험의 결과는 기저대역 신호 부반송파 신호를 동시에 전송하는 광통신 시스템의 최적화에 사용될 예정이다.

[참고논문]

- [1]W.I.Way et al., Electronics Letters 1988, 5, p611-613
- [2]R.Gaudio et al., IEEE Photon. Tech. Lett., 1997, 10, p1397-1399
- [3]A.Carena et al., J. Lightwave Technol. 1998, 12, p2135-2145
- [4]G.P.Agrawal, "Fiber-Optic Communication Systems", A Wiley-Interscience Pub., 1997

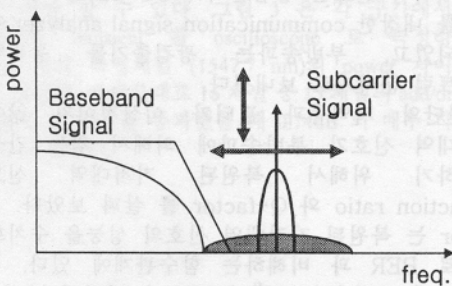


그림 1. 기저대역과 부반송파의 상호간섭

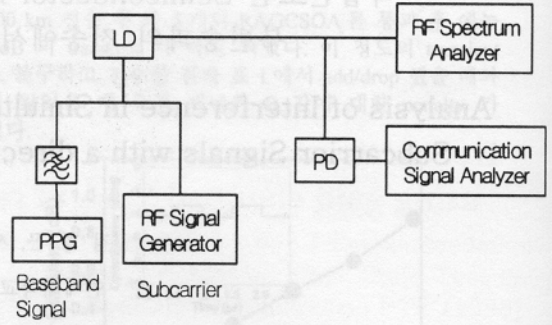


그림 2. 기저대역 신호와 부반송파 전송실험 구조도

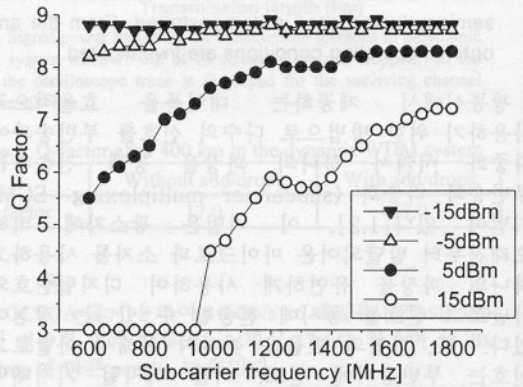


그림 3. 부반송파의 power 와 주파수에 따른 기저대역의 Q-factor

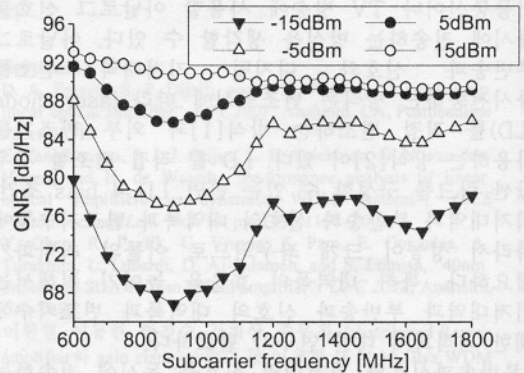


그림 4. 부반송파의 power 와 주파수에 따른 부반송파의 carrier to noise ratio