광학적 RF (24 GHz) 신호를 이용한 유무선 통합 downlink 에서 15 Mbps 디지털 데이터 전송

15 Mbps digital data transmission in integrated wireless photonic downlink via optically generated RF (24GHz) signal

서영광*, 최우영
연세대학교 전기 전자 공학과

Abstract

We present the experimental demonstration of 15 Mbps digital data delivery in an integrated wireless photonic downlink via the optical LO signal, which is produced with sideband injection-locking in the master/slave configuration. The direct modulation of a slave laser makes possible the optical up-conversion of IF-data signal to 24 GHz. This paper deals with the delivery of this up-converted digital signal in the fiber-optic and antenna links.

기존 microwave대역 전송용량이 포화가 되어감에 따라, 넓은 주파수 대역폭, 큰 전송 용량 및 저 전송 손실이 가능한 MMW 기술과 fiber-optic 기술과의 접목에 관한 연구가 진행되어 오고 있다 [1]. 광학적 MMW 신호 생성 및 전송 기술은 복잡한 설비들을 하나의 central office로 중앙 집중화 하여 다수 base station의 단순화를 가능케 함으로써 시스템 구축 비용 절감 등과 같은 경제적인 이득의 기대가 가능하다는 점에서 그 의미를 갖는다.

본 논문은, 국내에서 처음으로 광학적 밀리미터 신호를 이용한 유무선 통합 downlink에서의 디지털 신호 전송을 다루고 있다. 광학적 밀리미터 신호 생성을 위해, 그림 1과 같이, master/slave 구조의 sideband injection locking 기법을 채택하고 있다. Master laser (ML)를 원하는 MMW 신호의 sub-harmonic 주파수로 직접 변조시키면, 그림 2-(a)와 같이, ML 변조 주파수 차이를 가지는 여러 개의 sideband 들이 생성된다. 생성된 side-band 중 원하는 두 개 target band에 그림 2-(b)와 같이 다른 두 개의 레이저 (SL; slave laser)가 lock이 되도록 하면 두 SL 출력 파장 차이가 원하는 MMW 신호 주파수와 동일하도록 선택이 가능하다. 그림 2-(a)는 ML를 12 GHz (f_m) rf-source로 직접 변조한 경우의 optical spectrum이다. 각 peak간 간격은 인가된 f_m 과 일치한다. 이들 중 center를 중심으로 ± 1번째 peak들에 두 SL이 lock된 경우가 그림 2-(b)이다. Photo-detection 후 그림 2-(b)의 두 peak 들간의 주파수 차이인 24 GHz에 안정적인 LO 신호가 생성된다. 본 실험에서 생성된 LO 신호 SSB phase-noise는 100 kHz offset 주파수에서 약 –96 dBc/Hz 이었다. 안정적으로 생성된 LO 신호를 생성시킨 후, IF-data 신호로 SL의 직접 변조를 통해 그림 3-(a)와 같이 신호 up-conversion이 가능하다. 본 실험에서는 그림 1과 같이 약 10 km의 fiber-optic link와 3 m의 antenna link 전송하였다. 그림 3-(b)는 안테나 전송 후 rf-spectrum으로 광학적으로 생성된 LO 신호와 USB (upper sideband) 신호를 관찰할 수 있다. 그림 3-(a)의 LSB (lower sideband)를 포함한 기타 rf-peak 들은 안테나 전송 이전의 bandpass filter를 이용하여 제거되었다.

본 실험에서는 data rate로 15 Mbps를 사용하고 있는데, 이는 IF bandpass filter 대역폭 (25 MHz)에 의한 제약에 기인한다. 그림 4-(a)는 본 실험에서 사용된 15 Mbps original 신호의 eye-diagram이며, 그림 4-(b)는 그림 1의 fiber-optic (10 km)와 antenna (3 m) link 전송 후 복원된 신호의 eye-diagram이다. 그림 4에서 관찰할 수 있듯이, 유무선 통합 link 전송 후에도 뚜렷한 eye-opening을 실험적으로 확인할 수 있었다.

이상에서, sideband injection locking을 이용하여 광학적으로 LO 신호를 생성 및 광학적 IF-data 신호를 up-conversion 하였으며, 유무선 통합 downlink를 통해 디지털 신호 전송을 실험적으로 수행하였다.

Reference

[1] R.-P. Braun *et al*., Elec. Lett.-32(7), 1996.

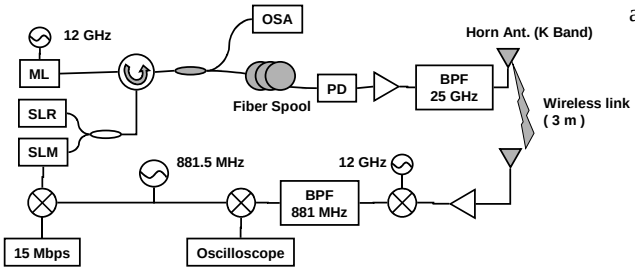
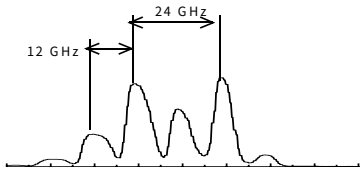
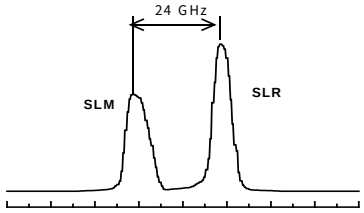


Fig. 1. Experimental setup for ireless photonic downlink.

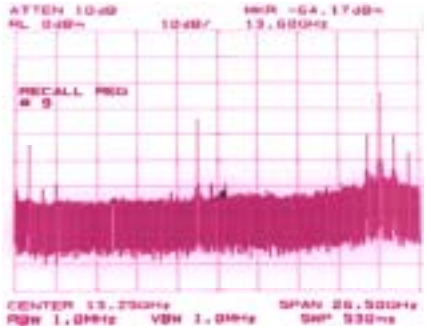


(a)

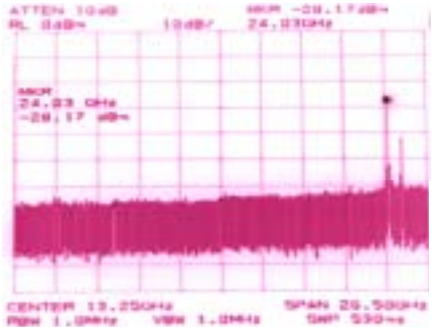


(b)

Fig. 2. Measured optical spectra for optical 24 GHz signal generation. Direct-modulated ML (a) and two locked SL's (b)

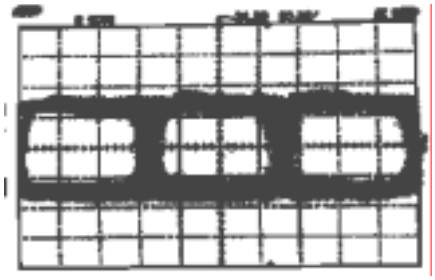


(a)

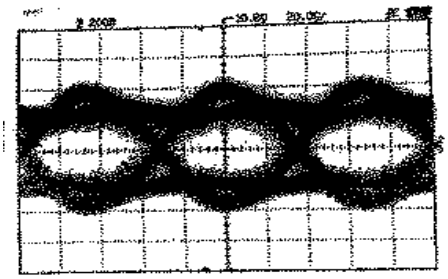


(b)

Fig. 3. Measured rf-spectra after photo-detection (a) and antenna link (b).



(a)



(b)

Fig. 4. Measured eye-diagrams for original data (a) and received data (b) in fiber-optic (~ 10 km) and antenna (3 m) links.