

Z형 쌍-결합기 광 공진기를 이용한 광섬유 마이크로파 신호처리

All-Fiber Microwave Signal Processing Device with Z-Shaped Double Coupler Optical Resonator

이 동 욱\*, 박 용 현\*\*, 정 해 양  
 경희대학교 전자정보학부, \*\*공군사관학교 물리학과  
 eins@physics.kyunghee.ac.kr

Abstract

Optical fiber networks for microwave signal processing have been investigated. Theoretical and experimental results are presented in Z-shaped Double-Coupler Optical Resonator. The use of Mason's rule to calculate transfer functions greatly simplified the analysis in our model. A good comparison between modelling and experiment is presented.

최근의 초고속 광전자 소자의 발전은 광학과 마이크로파가 결합된 microwave photonics라는 흥미 있는 새로운 분야를 탄생시켰다. 이러한 광/마이크로파 복합소자는 광제어 마이크로파 소자, 마이크로파 광전송망등 많은 분야에서 활용되고 있다. 광섬유 회로를 이용하면 광검출 전의 광학 주파수 대역에서 고도의 마이크로파 신호처리가 가능하며, 특히 매우 경제적이며 손실과 분산이 적어 mm파 영역까지의 초고주파수 영역에서도 사용이 가능하다는 장점이 있다<sup>(1)</sup>.

마이크로파 신호 처리 소자 연구 계획의 일환으로 Unbalanced Mach-Zehnder 간섭계(UMZ)와 Recirculating Unbalanced Mach-Zehnder(RUMZ) 그리고, Fabry-Perot Ring Resonator(FPRR)에 대한 연구가 진행되었으며<sup>(2)</sup> 본 논문에서는 보다 다양한 특성을 보이는 광섬유 단일 모드 광 공진기의 마이크로파 신호 처리 적용에 대해 연구하였다.

광섬유를 사용하여 ring과 loop를 이용한 단일 모드 광 공진기는 많이 연구되어 왔으며<sup>(3)</sup>, 본 논문에서는 Z-shaped Double-Coupler Optical Resonator(ZSDCR)를 이용하여 마이크로파 신호처리용 필터를 구성하였다. 광섬유 공진기의 분석은 전자 회로의 분석에 이용되는 graphical analysis와 S-matrix를 이용한 Mason's rule을 적용하여 얻을 수 있다. 본 논문에서는 ZSDCR에 대해 modeling을 하여 보고 이를 토대로 결과를 관찰하였다.

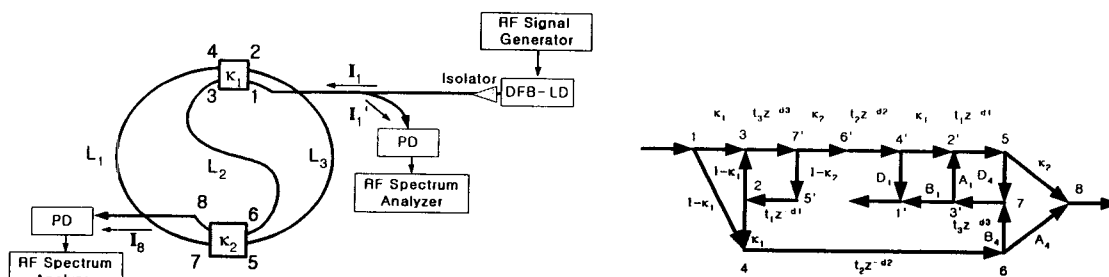


그림 1. ZSDCR의 개략도와 signal flow chart

그림 1에서 두 개의 coupler를 사용하여 resonant ring을 형성하며 ring의 두 부분을 잇는 feedback delay line이 존재한다. 따라서 ring에는 반대 방향으로 진행되는 두 경로가 모두 존재하고 따라서, node 8과 node 1에서 다른 결과를 얻을 수 있다.

본 논문에서는 광원의 coherence length가 회로의 delay line length( $L_2$ )보다 짧은 incoherent 영역에서 회로를 구성하였다. 따라서 마이크로파에 의해 변조된 envelope의 전달 함수를 얻을 수 있다<sup>(4)</sup>.

RF 신호 발생기를 이용하여 파장이  $1.55 \mu\text{m}$ 인 DFB-LD를 직접 변조하였고 3dB 광섬유 커플러와 단일 모드 광섬유를 사용하였다. preamp가 내장된 고속 PIN photodiode module로 검출된 신호는 RF spectrum analyzer를 사용하여 측정하였다. node 1에  $1 \times 2$  fiber coupler를 사용하여  $I_1'/I_1$ 를 측정하였으며 회로의 측정에 사용되는 LD와 PD는 FC/PC connector를 사용하여 연결하였다.

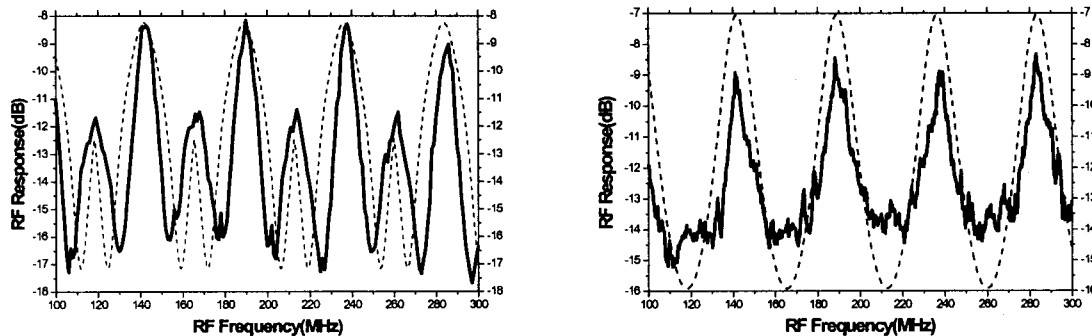


그림 2. (왼쪽)node 8에서의 스펙트럼( $I_8/I_1$ )과 (오른쪽)node 1에서의 스펙트럼( $I_1'/I_1$ ) ( $L_1+L_3=3.46\text{m}$ ,  $L_2=1.7\text{m}$ ,  $\alpha_1=\alpha_2=0.5$ )  
(실선: 실험치, 점선: 이론치)

그림 2는 node 8에서의 투과스펙트럼( $I_8/I_1$ )과 node 1에서의 스펙트럼( $I_1'/I_1$ )을 측정한 것이다. Ring을 형성하는 루프의 길이( $L_1+L_3$ )는  $4.36\text{m}$ 로 설정되었으며 feedback delay line의 길이( $L_2$ )는  $7\text{m}$ 이다. 결과가 잘 일치함을 알 수 있다. Ring 루프 길이에 의해 결정되는 주파수 간격은  $47.1\text{MHz}$ 로 측정되었으며 이는 주파수에 따라 반복되는 형태로 mm파 영역에서도 사용이 가능하다.

filter의 rejection ratio는 광섬유 coupler의 coupling coefficient에 의해 결정이 되는데 tunable coupler를 사용하는 경우 rejection ratio의 조절이 가능하다<sup>(5)</sup>. 따라서 coupling coefficient에 따라 다양한 filter의 특성과 rejection ratio를 얻을 수 있는 필터의 특성을 관찰하는 연구를 진행중이다.

아울러 루프에 광섬유 증폭기( $\text{Er}^{3+}$ ) 또는 반도체 광 증폭기를 tunable coupler와 같이 사용하여 coupling coefficient와 이득에 따라 한 회로에서 comb filter, band rejection filter의 여러 특성이 구현 가능할 것으로 보고 이에 대한 연구를 진행중이다<sup>(6)</sup>.

#### [참고문헌]

- [1] B. Moleshi and J. W. Goodman *et al.*, "Fiber-optic lattice signal processing", Proc. IEEE, vol. 72, no. 7, pp. 909-930, July 1984.
- [2] 이동욱, 박용현, 정혜양, "광섬유 회로를 이용한 마이크로파 신호처리", COOC'99
- [3] L. N. Bihn and N. Q. Ngo *et al.*, "Graphical representation and analysis of the Z-shaped double coupler optical resonator", J. Lightwave Technol., Vol. 11, no. 11, pp. 1782-1792, Nov. 1993.
- [4] Smain Tedjini, A. Ho-Quoc. and Daa A. M. Khalil " All optical networks as microwave and millimeter-wave circuits", IEEE Trans. on Microwave Theory and Tech., vol. 43, no. 9, pp.2428-2434, Sep. 1995.
- [5] Y. H. Ja, X. Dai, "Optical double-loop fiber resonator with two identical or nonidentical  $2 \times 2$  fiber couplers", Opt. Engineering, Nov. 1995., Vol. 34 No. 11., pp. 3265.
- [6] L. N. Bihn *et al.*, "Amplified double-coupler double-ring optical resonators with negative optical gain", Applied Optics., Vol. 34, No. 27, pp. 6086., Sep. 1995.