

PLC로 구현되는 WINC구조에서의 optical path length 결정 Determination of optical path length of the PLC WINC structure

윤홍, 차상준, 박강희, 이정우, 김원효, 문종하
(주)휘라포토닉스
hyoon@fi-ra.com

FTTH (Fiber-To-The-Home) 시스템을 위해 요구되는 수동 광소자는 1xN 광파워 splitter와 WINC (Wavelength-INsensitive Coupler) 구조를 삽입한 2xN 광파워 splitter이다. 이들 수동 광소자는 소형화, 대량생산, 저비용의 이점이 있는 PLC (Planar Lightwave Circuit) 기술로 구현할 수 있다.⁽¹⁾

2xN 광파워 splitter는 PON (Passive Optical Network) 시스템에서 추가된 입력port로 optical monitoring기능을 부여하거나 시스템 안정성을 확보하기 위한 여분의 path를 제공할 수 있다. 이에 요구되는 기능은 2개의 입력port에 관계없이 분기비가 유지되는 분기비의 파장무관성이다. directional coupler 하나의 구조도 파장무관한 분기비를 구현할 수 있으나 PON 시스템에서 요구하는 파장범위는 1260~1640nm으로 대역폭이 380nm이므로 이를 만족할 수가 없다. K.Jinguji⁽²⁾는 그림 1과 같이 넓은 대역폭에서 분기비를 만족시키는 MZI (Mach-Zehnder Interferometer) type WINC 구조를 제안하였다. WINC구조는 2개의 directional coupler와 1개의 path length difference로 구성되며 directional coupler의 결합길이와 path length difference를 조절하여 분기비의 파장특성을 조절할 수 있다.

본 논문은 PLC로 구현되는 WINC구조에서 directional coupler에 의해 optical path length가 파장에 따라 변하는 특성을 보여주며 이러한 특성을 고려한 최적의 WINC구조 설계 조건을 제시한다. WINC구조에서 분기비는 다음 식과 같이 표현된다.

$$P_2 = \sin^2(\xi(\lambda)\Delta L/2) \cdot \sin^2(\theta_1 - \theta_2) + \cos^2(\xi(\lambda)\Delta L/2) \cdot \sin^2(\theta_1 + \theta_2)$$

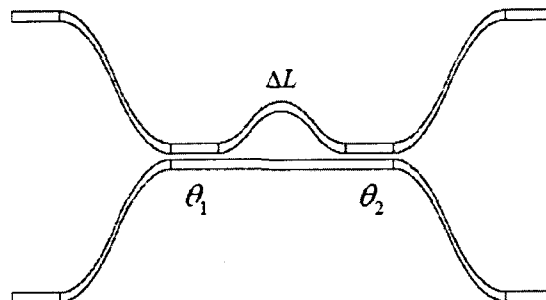


그림 1. MZI-type WINC구조

Directional coupler의 결합비율은 다음 식과 같으며 평행하게 근접한 결합길이부분을 L, 곡률을 가지는 부분을 유효결합길이 dl로 설정했다.

$$P_2 = \sin^2\theta = \sin^2\left(\frac{\pi}{2} \frac{L + dl(\lambda)}{L_c(\lambda)}\right) = \kappa$$

유효결합길이는 directional coupler의 구조상 곡률부분 때문에 발생하는 길이로서 gap이 대략 6 μm 가 되는 부분까지 결합이 일어난다. 이는 MZI구조에서 path length를 구현하기 위한 가운데 곡률 부분의 일부 길이를 optical path length difference가 아닌 directional coupler에서 결합에 기여하도록 만든다. 결국 실제 optical path length difference는 기하적으로 배치된 길이보다 짧아지게 된다. 도파로 설계 기준은 비굴절률차 0.36%, 도파로사이즈 7x7 μm^2 , 곡률반경 15000 μm 이며 directional coupler의 평행결합부분의 Gap은 4 μm 로 설정했으며, 이 기준으로 계산된 directional coupler의 결합길이와 유효결합길이는 그림 2와 같다. 계산된 결합길이는 파장의존특성을 가지며 400 μm 의 크기를 갖는다. 그림 3은 directional coupler의 유효결합길이 때문에 발생한 유효 path length difference variation의 파장의존특성을 보여준다.

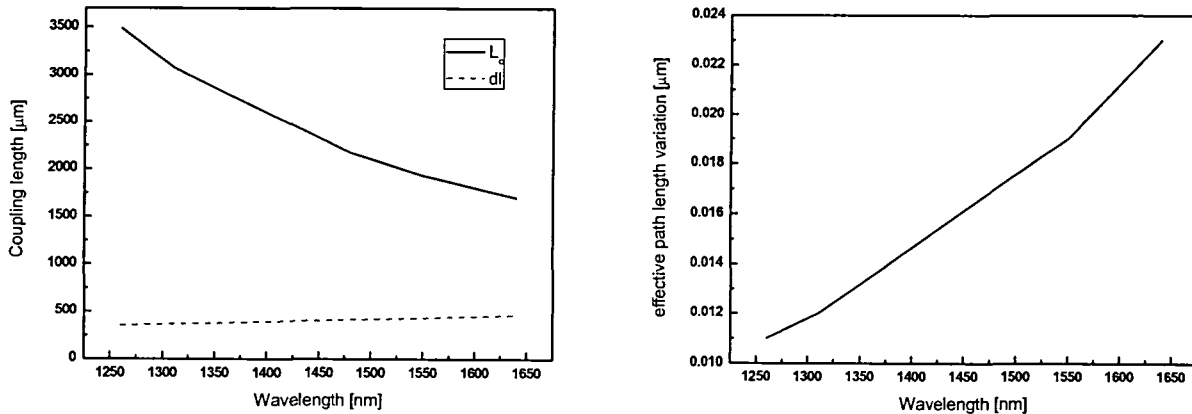


그림 2. directional coupler의 결합길이와 유효결합길이
그림 3. optical path length difference variation

WINC구조의 파장무관한 결합특성을 가지기 위한 세 개의 parameter dL, κ_1 , κ_2 는 optimization algorithm을 통해 계산되었으며 다음 표와 같다.

dL	0.68 μm
κ_1 @1550nm	0.95
κ_2 @1550nm	0.40

실제로 dL은 optical path length difference variation 효과 때문에 대략 0.2 μm 작게 설계된다. 이 효과는 3D-BPM을 통해 Numerical calculation을 통해서 정확히 확인되었다.

References

1. T.Ono, etal, PLC Products for FTTH systems, Furukawa Review 26, 6-11 (2004)
2. Kaname Jinguji, etal, "Mach-zehnder interferometer type optical waveguide coupler with wavelength-flattened coupling", Electronics Letters 26, 1326-1327 (1990)

