

곡면형 광도파관 광필드 해석을 위한 파동 광학적 수치 시뮬레이션

Wave optics simulation of light field propagation in curved waveguide

이우림¹, 정세현¹, 김세운¹, 이지현¹, 전호성², 한준구², 김휘^{1*}
¹고려대학교 세종캠퍼스 전자·정보공학과, ²경북대학교 전자전기공학부
[*hwikim@korea.ac.kr](mailto:hwikim@korea.ac.kr)

Abstract— 본 논문에서는 곡면형 광도파관 구조를 파동 광학적으로 해석하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 곡면형 광도파관 내부 광 전파를 엄밀히 해석할 수 있으며, 곡면 표면에서의 광 필드 분포를 분석하고 왜곡 보정이 가능할 것이다.

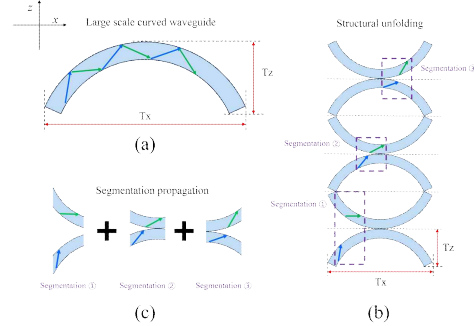
I. 서론 및 배경

현재 다양한 학계 및 산업계에서 광도파관 기반의 증강현실 홀로그래픽 근안 디스플레이가 활발히 개발되고 있다. 하지만, 대부분 상용화되고 있는 광도파관 기반 디스플레이들은 평판형 구조로 시야각이 제한된다. 따라서, 사용자에게 몰입 경험을 극대화하기 위해 넓은 시야각을 갖는 곡면형 광도파관 설계 연구가 활발히 진행되고 있지만, 곡률로 인한 설계 및 해석의 복잡성을 갖는다. 따라서, 곡면형 광도파관 내부의 광 전파 현상을 엄밀하게 해석하는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 대면적 곡면형 광도파관 구조를 파동 광학적으로 해석하는 방법을 제안한다. 제안 방법은 곡면형 도파관 구조를 분할하고 Structural unfolding 계산 접근 방법을 통해 구조 내부의 광 전파 현상을 해석할 수 있다.

II. 연구 내용 및 결과

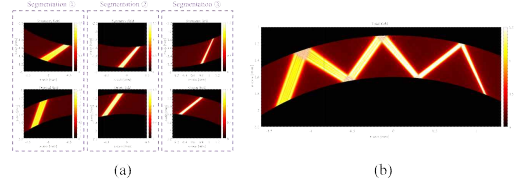
각 스펙트럼 방법(Angular spectrum method, ASM)은 수많은 평면파의 합으로 표현하여 광파를 해석하는 기법이다. 비균질 매질에서의 광파 해석 시 분할된 각각의 평면파의 위상변화가 선형적이지 않기 때문에 단계적 전파를 통한 위상변화의 재계산이 필수적이다. 이는 미소 길이 전파마다 경계 조건이 반영되어 많은 시간이 요구된다. 하지만, 제안 방법은 매질의 굴절률에 따라 전파 영역을 나누고, 영역별로 순차적 ASM을 통해 광파 필드를 계산한다. 다음 영역의 광파 필드는 기존 경계 필드에 굴절률이 반영된 경계 조건을 적용한 뒤, 최소제곱법(Least squares method, LSM)을 통해 역으로 광파 필드를 계산한다. [그림1] (a)는 대면적 곡면형 광도파관에서의 광 전파 도식을 나타낸다. [그림1] (b)는 Structural unfolding 계산 방법에 대한 도식이다. 광도파관 내부 전반사 시, 광파 진행을 같은 방향으로 해석하기 위해 대칭적으로 모델링한 구조이다. [그림1] (c)는 대

면적 광도파관 해석을 위한 분할 방법에 대한 도식이다. Structural unfolding 계산 방법은 광파가 존재하지 않는 영역 모두를 계산해야 한다. 하지만 분할 방법을 고려하면 광파가 존재하는 국소 영역만 계산하여 연산량을 기하급수적으로 줄일 수 있다.



[그림1] 분할을 통한 곡면형 도파관 구조의 Structural unfolding 계산 방법 도식도

[그림2] (a)는 분할된 각각의 국소 영역에 대해 계산한 광파 필드 결과를 보여준다. [그림2] (b)는 계산된 국소 필드들을 중첩하여 전체 관측 필드를 구성한 결과이다.



[그림2] 분할 구조적 전개 방법 기반 곡면형 광도파관 구조의 광 전파 해석 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 곡면형 도파관 구조를 분할 방법과 Structural unfolding 계산 방식을 통해 파동 광학적 해석하는 방법을 제안한다. 이를 통해, 임의의 곡률을 갖는 다양한 곡면형 광도파관 구조의 광 전파 현상을 분석할 수 있을 것으로 기대한다.

사사

This work was supported by Alchemist Project grant funded by Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT) & the Korea Government (MOTIE) (Project Number: 2410005254, 20019169).