

하이브리드 기하 - 파동 광학 픽셀 시뮬레이터 Hybride Geometric - Wave Optics Pixel Simulator

김상윤, 박정환, 박성재, 김휘*
고려대학교 세종캠퍼스 전자·정보공학과
*hwikim@korea.ac.kr

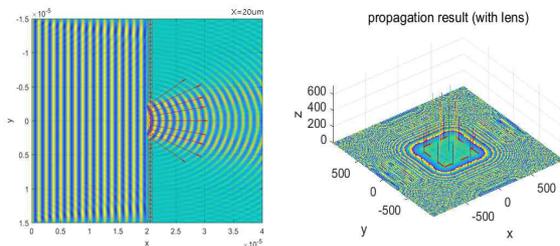
Abstract— 본 논문에서는 슬릿을 통과 했을 때 파동광학의 회절 현상을 2D Spectrogram, 3D Light Field Spectrogram을 구성하여 기하학적으로 해석하는 방법론과 기하회절이 고려된 하이브리드 기하 - 파동 광학 픽셀 시뮬레이터를 소개한다.

I. 서론 및 배경

최근 IP(Integral Photography), 렌티큘러 렌즈, 패럴랙스 배리어, 핀홀 등을 사용한 3D 라이트 필드 디스플레이(Light Field Display)분야에 대한 개발이 활발히 진행되고 있다. 라이트 필드 디스플레이의 가장 큰 문제점중 하나인 픽셀 사이즈와 렌즈 배열에 의한 회절은 디스플레이의 크기가 작아짐에 따라 산란 현상이 일어나고 이를 해결하기 위한 연구가 필요하다. 본 논문에서 Spectrogram으로부터 기하학적으로 회절을 분석하는 방법론(Geometric Diffraction Theory)을 제시하고, 이를 사용하여 기하회절이 고려된 하이브리드 기하 - 파동 광학 픽셀 시뮬레이터를 소개한다.

II. 연구 내용 및 결과

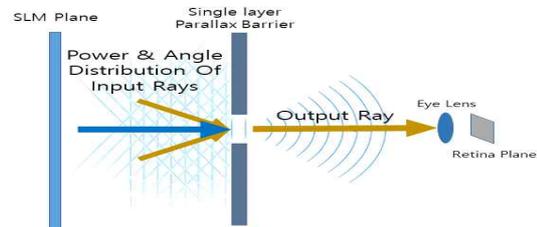
평면파를 슬릿에 투과시켰을 때 빛이 회절되어 구면파 형태로 파동이 나아간다. 이때 특정 진행 거리에 대해 STFT(Short-time Fourier Transform) 분석을 했을 경우 Spectrogram을 얻을 수 있다. Spectrogram이란 공간 영역에 따른 그 광선의 각도와 크기 정보를 얻어 만들어낸 데이터이다. 이를 통해 빛의 파동성을 직선으로 표현 할 수 있다.



[그림 1] (a) 2D Spectrogram Ray (b) 3D Light-Field Spectrogram Ray

[그림 1] (a)와 (b)는 각각 2차원과 3차원상의 평면파가 투과된 슬릿으로부터 20um 떨어진 Spectrogram 데이터를 가지고 회절된 빛의 방향과 크기를 광선으로 표시했다. 2차원과 3차원의

Spectrogram 데이터를 각각 2D Spectrogram, 3D Light-Field Spectrogram으로 정의한다. [그림 1]에서 표현된 광선은 슬릿에 투과된 빛의 파동 회절 표면에 수직으로 지나가는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해, 파동 광학의 결과로부터 기하 회절 이론(Geometric Diffraction Theory)으로 해석 할 수 있다. 이 해석방법을 이용해 기하 광학적으로 회절 현상을 볼 있는 픽셀 시뮬레이터를 개발했다.



[그림 2] Input Ray Detect Matrix Concept

[그림 2]는 입사 광선을 검출해 표현해 주는 알고리즘의 개념이다. 평면파가 입사 각도를 바꾸며 슬릿을 통과할 때 획득하는 Spectrogram의 데이터를 다음의 수식으로 구성한다.

$$\text{Spectrogram Information} \begin{bmatrix} t_{11}t_{12} \dots t_{1N-1}t_{1N} \\ t_{21}t_{22} \dots t_{2N-1}t_{2N} \\ \dots \dots \dots \dots \\ t_{N-11} \dots \dots t_{N-1N-1} \\ t_{N1}t_{N2} \dots t_{NN-1}t_{NN} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_{N-1} \\ b_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_{N-1} \\ a_N \end{bmatrix} \quad (1)$$

수식 (1)의 행렬을 가지고 특정한 방향을 가진 출력 광선을 분석해 보았을 때 입사 각도에 따른 입사 광선의 방향과 크기를 알 수 있다. 결과적으로 입사광선 검출 행렬(Input Ray Detect Matrix)를 적용시켜 망막 영역에 도달되는 출력 광선에 대해 입사광선들의 방향과 크기를 분석한다. 이에 따라, 회절에 영향을 주는 픽셀들을 모두 찾을 수 있고 픽셀 시뮬레이터로 이미지 복원 실행 시 기하적으로 회절이 고려된 픽셀 이미지를 확인할 수 있다.

This work was supported by LG Display Ltd..

참고문헌

- [1] H. Kim, J. Hahn, and B. Lee, "The use of negative index planoconcave lens array for wide-viewing angle integral imaging," Optics Express, vol. 16, no. 26, pp. 21865-21880, 2008.