

집적결상계를 이용한 3차원 입체영상 표시기

Three-dimensional display by using integral imaging system

신승호

강원대학교 물리학과

shinsh@kangwon.ac.kr

3차원 영상표시를 위한 방법은 여러 가지 방향에서 연구되어 왔다. 이중 홀로그래를 이용한 방법은 완벽한 3차원 영상을 표현할 수 있지만 스펙클 잡음이 나타나고 시야각이 제한되며 단색 간섭성 광원을 사용해야하는 등의 문제점이 있어 실제 응용에 제한을 받고 있다. 이에 따라 최근 들어 쌍안 방식을 포함한 3차원 입체영상의 구현을 위한 다양한 연구가 활발하게 수행되고 있다. 렌즈 어레이를 이용한 집적결상의 방법도 그 중의 하나로 완벽한 색상의 구현, 연속적 시야각 확보, 단순한 광학계에서 구현가능 등의 장점이 있어 응용 가능성이 매우 높은 방법 중 하나로 평가되고 있다. 본 논문에서는 집적결상계의 원리 및 분해능을 포함한 성능분석, 3차원 입체상의 구현에 대한 한계점 및 응용 등을 살펴보고자 한다.

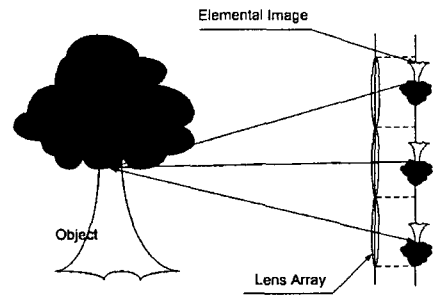


그림 1. 집적결상법의 기본 원리

집적결상은 1908년 Lippman에 의하여 처음 제안된 후 1980년대까지 꾸준히 연구되어 왔으나 입출력 장치의 성능한계 등 제약으로 인하여 큰 진전을 보지 못하였다.⁽¹⁾ 그러나 최근 들어 고성능 카메라 및 작은 픽셀의 LCD를 비롯한 공간 광변조기가 등장하면서 다시 주목을 받기 시작하여 국내외에서 연구가 활발하게 진행되고 있다.⁽²⁻⁵⁾ 직접결상의 기본 원리는 3차원 입체상을 서로 다른 시야각을 갖는 여러 개의 2차원 상으로 분해한 다음 전송하고 이를 다시 2차원 평면에 표시한 다음 3차원으로 집적하여 재생하는 과정을 거치게 되어 있다. 이러한 과정에서 필수적으로 나타나는 문제점들로는 샘플링에 의한 Nyquist 주파수 제한, 회절효과 및 카메라와 기본영상 표시기의 분해능 한계 등을 들 수 있고, 깊이감 있는 3차원 영상을 구현하는 과정에서 나타나는 집적상의 왜곡 등도 여기에 포함된다. 그림 1은 집적결상계의 기본 원리를 나타내는 것으로 단일 물체가 렌즈 어레이에 의하여 서로다른 시야각을 갖는 기본영상으로 분해되는 과정을 보여주고 있다. 재생과정에서는 이 각각의 기본상 중 일부분이 샘플링 되어서 집적상을 형성하게 된다. 이때 기본상을 만드는 과정에 따라 film pickup, direct pickup, computer generated 집적결상 등으로 구분할 수 있다.

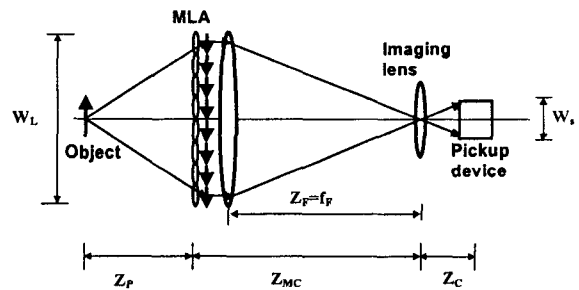


그림 2. Direct pickup 집적결상을 위한 기본광학계

집적결상계를 분석하기 위한 기본광학계는 그림 2와 같이 구성할 수 있으며 이때 각 변수는 다음

의 관계식을 만족한다.

$$W_s \equiv \frac{f_c}{Z_{MC}} W_L, \quad W_L = W_M N \quad (1)$$

여기서 W_L 은 렌즈 어레이의 폭, f_c 는 결상렌즈의 초점거리, Z_{MC} 는 렌즈 어레이와 결상렌즈 사이의 거리, W_M 은 렌즈 어레이에 속한 기본렌즈의 간격이다. N 은 렌즈 어레이에 속한 전체 렌즈의 수를 의미한다. 평행한 기둥상을 얻기 위한 조건은

$$Z_F = f_F \quad (2)$$

이므로 다음과 같은 기본식을 얻을 수 있다.

$$\frac{W_L}{f_F} = \frac{W_s}{Z_c} \equiv \frac{W_s}{f_c} \quad (3)$$

집적결상계의 해석에 중요한 인수인 분해능을 해석하기 위한 광학계는 그림 3과 같고 여기에 각 분해능 α_i 을 도입하면 기본영상 수집과 표시를 위한 장치의 분해능, Nyquist 주파수 및 회절에 의한 분해능 한계는 각각 다음과 같이 주어진다.

$$\beta_{ele} = \alpha_i \frac{z_i}{|L - z_i|}, \quad \beta_{nyq} = \frac{L}{2P_e}, \quad \beta_{dif} = \frac{w_l}{\lambda} \frac{z_i}{|L - z_i|}, \quad (4)$$

$$\beta_{max} = \min(\beta_{ele}, \beta_{nyq}, \beta_{dif}) \quad (5)$$

그림 4는 분해능을 해석한 결과 중 기본영상 기록 및 재생장치의 분해능이 매우 높은 경우에 대한 분해능 한계를 계산한 것이다. 집적결상계의 특성을 이용하면 연속적 시야각을 갖는 이차원 영상의 구현도 가능하다. 실제 3차원 입체상의 구현은 stereoscopic 결상의 결과이므로 그림 5와 같은 여러 영역이 존재하게 되며 이 영역의 특성에 따라 3차원 집적상이 왜곡되는 현상이 나타나게 된다. 3차원 집적상의 왜곡에는 중복, 누락 등이 존재하며 왜곡의 정도는 집적상의 위치와 관측자의 위치 등이 주요한 변수가 된다.

본 논문에서 살펴본 분해능 한계 및 중복, 누락 등 집적상의 왜곡조건을 사용하여 집적결상계에 필요한 pickup 및 표시장치의 성능과 관측자의 조건 등을 최적화 할 수 있었다.

본 연구는 한국과학재단 목적기초 연구(R01-2000-000-00017-0)의 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

1. G. Lippmann, Comptes-Rendus 146, 446, Academie des Sciences(1908).
2. B. Javidi and F. Okano, Three-dimensional video and display : devices and systems, SPIE press, 2001.
3. S.-H. Shin and B. Javidi, Appl. Opt. 41(14), 2644(2002).
4. J.-H. Park, S.-W. Min, S. Jung, and B. Lee, Appl. Opt. 40(29), 5217(2001).
5. J.-S. Jang, B. Javidi, Opt. Lett. 27(5), 324(2002).

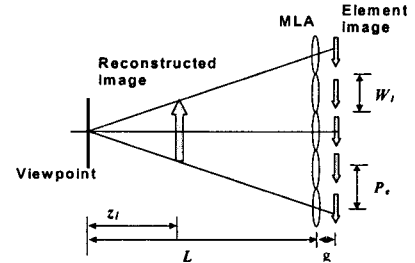


그림 3. 집적결상 개념도

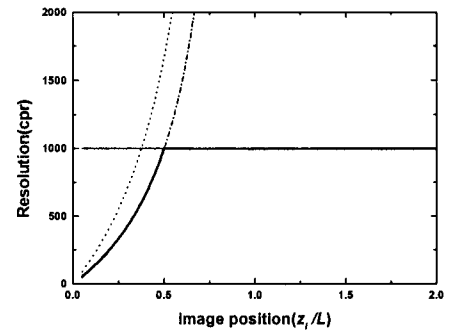


그림 4. 고분해능 pickup 장치를 이용한 분해능 한계

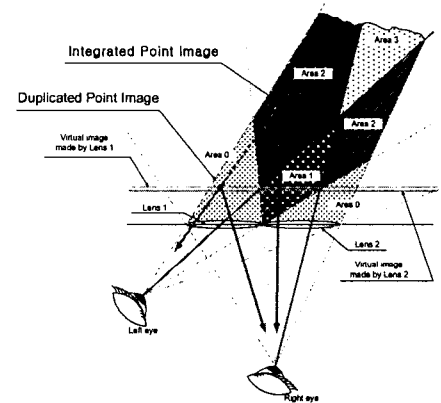


그림 5. 두 눈의 위치에 따른 구역구분