

## 1. 서론

현재 여러 종류의 입체 영상 시스템이 실용화되고 있으나, 대부분의 시스템은 입체 안경을 착용하는 불편함이 있고, 장시간 시청할 경우 눈의 피로와 같은 문제가 있어 실용성이 결여된다. 사무실이나 가정에서 현재의 텔레비전처럼 입체 안경과 같은 착용물을 사용하지 않고, 자유로운 위치에서 여러 사람이 동시에 입체 영상 시청이 가능하여야 한다. 시청자가 전후 좌우로 이동할 때, 입체 영상이 시청자의 위치에 따라 변화되지 않는다면 부자연스럽고, 수시간 동안 입체 영상 연속 시청이 어렵다.

저자가 소속한 통신 방송 기구(TAO) 고도 3차원 운동화상 원격 표시 프로젝트에서는 위에서 기술한 부자

안경 또는 헤드 마운트(Head Mounted Display : HMD) 등을 착용해야 한다. 렌티큘라 시트(Lenticular Sheet)나 패러랙스 배리어(Parallax Barrier)를 이용하여 입체 안경을 사용하지 않는 방식도 있으나, 2대의 카메라 영상을 좌우의 눈에 분리하여 입사되는 위치가 광학계의 조건에 의해 한정되므로, 입체 영상을 정확하게 보기 위하여는 정해진 위치에서만 볼 수 있어 다수인의 동시 시청은 불가능하다. 그리고, 2대의 카메라로 공간을 촬영하기 때문에, 시청자가 수평 방향으로 이동하여도 수평 방향의 다른 곳에서 본 영상 시청은 불가능하다(운동시차 결여). 또한, 입체 영상이 스크린으로부터 튀어나온 듯이 보여도, 실제로는 2대의 카메라 영상은 스크린 면에 결상되어 있기 때문에, 눈의 핀트가 스크린 면에 일치하지 않으면 선명한 영상을 볼 수가 없다(폭주 조절모순). 이런 이유에서 시청자는 생리적인 부

# 특집 「3차원 영상기술」

## 초다안(超多眼) 입체 디스플레이

梶木 善裕(KAJIKI Yoshihiro)\*, 김성규

연스러움을 제거하여, 자유롭게 자연스러운 입체 텔레비전 구현을 목적으로 입체 영상 시스템에 대하여 연구를 수행하고 있으며, 본 논문에서는 그 개요를 소개한다.

### 2. 초다안

#### 2.1. 2안 스테레오그램

종래의 입체 영상 시스템은 좌우의 눈에 상응하는 2대의 카메라에 의한 영상을 입체 안경 등을 이용하여 관찰하는 2안 스테레오그램이라 하는 방법을 이용하는 것으로, 좌우의 눈에 발생하는 양안시차에 의한 입체감을 얻는 방식이다. 그러나, 2대의 카메라 영상을 좌우의 눈에 분리하여 보여주기 위해서는 보통 입체

자연스러운 상태에 있게 되어, 입체 영상 시청 시, 발생하는 피로 현상의 한 원인이라고 할 수 있다.

#### 2.2. 다안 스테레오그램

2안 스테레오그램의 원리를 확장한 입체 표시 기술로, 다안 스테레오그램방식이 있다(1). 그림 1은 다안 스테레오그램의 개략도로, 여러 대의 카메라로 피사체를 촬영하여 이에 대응하는 프로젝터(Projector)와 2장의 렌티큘라 등으로 각각의 영상을 분리하여 표시해주는 방법이다. 그림 1의 경우, 프로젝터 1의 영상은 가상창 1의 내측으로부터 관찰 가능하도록 구성되어 있어 시청자 1의 좌안에는 프로젝터 1의 영상이, 우안에는 프로젝터 2의 영상이 입사되어, 입체 안경을 착용하지 않아도 양안 시차에 의한 입체 영상을 관찰할 수 있으며, 시청자 2도 같은 방식으로 프로젝터 4와 5

\* Advanced 3-D Tele-Vision Project, Telecommunications Advancement Organization(TAO) of Japan, kajiki@3dpro.tao.go.jp

## 초다안(超多眼) 입체 디스플레이

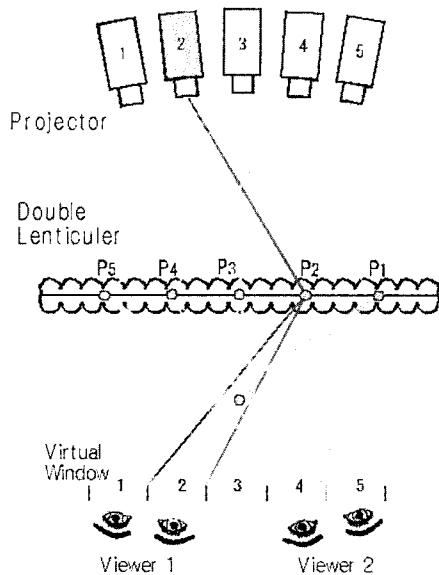


그림 1. Schematics of Multi-View Stereogram

의 영상에 의한 입체 영상을 볼 수 있다. 또한, 관찰자 1이 오른쪽 방향으로 이동하여도, 프로젝터 2와 3, 그리고 3과 4의 영상에 의하여 입체 영상 시청이 가능하다. 그러므로 영상은 시청 위치에 대응하여 변화하기 때문에 운동시차도 제공된다.

다안 스테레오그램은 이와 같은 일부분의 2안 스테레오그램 결점을 해결할 수는 있지만, 3차원 공간이 여러 방향으로부터 촬영한 이산 영상이기 때문에, 시청자가 좌우에 이동하여도 이산적인 운동시차가 밖에 제공되지 않는다. 따라서, 다안 스테레오그램은 2안 스테레오그램과 같이 양안 시차에 의한 입체 표시 방식이므로 폭주 조절 모순의 문제를 해결할 수 없다.

### 2.3. 초다안 스테레오그램

초다안 스테레오그램은 위에 기술한 다안 스테레오그램을 확장한 것으로, 그림 2는 초다안의 개략도를 나타낸 것이다(2). 그림 2에서와 같이 다안 스테레오그램에서 가상창의 간격을 눈의 동공경보다 좁게 한 경우를 가정한 것으로, 이를 초다안 조건이라 부른다. 초다안 조건을 만족하면, 시청자의 단안에는 항상 복수 카메라의 영상이 입사되고, 망막에 투영되는 과정

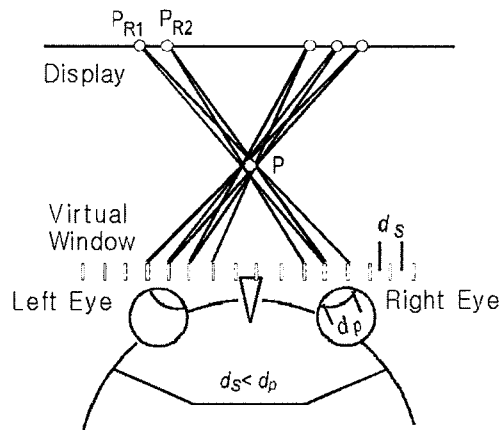


그림 2. Schematics of the Super Multi-View Region

에 합성된다. 시청자가 좌우로 이동하면, 이동한 방향으로 새로운 카메라의 영상이 첨가되어, 이동에 반대되는 방향의 카메라 영상은 동공으로부터 벗어나게 된다. 망막에는 항상 복수의 시차가 존재하여 투영된다. 이산화된 운동시차가 연속화 되어, 시청자는 입체 영상이 부드럽게 변화하는 것처럼 보게 된다. 결국, 동공의 좌측과 우측에 입사되는 영상은 다른 카메라로부터 촬영한 시차를 갖고 있으므로, 단안 가운데에도 시차가 발생한다(단안 시차). 시청자는 이러한 단안시차를 이용하여 입체상의 위치에 눈의 핀트(초점 조절)를 맞출 수 있다.

이러한 특징들로부터 초다안을 이용하면 자연스러운 입체 디스플레이를 실감할 수 있다.

## 3. 초다안 입체 디스플레이

### 3.1. 집속화 광원렬(Focused Light Array : FLA) 방식

실제로 인간의 눈 동공은 3 ~ 8mm 정도로, 초다안 조건을 만족하기 위하여는 좁은 간격에 많은 시차 영

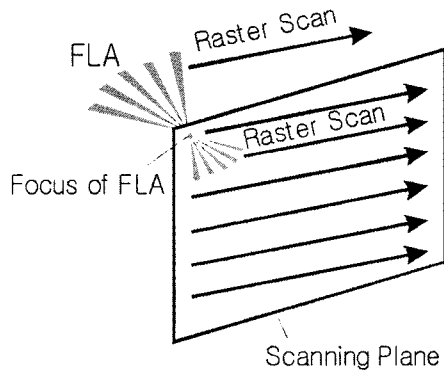


그림 3. Schematics of the Multi-View Display using FLA.

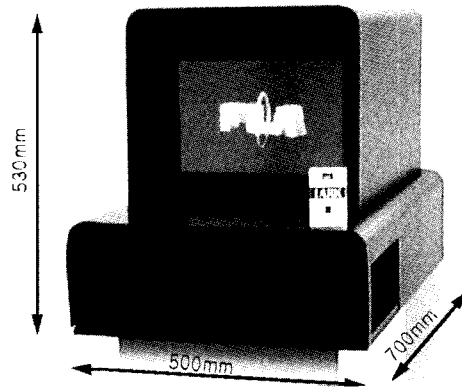


그림 4. External Appearance of the FLA Display

상을 표시할 필요가 있다. 예를 들어, 좌우 이동 가능한 범위(시역)를 200mm라 하고, 영상을 5mm 간격으로 제시하는 경우, 전체로 보면 40 종류의 시차 영상을 표시하여야 한다. 이를 실현하기 위하여 FLA를 이용한 입체 표시 방식을 개발하였다(3).

우선, 소형 광원으로부터 나온 빛을 좁은 광속으로 정형한다. 그 다음에 다수의 광속을 원호의 위에 나열하고, 전체의 광속이 동일한 한곳에 집속하도록 배치하는데, 이런 광원의 어레이(array)를 집속화 광원열(Focused Light Array)이라 부른다. 그림 3에서와 같이 이러한 광속들이 CRT의 전자 빔처럼 고속으로 레스터 주사를 해가면서 각각의 광원의 강도를 조절하여 영상을 묘사한다. 이런 구성의 경우, 광원에 반도체 레이저 등의 소형 광원을 이용하면, 초다안 조건(즉 좁은 간격에 많은 시차 영상을 표시하는 것)을 만족시킬 수 있다.

그림 4는 처음 제작한 FLA 방식의 입체 디스플레이 외관이고, 표 1은 시스템의 사양을 나타낸 것이다. 적색의 가시 반도체 레이저를 0.5도 간격으로 45개를 배

열하여 전체적으로 22.5도의 FLA를 구성하여, 이것을 매초 30 프레임의 속도로 레스터 주사를 하면서 45안의 입체 영상을 표시하였다. 이러한 디스플레이는 입체 안경을 착용하지 않고 다수의 시청자가 동시에 볼 수 있고, 부드러운 운동시차 등과 같은 초다안의 특징을 실증하였다.

### 3.2. 그 외의 초다안 입체 디스플레이

위에 기술한 FLA방식의 초다안 입체 디스플레이와 같이, 현재까지 여러 연구자들에 의하여 다른 형태의 초다안 입체 디스플레이들이 개발되어지고 있다. 예를 들어, 2.5kHz로 변경 가능한 강 유전성 패널을 1차원 주사하여 시분할 표시를 이용한 디스플레이의 경우, 약 0.15도의 간격으로 256안의 시차 영상을 표시하였다(4). 원통상의 패러랙스 베리어에 LED 어레이를 회전시켜, 멀티플렉스 홀로그램 처럼 360도 전체적으로 입체 영상을 관찰하는 것이 가능한 디스플레이가 개발되었다(5). 위에서 기술한 패러랙스 베리어를 강 유전

표 1. Important specification of the prototype of th FLA

The size of the 3D image	185mm × 125mm × ~200mm (X × Y × Z)
Pixel number and parallax number	400(horizontal) × 400(vertical) × 45(parallax)
Frame rate	30 Hz
The interval of the parallax	0.5 Degree
Viewing angle	Horizontal 22.5 Degree
Color (wavelength)	Red 1 (630nm)
System size	500mm × 530mm × 750mm (X × Y × Z)

## 초다안(超多眼) 입체 디스플레이

성 액정을 이용하여, 기계적인 주사를 배제한 초다안 디스플레이도 개발되었다(6). 또한 헤드 마운트 형으로 좌우의 눈 주변에 초다안 영상을 제공하여 적은 정보량으로도 초다안의 자연스러운 입체 화상을 표시 가능한 디스플레이도 개발되었다(7).

### 4. 맺음말

본 논문에는, 눈의 동공경보다 좁은 간격으로 많은 수의 영상을 제시하여 "초다안" 이라 부르는 입체 표시 방법을 소개하였다. 자유롭게 자연스러운 입체 표시를 시청할 수 있는 가능성을 설명하였다. 또한, FLA 방식 등의 새로운 표시 기술에 의한 초다안 입체 디스플레이가 실현 가능하다는 것을 보였다. 본 논문에서는 초다안 입체 디스플레이를 기준으로 서술하였으나, 저자가 소속한 연구 기관에서는 다안 카메라로 촬영한 영상을 고속 계산이 가능한 DSP등을 이용하여 실시간 시차 보간을 실현하기 위한 연구가 진행 중

에 있다. 또한 초다안 화상의 촬영 시스템의 개발도 진행되고 있다. 또한, 초다안 영상에 대하여 시청자의 반응, 시각 인식에 대하여도 연구되어지고 있다.

### 참고 문헌

- 1) H. Isono, M. Yasuda, D. Takemori, H. Kanayama, C. Yamada and K. Chiba, "50-inch Autostereoscopic Full-Color 3-D TV Display System," SPIE Proc., 1669, 176-185, Feb. 1992.
- 2) Y. Kajiki, H. Yoshikawa and T. Honda, "Ocular Accommodation by Super Multi-View Stereogram and 45-View Stereoscopic Display," IDW 96 Proc., Vol.2, pp. 489-492, Oct. 1996.
- 3) Y. Kajiki, H. Yoshikawa and T. Honda, "3-D video display using multiple light-beams with scanning," IEEE Trans. on CSVT, Mar., 2000.
- 4) Y. Kajiki, T. Honda: "Super Multi-View 3-D Display using 2-Dimensional SLM and 1-Dimensional Scanning (in Japanese)," Proceedings of 3D image conference '98, (1998), pp.16-21.
- 5) T. Endo, Y. Kajiki, T. Honda and M. Sato, "A Cylindrical 3D Video Display Observable from All Directions," SPIE Proc., 3957, 225-233, Jan. 2000.
- 6) T. Sudo, H. Morishima, T. Osaka and N. Taniguchi, "3D display using intersection of light beams," SPIE Proc., 3957, 215-224, Jan. 2000.
- 7) S. K. Kim, Y. Kajiki, T. Honda, "Three-dimensional display system for one observer using multiprojection of 2D images from an arc," SPIE2001, Stereoscopic Displays and Applications XII, Proc., Jan. 2001.

### 약 력



KAJIKI Yoshihiro

Received the B.Eng., M.Eng. and Ph.D. degrees from Kyushu University, Japan in 1985, 1987 and 2000, respectively.

He joined the Opto-Electronics Research Labs., NEC Corp. in 1987, and he is now an Assistant Manager of NEC. From 1992 to 1997, he was a

Researcher for the Advanced 3D Telecommunication Project at the Telecommunications Advancement Organization of Japan (TAO), and he is now a Project Sub-Leader of the 3-D Tele-Vision Project. His current research interests include 3-D video displays, 3-D image processing and 3-D vision.



김성규  
이학 박사 (물리학, 양자광학)

1996년부터 1999년 4월까지 KIST 영상미디어 센터에 박사과정 학생 연구원으로 재직하며, 홀로그래픽 비디오 시스템의 개발과 CGH 부분을 연구.

2000년 2월 고려대학교 물리학과 양자광학 전공, 박사 학위 취득. 1999년 4월부터 현재까지 일본 통신 방송 기구 (TAO), 고도 3차원 동화상 원격 표시 프로젝트, 해외 초청 연구원으로 재직 중. HMD 형태의 입체 영상 표시 장치의 연구에 종사.