

**스테레오 이미지에 관한 연구**  
A Study on Stereo Image (Stereopsis)

**홍 석 일(Suk-il Hong)**

한양대학교 디자인대학 디자인학부

이 논문은 1999년도 한양대학교 학술연구비 수혜에 의한 것임

1. 머리말

2. 전통적인 스테레오 이미지

2.1 스테레오 이미지의 역사

2.2 스테레오 이미지의 원리

2.2.1 시각 인지 시스템

2.2.2 깊이(Depth)의 인식

2.2.3 스테레오 이미지의 원리

2.3 스테레오 페인팅

2.4 광학적 스테레오 이미지 투시장치

3. 전자적 스테레오 이미지

3.1. 전자적 스테레오 이미지의 원리

3.2. 스테레오 모니터

4. 홀로그래피(Holography)

4.1 홀로그래피의 원리

4.2 홀로그래피의 종류

5. 가상 현실(VR: Virtual Reality)

6. 맺는말

참고문헌

논문요약

본 연구는 스테레오 이미지의 역사적 고찰을 바탕으로 인간의 시각 인지시스템과 전통적인 스테레오 이미지의 원리를 연구, 분석하며, 나아가 컴퓨터 그래픽스의 시각화(Visualization)에 있어 새로운 전자적인 3차원 스테레오 이미지를 연구하는데 그 목적이 있다.

컴퓨터에서 이미지를 처리하고 구현할 수 있게됨에 따라, 컴퓨터의 시각화는 매우 정교하고 사실적인 퀄리티를 갖게 되었다. 종전에는 수치로 표시되었던 과학적 연구의 결과가 이제는 단순히 2차원적인 도형을 보여주는 차원을 넘어 3차원적인 데이터의 처리가 보다 사실적인 시뮬레이션을 위해 입체적으로 보여지는 여러 기술적인 개발이 이루어져 왔다.

따라서 이 연구에서는 스테레오 이미지의 원리를 바탕으로 광학적, 전자적 스테레오 이미지를 연구, 분석하며, 나아가 컴퓨터 그래픽스의 새로운 3차원 스테레오 이미지의 표현 가능성을 연구하고자 한다.

Abstract

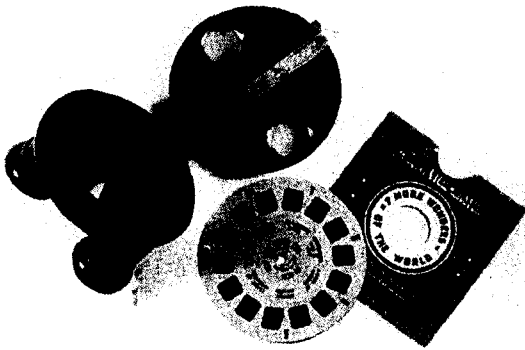
The purpose of this study is to analyze traditional stereo images (stereopsis), and study electronic methods to create stereo images using computer graphics technology on visualization of computer.

Computer system can process image data and show results on its display. In the early days of computer era, most scientific research data was printed on paper as a procession of digits. These days, the visualization of computer graphics has a precise and realistic quality in its imaging technology. Some technological advances have been developed to not only display 2-dimensional geometry but also 3-dimensional stereo images to simulate virtual reality.

In this study, I have discussed the history of stereopsis, principles of stereo images and technological developments. Also I analyzed the components of stereo images, optical and electronic methods and visual systems which are used in computer graphics technology. I developed my own theories on possibilities for new methods of 3-dimensional stereo images.

중심어: Stereopsis, Holography, Virtual Reality

1915년 미국의 에드윈 포터(Edwin Porter)와 윌리엄 와델(William Waddell)이 만든 최초의 3차원 청적색 입체사진방식(Anaglyphic)의 영화가 상영되었다. 1920년대와 1930년대는 많은 회사들이 다양한 방식의 스테레오스코프를 만들어 보급하였으며, 미국 시카고의 메이시아트(MacyArt)같은 회사에서는 청적입체사진 이미지가 담긴 책들을 출판하였다. 1933년, 미국의 트루-뷰(True-View)사에 35밀리 필름을 이용한 새로운 형식의 스테레오스코프를 선보였다. 이것은 1930년대와 40년대를 풍미하였다. 1938년에는 윌리엄 그러버(William Gruber)가 뷰메스터(View-Master)를 발명하여 1940년대와 1950년대에 선풍적인 인기를 끌었다.



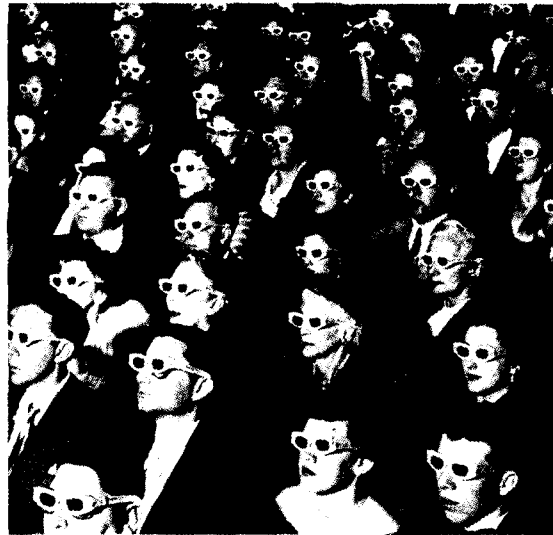
(그림 4) 최초의 뷰메스터 모델과 투시 필름.

1940년에 미국의 랜드(Land)는 The Journal of the Optical Society of America에 벡토그래프(Vectograph)라는, 편광필터를 이용한 새로운 방식의 스테레오 이미지를 만드는 방식을 소개하였으며, 이것은 폴라로이드(Polaroid)사에서 양산되었다. 1945년에는 데이비드 화이트(David White)사가 스테레오 리얼리스트(Stereo Realist)라는 35밀리 스테레오 카메라를 시판하였는데, 이후로도 계속 많은 모델이 발표되었다.



(그림 5) 스테레오 리얼리스트 카메라 광고. 유명인사나 연예인들을 모델로 등장시킨 시리얼광고로 대단한 인기를 끌었다. 오른쪽은 유명한 세실 B. 데일 감독이 출연한 광고이다.

1950년대 중반에는 3-D 사진 열풍이 미국과 유럽을 휩쓸었다. 1952년 발표된 영화 브와나 데블(Bwana Devil)은 상업적으로 성공하였을 뿐만 아니라 3차원 영화의 전성기를 가져왔다. 새로운 3-D 카메라들이 속속 개발되었으며, 그 가운데 코닥사의 코닥 스테레오(Kodak Stereo)가 합리적인 퀄리티의 가장 싼 카메라였다. 그러나 1960년대 들어서면서부터 스테



(그림 6) 3차원 입체안경을 착용하고 영화 브와나 데빌을 감상하고 있는 관중들. 1950년대의 사회상을 반영하는 대표적인 사진 가운데 하나이다.

레오 사진에 대한 대중들의 열기는 식어갔으며, 1971년부터는 카메라 제조가 대부분 중단되었다.

그러나 1980년대까지도 Parasite, Bayou, Rottweiler같은 3-D 영화는 계속해서 만들어졌다. 1980년 미국 로스앤젤레스의 셀렉TV(SelectTV)에서는 청적입체사진방식의 3-D TV프로그램을 최초로 방송하였으며, 1982년에는 4월과 5월에 걸쳐 미국 전역의 46개 방송국에서 3-D 프로그램을 방송하였다.<sup>3)</sup>

## 2.2 스테레오 이미지의 원리

### 2.2.1 시각 인지 시스템

사람은 사물의 형태와 명암, 그리고 색을 인지하는 감각기관으로 눈(Eye)을 가지고 있다. 눈은 구의 형태를 하고 있으며, 두뇌와 직결되어 있는 상당히 예민한 감각기관이다. 좌/우한 쌍으로 구성되어 있어 사물을 입체적으로 파악할 수 있다. 눈은 가장 바깥부분인 각막(Cornea), 빛을 통과시키는 수정체(Lens), 조리개의 역할을 하는 홍채(Iris), 상이 맺히는 망막(Retina), 그 밖에 시신경(Optic Nerve)등으로 구성되어 있다. 우리가 사물을 바라볼 때, 각막과 수정체를 통하여 빛이 들어오고 망막에 상이 맺히는데, 이때 망막에 있는 리셉터(Receptor)라 부르는 간체(桿體: Rod)와 원추체(圓錐體: Cone)의 시신경 세포가 빛의 파장을 감지하여 대뇌피질(Cerebral Cortex)에 전달함으로써 양쪽 눈을 통해 인식된 사물의 이미지가 두뇌속에서 입체적으로 완성된다. 일반적으로, 사람들의 두 눈이 물체로부터 약 60cm정도 떨어져 있다고 할때, 두 눈의 중심사이의 평균 약 64mm정도이다. 이 정도의 거리에서 스테레오 감을 느끼기 위해서는 두 눈은 약 6도 정도의 교차가 요구된다.<sup>4)</sup>(왼쪽눈을 위해서는 중심축의 왼쪽방향으로 +3도 정도, 오른쪽 눈을 위해서는 -3도 정도)

3) Morgan, Hal and Dan Symmes. op. cit. p. 163

4) Lipton, Lenny. The Evolution of Electro-Stereoscopy. IRIS universe, summer 1989; p. 18

## 1. 머리말

스테레오 사진은 영국의 빅토리아시대에 최초로 등장하였다. 당시에는 사람들이 잘 갈 수 없거나 가기 꺼려하는 이국적인 장소나 풍물을 소개하는데 이용되었다. 두개의 좌, 우 이미지가 두꺼운 종이카드에 옆으로 나란히 장착되고 입체안경에 잘 들어 맞도록 조절되어 3차원적인 환영을 만들어 내었다. 이후 수십년간에 걸쳐 여러 사진회사에서 수백만장의 이런 스테레오 이미지들을 만들어 내고 보급하였다. 이런 스테레오 카드들은 미국이나 유럽에서 한 시대를 풍미하고 지금은 사라졌으나, 아직도 외국의 베틀시장이나 골동품 가게에서 싼값에 거래되고 있다.

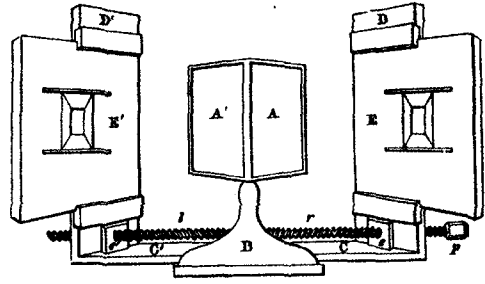
스테레오 사진은 오늘날 주로 어린이들에게 친숙한 뷰마스터(View-Master)에서 아주 작은 컬러 슬라이드가 원반위에 좌우 대칭으로 돌아가면서 나열된 현대적인 모습으로 재현되고 있다. 또한 스테레오 이미지를 구현하는 수많은 방식과 입체경, 카메라들이 등장하여 상업적인 성공을 거두었으나, 지금은 예술적 형태로서, 취미애호가, 또는 골동품수집가들에 의해 일부 선호되고 있는 실정이다.

최근에는 컴퓨터를 이용한 3차원 입체 형상이 만들어지고, 이것을 사진과 같은 퀄리티의 극히 사실적인 3차원 이미지의 렌더링이 가능하게 되었다. 그러나 3차원 이미지는 물체가 컴퓨터상의 3차원 공간에서 만들어 진다 하더라도 최종 렌더링은 사진과 같은 2차원 이미지로 재현되기 때문에 현실감이 부족할 수 밖에 없다. 따라서 3차원 이미지에 대한 연구는 실제적으로 3차원적 사실감을 구현하는 홀로그램(Hologram)이나 VR(Virtual Reality)같은 보다 진보된 기술로 발전하였다.

## 2. 전통적인 스테레오 이미지

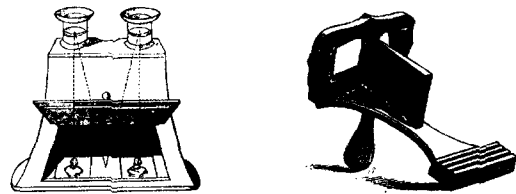
### 2.1 스테레오 이미지의 역사

스테레오 이미지는 영어로 Stereoscapy, 또는 Stereopsis라고 하는데, 그리스어 Stereos로부터 유래되었으며, "입체적인 시야(Solid sight)"를 의미한다. 이것은 왼쪽눈과 오른쪽눈을 통해 들어온 풍경이 하나의 3차원적인 이미지로 보여지는것을 의미한다. 두눈에 의한 시야의 원리는 기원 300년 유클리드 이래의 학자들에 의해 알려져 왔고 설명되어 왔다. 각각의 눈이 약간 다른 이미지를 감지한다는 사실은 1584년 레오나르도 다 빈치에 의해 언급된 바 있으며, 그는 물체의 앞면과 뒷면의 상관관계를 나타내는 다이어그램을 그렸다. 1833년 찰스 휘트스톤경(Sir Charles Wheatstone)은 최초로 스테레오스코프(Stereoscope)를 만들으로써 스테레오 이미지가 서로 분리된, 깊이에 대한 감각이라는것을 인식하고, 입체로된 두개의 서로 다른 그림을 효과적으로 합성하였다." 이후 그는 또 1839년 텔보타입 프로세스(Talbotype Process)를 가지고 최초의 사진적 입체이미지를 만들기 위해 폭스 텔보트(Fox Talbot)를 설득하였으며, 다게레오타입(Daguerreotype)도 또한 같은 목적으로 광범위하게 사용하였다.



(그림 1) 휘트스톤경이 최초로 만든 스테레오스코프. 거울을 이용하여 좌, 우 양쪽의 이미지를 투영하고 있다.

은입자 처리과정의 사진현상방식이 완성되었을 때, 스테레오 이미지는 영국, 프랑스 그리고 미국등지에서 가장 활발한 여가활동이 되었다. 1844년 독일에서 스테레오 사진을 촬영할 수 있는 기술이 시연되었으며, 스코틀랜드에서는 데이비드 브류스터(David Brewster)가 휘트스톤의 스테레오스코프보다 훨씬 작고 가지고 다니기 편리한 투시경을 발명하였다. 대중적인 보급은 1850년경부터 본격적으로 이루어졌다. 각 가정마다 스테레오 사진세트와 함께 올리버 웬델 홈즈(Oliver Wendell Holmes)가 발명한 홈즈 투시경이나 그와 유사한 상품을 소유하고 있었다.



(그림 2) 왼쪽: 브류스터 스테레오스코프, 오른쪽: 초기의 홈즈 투시경.

1858년에는 조셉 달메이다(Joseph d'Almeida)가 불란서 파리에서 채색된 사진과 필터를 이용하여 3차원 스테레오 이미지를 영사할 수 있는 방법을 소개하였다. 1896년, 불란서회사인 줄 리하르(Jules Richard)가 베라스코프(Verascope)라는 작은 스테레오 카메라를 시판하였는데, 1901년에는 미국 코닥(Kodak)사에서 No.2 스테레오 코닥과 스테레오 브라우니(Stereo Brownie)를 소개하였다.<sup>2)</sup>



(그림 3) 초기의 스테레오 사진.

1) Lipton, Lenny. The Evolution of Electro-Stereoscapy. *IRIS universe*, summer 1989; p. 11  
2) Morgan, Hal and Dan Symmes. *Amazing 3-D*. Cambridge: Steam Press, 1982. p. 15

### 2.2.2 깊이(Depth)의 인식

사물을 입체적으로 인식하는데 있어 깊이에 대한 인식은 중요한 요소이다. 한쪽 눈만 가지고는 사물의 입체형상을 파악할 수 없지만, 깊이의 감각을 위해 두 눈이 반드시 필요한 것은 아니다. 한눈의 깊이(Monocular Depth)에 대한 인식구조가 잘 규명되어 있지 않았다 해도, 예술가들이나 인지심리학자들은 “풍경적인(Pictorial)”깊이에 대한 이해에 의해 통상적인 양식으로 사용되어 온 이미지의 퀄리티를 언급하여 왔다. 풍경적인 깊이감은 일반적으로 다음과 같은 범주로 분류되고 있다.<sup>5)</sup>

**선형적 투시(Linear Perspective):** 투시도면에 대한 개념은 르네상스시대에 확립되었다. 인간의 눈을 포함한 광학시스템의 기본적인 영역인 카메라 투시는 같은 크기의 물체가 서로 다른 거리에 놓여져 있을 때 초점이 맺히는 횡단면은 그 거리에 비례한다. 즉, 물체가 멀어질수록 초점이 맺히는 횡단면은 크기가 작아진다.

**사물의 위치(Interposition):** 한 물체가 다른 물체의 앞에 놓이게 되면 뒤의 물체를 가리게 된다.

**그림자(Shadow):** 우리는 일반적으로 빛이 위에서 비친다고 생각한다. 그림자는 물체나 인물이 바닥이나 배경과 관련하여 그런 인식에 대한 감각을 부여한다.

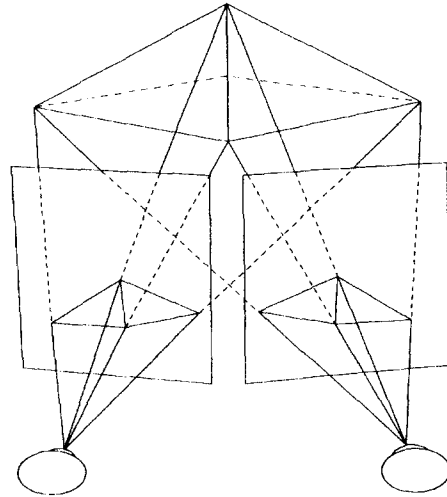
**세부적인 투시(Detail Perspective):** 물체가 멀리 있을수록 표면의 질감은 부드럽어지며, 세부묘사는 사라진다.

**공간적인 투시(Aerial Perspective):** 공중에 떠있는 먼지상태나 공간의 투명성은 빛의 짧은 파장에 의해 풍경을 파르스름하게 만든다.

대다수 사람들의 두눈의 깊이(Binocular Depth)에 대한 인식은 가까운데 있는 물체를 볼때는 눈을 모으고, 멀리있는 물체를 볼때는 분산하는 방법, 곧 시각적 집중력(Visual Convergence)에 근거한다. 가까운 물체는 망막의 반응영역에 같은 이미지가 투사되기 위해 멀리있는 물체를 볼때보다 더 눈의 집중이 요망된다. 또한 두눈의 깊이 인식은 삼각측량방식에 의해 이룩된다고 생각되어 왔다. 그러나 스테레오스코프를 가지고 행한 19세기의 실험은 깊이의 두눈 인식을 위해 집중력이 필요한것은 아니라고 확인시켜주고 있다. 실험에서는 눈동자를 조절하기에는 너무 짧은 시간에 스테레오 사진이 광선에 비쳐졌다 하더라도 스테레오 한쌍의 깊이의 인식을 경험하였다. 스테레오 사진은 깊이에 대한 정보의 또 하나의 요소인 조절작용(Accommodation) - 눈의 수정체는 가까운 물체를 바라볼때에는 두꺼워지고, 멀리있는 물체를 바라볼때에는 얇아진다 - 을 제외시켰다. 스테레오 이미지에 있어 눈은 스테레오 사진에 초점이 맞춰져 있기때문에 수정체의 조절은 깊이에 대한 정보를 주지 않으며, 깊이는 인식되지 않는다.

### 2.2.3 스테레오 이미지의 원리

Stereopsis는 2차원적인 평면에서 부등성(Disparity)이라는 시각적 편차를 가지고 인식하는 좌, 우 각각의 한눈의 깊이(Monocular Depth)를 영상합성(Superimposition)을 통해 사물

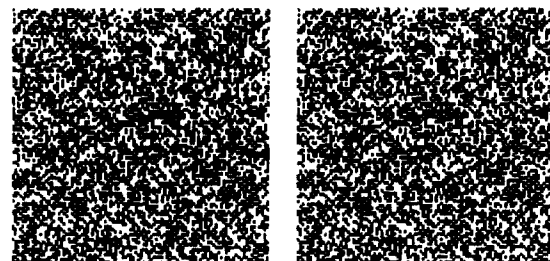


(그림 7) 두개의 투시적 관점을 설명한 그림. 두 눈은 각각의 투시적 관점으로 물체를 바라보며, 3차원적인 물체의 두 평면의 표면에 기하학적인 투시가 이루어져 있다.

의 형상을 두눈의 깊이(Binocular Depth)로 인식하는 과정이다. 부등성이란 두눈의 시각편차(Binocular Parallax)를 뜻하는데, 물체의 수평적 위치를 왼쪽과 오른쪽 눈이 각각 차이를 느끼는 것이다.

스테레오 이미지는 두 이미지간의 거리를 조절함으로써 부등의 각도를 결정하게 되고 따라서 이미지의 깊이에 대한 평면을 결정하게 된다. 두 이미지간의 간격을 벌릴수록 부등성은 증가되고 물체가 상대적으로 가까이 놓여지게 한다. 간격을 좁힐수록 물체가 보다 더 멀리 나타나게 한다.

미국 벨 연구소(Bell Lab.)의 인지심리학자인 벨라 훌레즈(Bela Julesz)는 스테레오 감을 분리해 내기 위한 실험적 기법으로 임의의 점 스테레오그램(RDS: Random Dot Stereogram)을 개발하였다.<sup>6)</sup> 이 RDS는 스테레오적인 깊이를 인식하는데 시각적 집중이나 조절이 아닌 부등성의 차이가 중요한 역할을 한다는 것을 증명하고 있다. RDS의 떠다니는 조각을 보려면 두 이미지 사이의 부등성을 감지하여야 한다. 여기에는 떠다니는 면에 대한 어떤 암시, 선형적 투시, 엄폐, 그림자도 없으



(그림 8) 벨라 훌레즈의 Random Dot Stereogram.

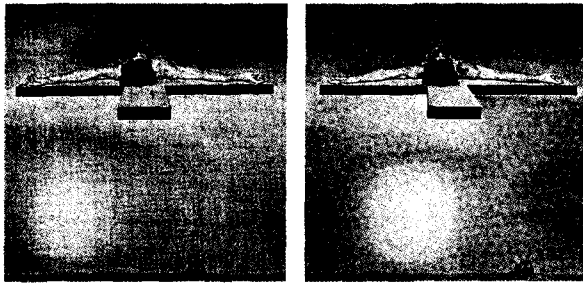
100 x 100개의 점으로 구성되었으며, 스테레오 감을 인식하면 T자 형태가 코 앞에서 배경으로부터 위치가 바뀌어 나타난다.

5) Friedhoff, Richard Mark and William Benzon. *The Second Computer Revolution: VISUALIZATION*. New York; Harry N. Abrams, Inc., 1989. p. 32  
6) op. cit. p. 36

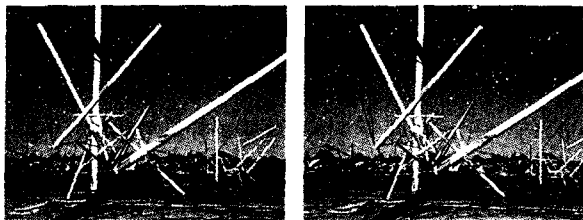
며, 풍경적이거나 한눈의 깊이에 대한 단서도 없다. 홀레즈의 연구에 의하면 5~20%의 사람들이 이 스테레오 이미지를 감지하는데 어려움을 겪었다고 한다.

### 2.3 스테레오 페인팅

스테레오 페인팅은 왼쪽과 오른쪽 투시를 그림으로써 만들어질 수 있다. 컴퓨터 그래픽스 기술은 스테레오 이미지를 만드는데 매우 쉽게 접근할 수 있다. 컴퓨터는 두 눈에 필요한 각각의 뷰를 만들어 내며, 이 스테레오 이미지는 일반적인 스테레오 투시경이나 스테레오 모니터, 편광안경등을 통해 볼 수 있다.



(그림 9) 달리(Salvador Dalí)의 Christ of Gala, 1978



(그림 10) 조각가 케네스 스넬슨(Kenneth Snelson)의 컴퓨터 이미지. 스넬슨은 자신의 작품세계를 실리콘 그래픽스 컴퓨터에서 앨리아스(Alias) 3D 프로그램을 사용하여 가상공간속에 재현하였다. 위에 있는 이미지는 그의 "Forest Devil by MoonNight"이고, 아래 이미지는 "Loquacious Cones"이다.

### 2.4 광학적 스테레오 이미지 투시장치

광학적인 스테레오 투시경은 아마도 사실적인, 3차원으로 된 이미지를 이해하기 위한 가장 손쉬운 방법이 될 것이다. 그것은 두개로 나뉘어져 조화된 광학시스템을 통해 보여지는, 옆으로 나란히 놓여진 두개의 이미지를 필요로 한다. 하나는 왼쪽눈을 위한 것이고 또 하나는 오른쪽눈을 위한 것이다.

다른 하나의 방법은 청색과 적색(또는 녹색)으로 그려진 이미지를 한쪽은 청색필터가 달려있고, 또 한쪽은 적색필터가 달려있는 안경으로 관찰하는 것이다. 적색필터가 달려있는 눈으로는 청색이미지를 검은색으로 인식하게 되는데 그 까닭은 적색필터를 통해서 적색과 흰색을 구분할 수 없기 때문이다. 마찬가지로 청색필터가 달려있는 눈으로는 오직

적색이미지만을 까만색으로 인식한다. 왼쪽이미지와 오른쪽 이미지가 지속적으로 나뉘어져 있는 이런 방식의 스테레오 이미지는 청적(靑赤) 입체사진(Anaglyph)이라 불리운다.



(그림 11) 전형적인 청적 입체투시 안경

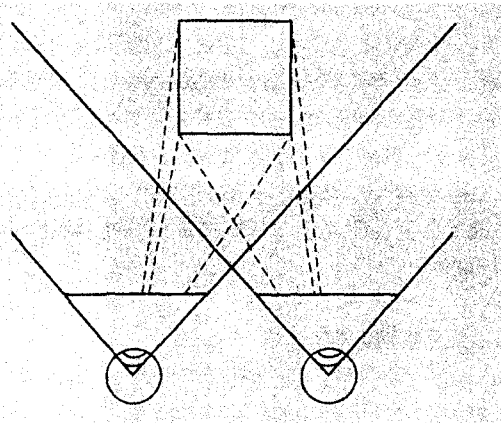
## 3. 전자적 스테레오 이미지

### 3.1 전자적 스테레오 이미지의 원리

우리의 두 눈은 어떤 물체를 가까이에서 바라볼 때 동시에 응시하기 때문에 2차원적인 모니터에서 스테레오를 이루기 위해서는 물체를 중심을 따라 대칭으로 회전시켜야 하고, 그래서 물체의 중심으로 두개의 시점이 집중되는 것을 가상으로 구현한다. 모니터상에서 스테레오감을 실현하기 위해서는 비슷한 물체이동이 함축되어 있다. 투시적인 물체의 이동은 평면의 중심에서 눈이 수직적으로 마주하는 면에 3차원적인 좌표를 투영한다. 평면의 중심으로부터 투시가 멀어질수록, 이미지는 점 더 길게 잡아늘려진것처럼 보인다. 평평한 화면상에 이미지가 보여지는것은 사용자가 언제나 화면자체를 투시적으로 파악하기때문에 자동적으로 보상된다. 더구나 두뇌는 사용자의 눈에 수직적으로 되어 있지 않은 화면상에 이미지가 투시되기 때문에 발생하는 왜곡(Distortion)을 보상한다. 이런 보상은 양쪽 눈에 다같이 왜곡되었을 때에만 가능하다.

만약 서로 다른 시야를 보이려고 회전시키면, 시야의 투시면은 서로에게 나란하지 않다. 만약 두개의 모니터를 사용한다면, 서로 다른 시야의 편차를 조절할 수 있기때문에 문제가 되지 않지만, 두 시야를 하나의 모니터에서 표시한다면, 두 눈에 대한 서로 다른 투시때문에 왜곡이 일어나는데, 왜곡은 수직과 수평 두군데서 같이 일어난다. 일반적인 시각에서는 수직적인 편차는 일어나지 않지만, 대부분의 사람들에게 매우 불편하게 느껴진다.

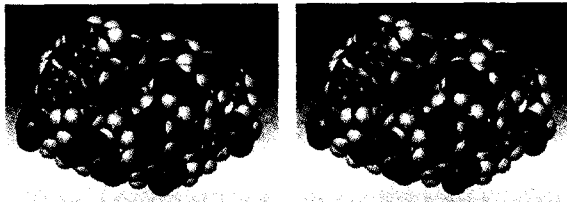
하나의 해결방법으로는 투시도법을 사용하지 않고 가까이



(그림 12) 모니터상에서의 좌, 우 눈의 시각적 편차(Parallax).

움직이거나 멀리 떨어져 있어도 일정한 크기가 유지되는 정사영(正射影)(Orthographic) 투시를 이용하는 것이다. 수학적으로는, 두 눈은 무한대의 원거리에 놓여져 있는 것과 같다. 수직방향 윗쪽 중심축에 대한 회전은 수평방향의 편차만을 야기한다.

이 해결책은 기본적으로 부정확하지만, 매우 그럴듯하게 작용하고, 별로 불편해 보이지 않는다. 그래서 컴퓨터상에서 화학적 분자구조를 연구하는 Computational Chemistry 같은 분야에서 사용하는 일반적인 어플리케이션에서는 투시를 적용하지 않는다.<sup>7</sup> 사실, 회전은 정사영 투시를 사용한 스테레오를 이루기 위해 사용하는 오직 한가지의 쉬운 방법이다.



(그림 13) 화학 분자구조의 스테레오 이미지.

### 3.2. 스테레오 모니터

전자광학적 셔터가 등장하게 된 것은 1970년대부터인데, 연속적으로 적절한 필드가 나타나는 스테레오 컴퓨터 모니터가 등장하는 계기가 되었다. 이미지를 좌우로 분리하기 위해 셔터(Shutter)를 사용하였는데, 왼쪽과 오른쪽 투시 이미지가 번갈아가며 모니터에 나타나게 된다. 각각의 이미지는 해당방향의 눈을 위한 것이다. 이런 효과는 하나의 모니터에서 두 이미지가 표시되는 것을 가능하게 해준다. 이런 종류의 최초의 모니터로는 70년대 후반 메가텍(Megatek)사에서 개발한 모델이 있는데, PLZT 세라믹으로 된 셔터를 사용하여 일초당 60필드의 재생율(Refresh Rate)을 유지하였다. 그러나 PLZT 전자광학적 방식은 어둡고 고전압이 필요한 것이 단점이었다. 게다가, 일초당 60필드의 재생율은 각각의 눈에 초당 30필드의 이미지가 보인다는 것을 의미하였는데 결과적으로 깜박이는 현상(Flickering)이 나타나는 약점이 있었다.

1981년, 스테레오그래픽스(StereoGraphics)사는 최초로 일반적인 비디오 필드 비율을 사용하여 깜박이는 현상이 없고, 연속적으로 필드가 나타나는 전자적 스테레오 모니터를 개발하였다. 대부분의 컴퓨터 사용자에게 있어서 밝은 모니터 화면에서 초당 60필드의 비율은 심각한 깜박임 현상을 느낄 수 있는 주파수이기 때문에, 스테레오 컴퓨터 이미지는 최소한 초당 120필드 이상의 재생율을 가지고 있어야 한다. 이것은 각각의 눈에 초당 60필드의 깜박임 현상이 없는 고품질의 스테레오 이미지를 보이게 된다.

### 지스크린(ZScreen)

지스크린은 대형 액정 패널로서 비디오 필드율 수준에서 편광의 성질을 변화시키는 것이다. 모든 편광화는 지스크린에 의해 지원되는데, 사용자는 편광필터가 장착된 안경을 통해 스

테레오 이미지를 보게 된다. 그러나 지스크린은 뛰어난 성능에도 불구하고, 상대적으로 대단히 많은 비용이 든다.

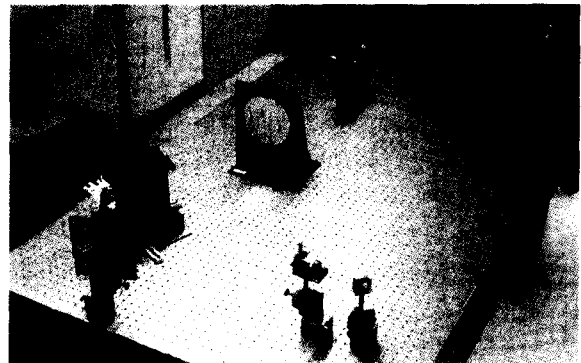
### 스테레오뷰(StereoView)

스테레오뷰는 사용자가 착용한 안경에 셔터장치가 되어있어 고가의 액정 모니터에서 스테레오 이미지를 보게해 준다. 스테레오뷰는 8입방인치보다 작은 액정소자를 사용하고 있다. 실리콘 그래픽스의 StereoView 3D안경은 사용자가 착용한 안경에 달려있는 한쌍의 액정셔터가 모니터의 재생율과 동기(Synchronization)하여 열리고 닫히고를 반복함으로써 각각의 눈이 매번 다른 필드를 감지하게 하고 있다. 모니터는 일반적인 60Hz의 두배의 재생율을 가지고 있기 때문에 각각의 눈은 초당 60프레임을 보게되고 따라서 깜박임을 느끼지 않게 된다.

## 4. 홀로그래피(Holography)

### 4.1 홀로그래피의 원리

홀로그래피(Holography)는 이미지를 만들기 위해 빛의 파장(Wave)을 이용한다. 이 아이디어는 1948년 영국의 과학자 데니스 가보(Dennis Gabor)가 그의 논문 "Image Formation by Reconstructed Wave Fronts"에서 전자현미경의 해상도를 높이기 위한 기술로서 처음 제안한 것이다.<sup>8</sup> 가보는 매우 짧은 파장을 가지고 이미지를 저장하고, 긴 파장으로 재구성함으로써 대단한 확대비율을 얻어냈다. 가보는 이 아이디어로 1971년 노벨상을 수상하였는데, 이것은 빛에 의한 이미지를 만드는 새로운 기술로 인식되었지만, 당시에는 레이저가 개발되기 전이었기 때문에 평평한 물체의 매우 작고, 거친 홀로그래피 이미지를 만들 수밖에 없었다. 스테레오그래프는 3차원적인 이미지 기술이 아닌, 단순히 두장의 좌, 우사진으로 구성되어 투시경이나, 편광안경을 통하여 스테레오 이미지를 인식할 수 있었던 것에 비해 홀로그래피는 진정한 3차원적인 사진으로서 원래의 장면을 레이저 광선을 이용하여 3차원적인 환경에서 이미지를 만들어 낸다. 홀로그램(Hologram)은 이것을 보기위한 특별한 장치가 필요없으며, 다른 투시각도에서 실제의 물체를 점검하는 방식으로 검사할 수 있다.



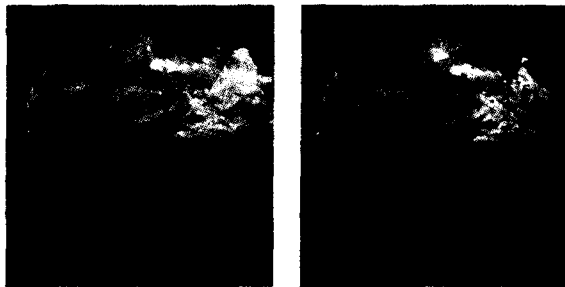
(그림 14) 홀로그램 장치.

7) Lipton, Lenny. Perspective on Stereo. *IRIS universe*, summer 1989; p. 16

8) Friedhoff, Richard Mark and William Benzon. *The Second Computer Revolution: VISUALIZATION*. New York; Harry N. Abrams, Inc., 1989. p. 68

홀로그래피는 빛의 파장을 이용하기 때문에 큰 크기의 홀로그래프는 레이저 광선을 이용하게 된다. 레이저에서 나오는 빛은 밀집적인 빛(Coherent Light)으로서 일반적인 광선보다 훨씬 순수하며, 일정하게 진동한다. 두개의 레이저 광선이 서로 교차하면, 분명한 간섭패턴이 형성된다. 레이저 광선의 밀집성은 홀로그래피에 필요한 간섭패턴을 만드는데 유용하다. 1960년 미국 물리학자 데오도어 메이맨(Theodore Maiman)이 발명한 레이저 광선을 가지고 1965년 미국의 연구원 에머리스(Emmet Leith)와 유리스 유팻니엑스(Uris Upatnieks)가 가벼운 홀로그래피를 시도하였고, 곧이어 기술을 발전시켜 진정한 3차원적인 홀로그래프를 만들어 냈다.<sup>9)</sup>

홀로그래피는 A레이저 광선과 B레이저 광선이 서로 교차하여 간섭패턴을 만든 후 이것을 사진필름에 기록한 것이다. 이 사진에 기록된 패턴을 홀로그램(Hologram)이라고 한다. 어떤 경우, A레이저 광선을 현상된 필름에 조사(照射)하여 B광선을 만들어 내기도 하며, B레이저 광선이 물체로부터 반사되고 나서 만들어지는 레이저 광선은 물체의 홀로그래픽 이미지가 된다. 이때 A레이저 광선을 "Reference Beam"이라고 하고, B레이저 광선을 "Object Beam"이라고 하는데, 사진 처리된 홀로그램에 Reference Beam을 조사하면 Object Beam이 만들어지는 것이다. 이것을 기술용어로 Demodulation이라고 하며, 이런 방식의 홀로그래프를 전도(傳導)홀로그램(Transmission Hologram)이라 한다.<sup>10)</sup>



(그림 15) 백광전도홀로그래프를 이용한 스테레오 이미지.

#### 4.2 홀로그래피의 종류

다른 홀로그래피 기술로는 다음과 같은 것들이 있다. 백광 전도(傳導)홀로그래프(Transmission Hologram): 1968년 폴라로이드(Polaroid)사의 스티븐 벤튼(Stephen Benton)이 발명하였다. 이 종류의 홀로그래프는 백열등과 같은 일반적인 광선에 반사되었을 때에도 깊이있는 밝은 이미지상태를 유지한다. 벤튼은 이미지의 수직적 시각편차를 없앴으로써 홀로그래프를 전시할 때 레이저를 조사해야할 필요성을 없앴다. 수직적 시각편차는 투시로서 시점의 변화에 따라 올라 보이기도 하고 낮아 보이기도 한다. 수평적 시각편차는 그대로 유지되는데, 따라서 수평으로 움직여 보면 시점의 변화에 따라 왼쪽과 오른쪽 눈이 부동적인 시점을 갖게되어 스테레오 이미지가 가능해진다.

반사 홀로그래프(Reflection Hologram): 1960년대 초 미국의 리스와 유팻니엑스가 전도 홀로그래프를 연구하던 비슷한 시기에 구 소련의 데니슈(Y.N. Denisyuk)의 작업에 근거한 것이

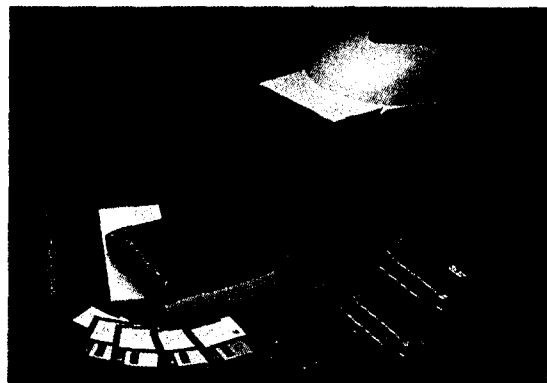
다. 반사 홀로그래프는 광선을 반사하여 이미지를 보는 방식이 아니고 광선을 투과시키는 것이다. 반사 홀로그래프는 감광용체를 통해 레이저 광선을 통과시켜 물체에 비춘다음, 다시 용체를 통과시켜 반응시킴으로써 간섭패턴, 즉 홀로그래프를 만드는 방식이다.

홀로그래픽 스테레오그램(Holographic Stereogram): 가장 일상적인 형태는 1973년초 로이드 크로스(Lloyd Cross)에 의해 발명된 원기둥형 무지개 타입이다. 이것은 진짜 홀로그래프가 아니고 상투적이고, 2차원적인 사진의 홀로그래프의 연속이다. 홀로그래피는 스테레오 이미지를 구성하는 좌, 우이미지를 전시하는데 미디엄(Medium)으로만 이용되고 있을 뿐이다. 홀로그래피와 스테레오 사진의 혼합형으로써 두가지 기술의 중요한 진보를 이루고 있다.

#### 5. 가상 현실(VR: Virtual Reality)

가상 현실은 실시간의 3차원 모델링, 위치 추적(Position Tracking)과 입체적인 오디오/비디오 기술을 통한 현실감의 모의실험(Simulation)이다. VR시스템은 사용자/ 모니터 화면의 인터페이스라는 상식을 무너뜨렸으며, 사용자를 '실제적인' 컴퓨터가 만든 환경안으로 끌어들여 둘러싼다. 사용자는 가상 현실 프로세스의 모의실험안으로 어떤 범위로든 직접 참여할 수 있으며, 필요에 따라 멀티미디어 정보와 해석과 연계시킬 수 있다.

사용자의 시각, 청각은 컴퓨터에 의해 생성된 고품질의 이미지와 스테레오 음향으로 채워진다. 화면의 이미지는 사용자의 바로 눈앞에 설치된 모니터를 통해 스테레오로 나타나며, 사용자의 움직임에 따라 실시간으로 반응한다. 사용자의 미세한 움직임은 새로운 이미지를 연속적으로 만들어 내며, 실시간으로 계산되어 나타난다. 사용자는 특별히 고안된 데이터 장갑(Data Glove)을 착용하고 가상 물체를 조작할 수 있으며, 가상 공간속을 움직이는데 따라 사용자를 이끌어 준다.



(그림 16) Virtual Research사의 사이버스페이스 개발 키트.

9) Platt, Richard. *Inventions: A Visual History*. London; Dorling Kindersley 1994. p. 58

10) Friedhoff, Richard Mark and William Benzon. *The Second Computer Revolution: VISUALIZATION*. New York; Harry N. Abrams, Inc., 1989. p. 72



가상 현실 시스템은 그 복잡한 정도에 따라 일반 모니터상에 가상 환경을 나타내 주는 개인용 컴퓨터의 데스크탑 VR에서부터 바이저(Visor)나 데이터 장갑등의 장비를 가지고 사용자를 실제 가상 현실의 환상속으로 빠져들게 하는 전문 VR시스템에 이르기까지 매우 다양하게 구성되어 있다.

VR시스템의 가장 눈에 띄는 구성요소로는 스테레오 광학적인 바이저와 '이펙터(Effector)'라 불리는 위치 감지 장갑이 있다. 또 다른 효과 장비로는 3D 마우스, 지시봉, 옷, 현수장치등이 있다. 이런 장비의 기술은 VR시스템의 핵심인 'Reality Engine'과 실시간에 반응한다. 이것은 컴퓨터 시스템과 오디오/비디오 프로세서를 포함하는데 실시간 스테레오 영상과 역시 스테레오 음향을 피드백하여 이펙터에게 반응된 데이터를 전달한다.



(그림 17) 가상 현실 스탠드업 콘솔.

## 6. 맺는말

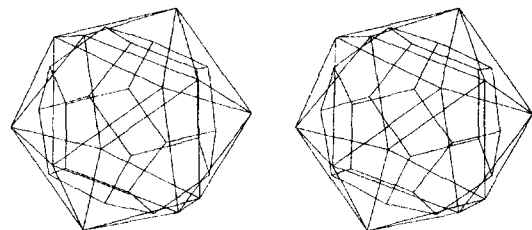
스테레오 이미지는 이미 오래전부터 사람의 두 눈이 어떻게 사물을 입체적으로 인식하는가에 대한 탐구로부터 시작되었다. 사진이 발명된 이후 스테레오 이미지의 발전은 눈부실 정도로 많은 사람들의 호응을 얻었으며, 수많은 기술적인 진보를 이루었다. 더구나 근래에는 그 기술의 발달 수준이 컴퓨터가 이미지를 다루게 되면서 종전의 단순한 사진적 이미지의 재현이 아닌 멀티미디어적인 가상현실의 구현에까지 이르게 되었다.

국외에서는 이미 높은 기술수준을 가지고 많은 종류의 스테레오 이미지를 구현하는 제품이 나와있으며, 연구수준 또한 차세대 뉴미디어 영상기술연구와 맞물려 매우 활발하게 진행되고 있다. 국내에서도 일반인들의 흥미를 끄는 수준에서 청적색 입체사진같은 것들이 발표되고 있고, 가상 현실분야에서도 상당한 기술축적이 이루어지고 있다.

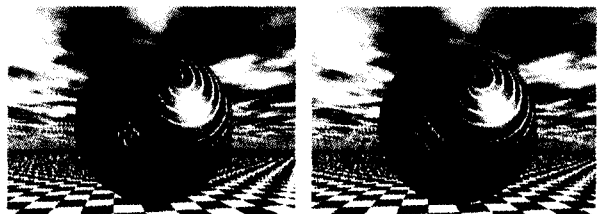
여기에서, 본 연구는 스테레오 이미지의 변천을 되돌아 보고, 그 기본적인 원리와 새로운 기술적 표현 가능성을 연구하였다. 이런 연구의 결과를 가지고 실제 사진을 촬영하여 스테레오 이미지를 검증하였으며, 또한 컴퓨터상에서 여러 프로그램을 이용하여 와이어프레임, 또는 렌더링된 결과를 얻을 수 있었다. 비록, 홀로그램이나 가상 현실의 결과물을 만들지는 못하였지만, 본 연구의 미흡한 부분들은 앞으로 본격적인 3차원 스테레오 이미지의 연구차원에서 보다 심도 있는 연구가 나올 수 있으리라 기대한다.



(그림 18) 서울시내의 스테레오 이미지. 두대의 35mm 카메라를 삼각대위에 수평으로 설치하고, 각각 좌우 3도의 각도를 유지하여 같은 노출조건아래 촬영하였다.



(그림 19) 3차원 와이어프레임 스테레오 이미지. 플라토닉 솔리드(Platonic Solid) 가운데 대표적인 다면체(Polyhedron)인 12면체(Dodecahedron)와 20면체(Icosahedron)의 전이(轉移)상태를, 와이어프레임 상태로 스테레오 이미지로 만들었다.



(그림 20) 3D프로그램을 이용한 3차원 스테레오 이미지. 하나의 모델을, 수평으로 6도의 각도로 프로그램상의 카메라 뷰를 이동시킨 후, 렌더링하여 스테레오 이미지를 얻었다.



(그림 21) 3D프로그램을 이용한 3차원 스테레오 이미지. 수평으로 6도 카메라 뷰를 이동시킨 다음, 렌더링하여 스테레오 이미지를 만들었다.

## 참고문헌

- Cotton, Bob and Richard Oliver. *The Cyberspace Lexicon*. London: Phaidon. 1994
- Platt, Richard. *Inventions: A Visual History*. London: Dorling Kindersley. 1994
- Baker, Robin. *Designing the Future*. London: Thames and Hudson. 1993
- Friedhoff, Richard M. and William Benzon. *The Second Computer Revolution: VISUALIZATION*. New York: Harry N. Abrams Inc., 1989
- Lipton, Lenny. The Evolution of Electro-Stereoscopy. *IRIS universe*, summer 1989; pp. 11~15
- Tessman, Thant. Perspectives on Stereo. *IRIS universe*, summer 1989; pp. 16~22
- Snelson, Kenneth. Portrait of an Atom. *IRIS universe*, summer 1989; pp. 34~35
- Morgan, Hal and Dan Symmes. *Amazing 3-D*. Cambridge: Steam Press, 1982
- Earl, Edward W. *Point of View: The Stereograph in America - A Cultural History*. Visual studies Workshop Press, 1979
- Darrah, William C. *The World of Stereographs*. Baltimore, 1977
- Rose, Ben. Stereoscopy. *Portfolio* No. 1, 1959