

技術解説-3

# 자동 입체경 (Auto stereo scope)

김 광 서\*

## 1. 머릿 말

우리가 알고자 하는 많은 자료들은 자연계 내에서 3차원적 위치가 CRT 상에 2차원 공간으로서 나타나고 있다. 비행기의 고도는 레이더-반향(radar-echo) 표시 옆에 쓰여진 수자로서 표현할 수 있을 것이다. 특히 3차원 공간을 운행하는 잠수함의 함장은 2차원의 CRT sonar 운용을 같은 3차원으로 바꿀 수 있다면 아주 기뻐 할 것은 말할 나위도 없다.

이와 같이 기술의 진보에 따라 인간과 기계 사이의 상호작용은 복잡하여 지고 있다. 이 인간과 기계 사이의 기술중 하나로 3차원적인 문제를 들 수 있는데 이것은 공학자들이 계속 연구하고 있으나, 효과적인 표현을 하지 못하는 실정이다. 여기에 관련된 것으로 여러면에서 필요로 하는 자동입체경에 대하여 지금까지 발표된 문

헌을 중심으로 다루어 보고져 한다.

## 2. 자동 입체경

입체경 방식은 우선 두가지로 나눌 수 있는데 이것은 자동 입체경 방식(autostereo-scopic type)과 스테레오페어 방식(stereo-pair type)이다. 스테레오 페어 방식은 그림 1 (a)와 같이 2개의 다소 다른 상을 융합 사용한다. 몇 년전에 유행 하였던 안경을 쓰고 보는 입체영화(ill-fated 3-D movie)가 이에 속한다.

자동 입체경 방식은 입체 사진(holography) 이 아마도 제일 잘 알려진 것이다. 이것은 상대적으로 넓은입체각(solid angle)을 통하여 재형성되는 상을 보는 것으로 몇 명의 관측자가 입체각 내에서는 어떤 범위, 어떤 방향에서 던지 관람 할 수 있다.

위와는 다른 예로서 집적사진(integral photog-

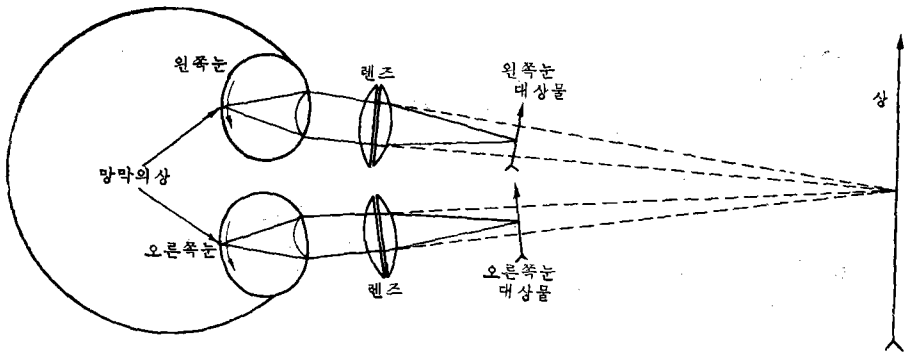


그림 1-(a) 스테레오페어 방식

raphy)을 들 수 있는데, 이것은 1908년 Gabriel Lippmann 에 의하여 창안된 것으로 그 원리도는

\*연세대학교 전기공학과 제어연구실

그림 2와 같다. 이것은 파리눈(fly's-eye)으로부터 착안 해낸 것인데, 파리 눈과 같이 알맞는 렌즈 조작의 결핍으로 칠퍼된 상태이었다가 요사

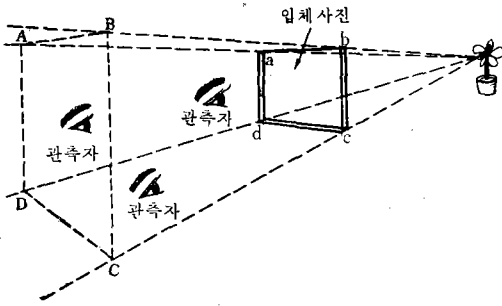


그림 1-(b) 입체 사진에 의한 자동입체경 방식

히 고성능 프라스틱렌즈의 출현으로 이 부분의 활동이 다시 전개 되고 있다. 즉 이는 집적사진의 변형체로서 원통형 렌즈의 집합으로 파리의 구형 렌즈의 집합을 대신하게 되는데 이것이 바로 시차전경 사진(parallax panoramogram)이다.

또 다른 예로서, 진동하는 가변초점경(vibrating varifocal mirror)을 사용하는 것이 있는데, 이것은 빨리 진동하거나 회전하는 수상면(screen) 위에 상의 계열(image-sequence)을 실리는 것으로

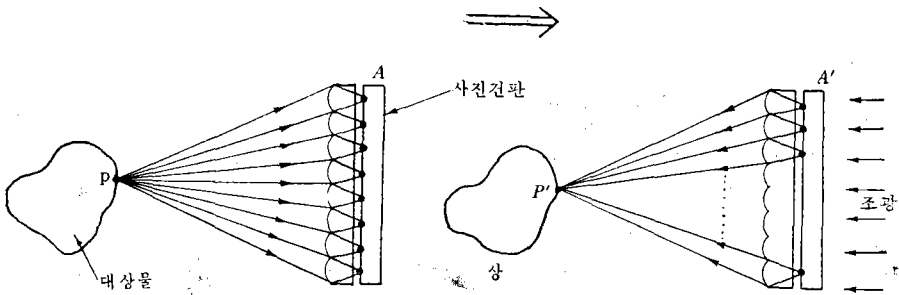
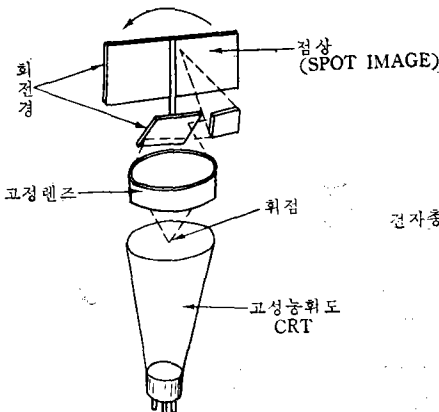


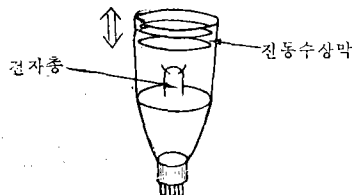
그림 2 파리 눈의 원리도

이에 대한 원리도는 그림 3 (a)와 같다. 회전하는 수상면은 고성능 휘도(brightness)를 가진 CRT에 의하여 빛을 내게 하고 렌즈는 회전축상에 위치한다. CRT 상에 2 차원적 상은 수상면의 회전운동에 의하여 다시 1 차원을 부가시켜 3 차원의 상을 만들어 준다. 이때 수상면의 주기운동이 15Hz 이상이 된다면 충분히 망막의 잔상효과에 의하여 3 차원-상으로 될 것이다. 이와 비슷한 방법으로 그림 3 (b)와 같이 수상면을 전진

및 후진 시키므로써 3 차원-상을 만들 수 있었다. 이 계통의 기계적 구조를 살펴 보면 진동하는 수상면의 진폭에 한계가 있으며 이에 따라 생성되는 3차원-상의 체적 깊이에 한계가 있다. 또한 회전 수상면을 이용한 자동 입체경은 기계적 장치가 복잡하며 진동 수상면을 이용한 자동 입체경은 기계적 복잡성이 제거 되는 것 같으나, 수상면 위치에 따른 초점 조종이 문제가 된다.



회전 수상면을 이용한 자동 입체경의 원리도  
그림 3-(a)



진동 수상면을 이용한 자동입체경의 원리도  
그림 3-(b)

### 3. 진동 가변초점경

1961년 Muerhead는 얇은 알미늄 마일라 프라스틱막(alminized mylar plastic film)을 원형 틀에 팽팽히 펴서 공기의 압력으로 그 형태를 변화시킬때 아주 성능이 좋은 오목 또는 볼록의 구면경이 된다는 것을 기술 하였다. 그리고 이 구면

경의 곡율이 공기의 압력에 의하여 조종 될 수 있다는 것과 구면경의 직경이 3.66m까지 만들어 도 위의 특성을 유지 한다는 것도 알았다. 몇 년 후 Alan Traub 박사는 자동 입체경의 영상으로서 가변 초점경의 잠재력을 인정 하였는데, 이 방법의 원리도는 그림 4 와 같다.

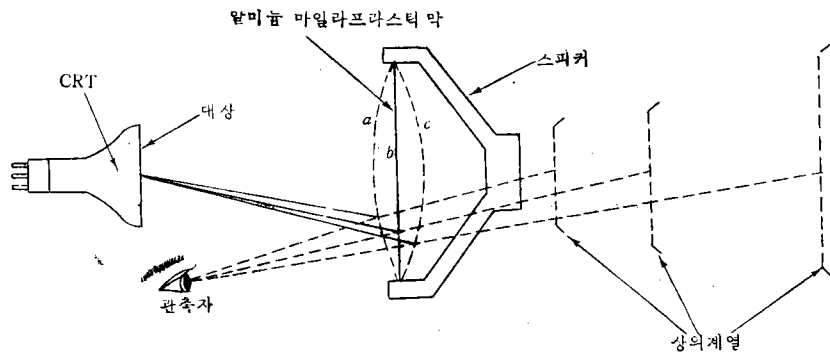


그림 4 자동 입체경의 원리도

얇은 마일라막을 팽팽히 펴서 큰 스피커에 부착시킨후 15~60Hz의 정현파형으로 동작 시키면 한정된 진폭 하에서 거울의 표면은 곡율을 연속적으로 변경시키는 구형의 일부가 되는데 이때 관측자가 CRT 면상의 한 대상물을 마일라면으로 반사시켜 볼때 곡율 변경에 의한상의 반사 위치가 변경되게 된다. 이때 구면경에 비추어지는 대상의 위치가 중요하게 되는데, 이것은 구면경 최대곡율의 초점거리 안에 위치 하도록 하여야 한다. 이런 결과로 볼록거울에 의한 상과 오목거울에 의한 상의 위치가 하나의 상의 계열로서 최대곡율에 의한 상이 관측자에게 그 위치 한도 내에서 관측되는 것이다.이때져 나오는 상은 가변 초점경 내에서 2차원의 투명한 상의 다발로서 나타나는데, 이것은 망막의 잔상효과에 의하여 3차원적인 입체로서 우리의 눈에 느끼는 자동입체경이 되는 것이다. 이때 나타나는 상의 거리, 크기 등의 성질은 기하광학의 구면경 방정식에 의하여 결정되며 15~30 배 정도로 크게 할 수 있다. 또한 대상물과 구면경의 거리, 거울의 직경등을 증감 시키므로써 상의 거리를 쉽게 무한대까지 증가 시킬 수도 있어 상의 깊이에 대한 범위에 큰 유동성을 가지고 있는 것

이다.

### 4. 응용 및 문제점

Traub는 위에서 보인 진동 가변초점경을 이용하여 레이다스코프상의 비행기 고도를 3차원적인 위치로서, 또 오실로 스코프상의 Lissajous 도형을 3차원으로 확장 시켜 볼 수 있는 장치를 고안 하였다.

다른 응용으로서 그림 5와 같이 16mm용 고속 특수 영사기를 CRT 대신으로 장치한 방법을 생각하기로 한다. 우선, 필립의 회전속도를 계산하면 15Hz로 수상면을 진동시키고 수상면이 정현파 적으로 전진 할때와 후진 할때 대상을 나누어 촬영한 영사 필름을 각각 1초에 15장씩 돌리고, 물질의 변위를 주기 위하여 1초에 30장을 돌린다면 결국 1초당 450장을 돌리게 된다. 또한 수상면의 진동과 필름의 회전에 조화를 이루기 위하여 필름 옆에 동기 표시로 작은 투명부분을 설정하여 영사하는 동안 빛의 펄스가 광전으로 검출 되어 요구된 정현파로서 스피커를 동작 시키는데 사용한다. 이렇게 하므로써 마일라막이 전진 할때와 후진 할때의 사진을 각각 나

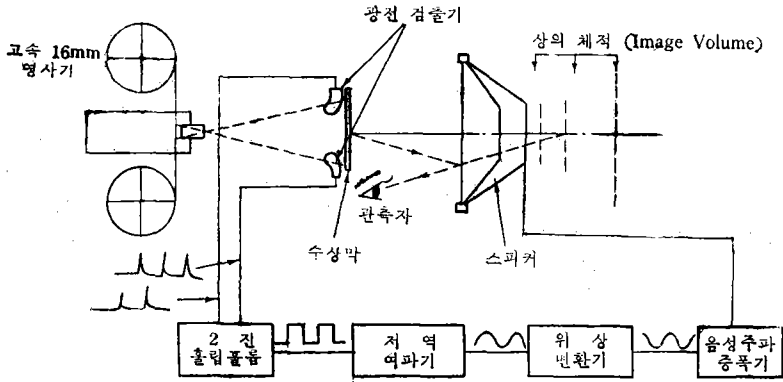


그림 5. 입체 영화의 개략도

누어서 계획성 있게 촬영한 것을 영사하면 훌륭한 입체 영화가 될 것이다.

예를들어 정원과 정원위의 집과 집의 창문안에 사람이 있다면 정원을 먼저 10장 촬영하고, 10장은 집을, 나머지 10장은 창문안에 사람을 촬영한다. 이것을 계속 반복하여 같은 방법으로 사람이 움직이는 것을 촬영한후 다시 그림 5와 같은 장치에 영사 한다면 좋은 입체 영화가 될 것이다.

그러나 우리가 다른 가변 초점경에 의한 3차원 기술을 특수한 자신의 기계적 제한성과 결점을 갖이고 있다. 이에 의한 상을 멸전 고찰할때, 이상은 투명한 상이 되거나 환영(phantom)의 상을 만들며 또한 가까운 부분에 의해 먼 부분이

가려지는 자연적 특성이 결여 되어 있다.

이러한 점은 가변 초점경의 연구가 실제적으로 상을 보는 것 보다는 3차원 좌표계의 연구로서 응용 될점이 많다고 볼 수 있다.

다른 특수한 문제점을 검토하면 우리눈의 양각은 원근법에 의하여 다른 위치에 있는 같은 크기의 물체를 볼때 먼 곳의 물체는 작게, 가까운 곳의 물체는 크게 보이나 본 가변 초점경의 상은 이와 반대로 상이 관측자 앞으로 가까워올때 그 크기가 감소 하는 것이다. Traub는 이 현상을 변칙 원근법(anomalous perspective)이라 불렀다. 이는 그림 6에서 변칙원근법을 다루었는데 이는 가까운 곳의 상에 대한 양각이 먼 곳의 상에 대한 양각보다 적음을 나타내고 있다.

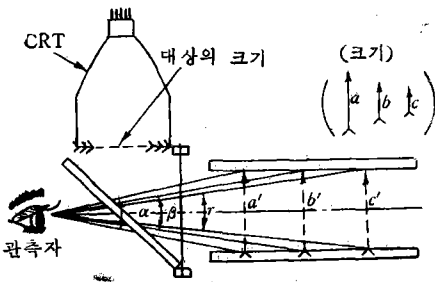
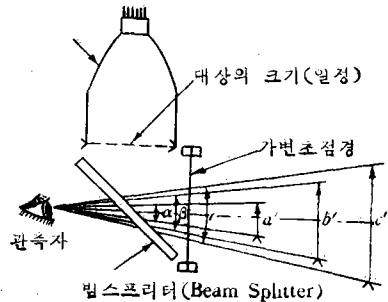


그림 6-(a) 정상원근법



6-(b) 변칙원근법

또한 문제점으로 상의 분포가 심층축(depth-axis)을 따라 어떻게 하면 가장 좋은 분포를 나타낼 수 있는가 하는 것이다. 그림 7은 이것을 설명하는 것으로 그림 7 (a)는 심층축을 따라 상을 규칙적인 간격으로 배열하는 것인데, 3차원

직각 좌표로서 응용할 수 있는 점이 많으며 그림 7 (b)는 심층축을 따라 상을 양각의 규칙적인 구분으로 배열한 것인데 상(像)이 무한대 또는 거의 무한대에서 부터 존재하게끔 하기 위한 방식으로 영화화면으로서 응용되는 것이 적당할

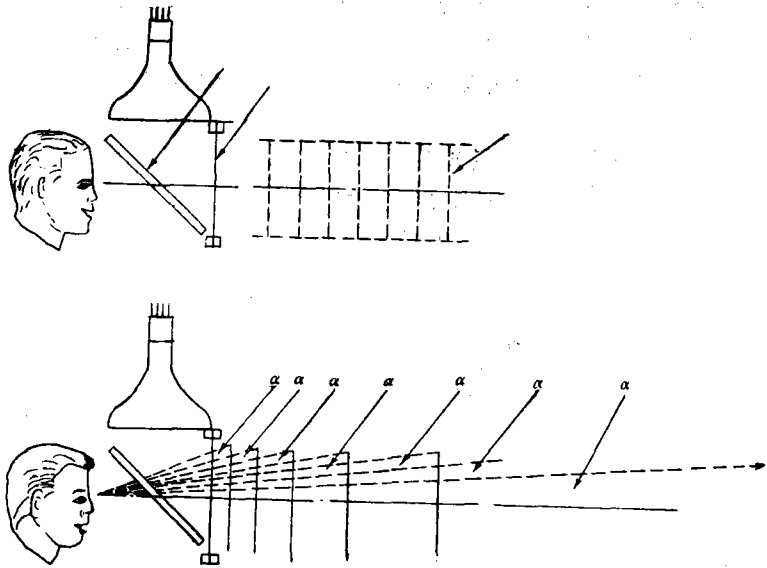


그림 7-(a) 상의선형분포      7-(b) 상의비선형분포

것이다.

우리 눈에 감응 시키는 주파수는 수 Hz~15Hz 정도의 평면을 심층축상에 배열하므로써 적용시킬 수 있다.

우리는 상을 규칙적으로 심층축을 따른 공간에 배열하기 위하여 선형 시간 스윕(linear time sweep)이 필요한 때가 있다. 그리고 회복시간(retrace time)을 최소로 줄이기 위하여 톱날(saw-tooth)과 같은 파가 심층축을 따라 상-평면(imageplane)을 움직여줄 필요가 있다. 이 톱날파에 의한 동작에서 또한 두가지 더 특수한 문제점이 발생 되는데 첫 번째 것은 거울의 변위에 의한 상의 변화가 선형 함수적으로 나타나지 않는다. 이와 같이 톱날파적인 상의 운동은 보다 복잡한 거울 운동과 스피커를 동작시키는 전압 파형을 초래한다. 둘째는 것으로는 스피커와 거울의 조립이 기술상 비선형적 주파수 반응을 나타낼 우려성이 많은 점이다. 이것은 아무리 정밀히 조립을 하였다 하더라도 150Hz 만 넘으면 수상면이 구면 자체 내에서도 진동이 생겨 구면이 비선형적으로 동작하게 되는 것이다. 이러한 문제점이 없다 하더라도 구면수차에 의한 상의 왜곡(distortion)이 항상 수반케 된다.

### 5. 맺 음 말

본 진동 가변초점경은 근래에 와서 논의된 것이며 앞으로 많은 기대를 걸수 있는 기술이다. 이에 대한 실험장치는 간단하며, 또한 경제적이다.

흥미있는 문제로서 진동 가변초점경을 이용한 예술작품 구성이 근래에 공학자들과 예술가 사이에서 다루어 지고 있다. 즉, 몇개의 가변 초점경을 배열하며 이것을 1초~30초 사이에 불규칙한 시간 간격으로 동작을 시킨다. 이 동작은 어떤 거울은 정현파형으로 다른 것은 톱날파형으로, 동작시켜 1차원의 선이 2차원의 화면으로, 2차원의 화면이 3차원의 입체상(조각물)으로 나타나게 하는 것으로서 추상조각가들이 특히 흥미를 갖이고 취급 하고 있다.

우리는 기계가 인간에게 감응시키는 여러가지 특성을 이용하여 인간-기계간 적응성을 보다 개선하여 효과적인 기계를 개발하여야 할 것이다.

3차원의 상을 만들기 위해서는 3차원상에 대응하는 X-Y축을 따른 점의 변형을 Z축상에 쌓아 올리므로써 구성되고 이 쌓아 올리는 평면의 수는 망막의 잔상효과에 의하여 그 양이 조절될 수

있을 것이다. 이에 대응하여 본진동 가변초점경은 여러가지 문제점 및 제한점이 있으나, 새로운 기술로서 현대 응용과학에 중요하게 뒷바침 되리라고 믿는다.

끝으로 이것은 연세대학교 이공대학장 한만춘 박사님의 지도하에 대학원 세미나에서 발표된 것을 발췌한 것으로 한박사님께 깊은 감사를 드립니다.

### 참 고 문 헌

1. Rawson, E.G.; "Vibrating Varifocal Mirrors for

- 3-D Imaging", IEEE Spectrum, pp.37-43, Sep. 1966
2. Jenkins, F.A. & White, H.E.; "Fundamentals of Optics", McGraw-Hill, N.Y.pp.82-97, 1957
3. Traub, A.C.; "Applied Optics", Vol. 6, pp.1085, 1967
4. Rawson, E.G.; "Applied Optics", Vol. 7, pp.1505, 1968
5. Chutjian, A. & Collier, R.J.; "Applied Optics", Vol. 7, pp. 99, 1968